

Mémoire

Auteur : Gillis, Marie

Promoteur(s) : Magain, Nicolas

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en biologie des organismes et écologie, à finalité spécialisée en biologie de la conservation : biodiversité et gestion

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/12606>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Evolution de la population de **Tarier des prés** (*Saxicola rubetra*) dans la Vallée de la Roer et perspectives d'avenir pour l'espèce.



Mémoire défendu par **Marie GILLIS**, en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie à finalité spécialisée en Biologie de la Conservation : Biodiversité et Gestion, à l'**Université de Liège**.

Promoteurs : GEBOES Anne-Laure ; MAGAIN Nicolas

Encadrant : REUTER Gerhard

Comité de lecture : MICHAUX Johan ; PAQUET Jean-Yves, VANDERPOORTEEN Alain

Année académique 2020 -2021

Remerciements

Au cours de l'écriture de ce mémoire, de nombreuses personnes m'ont conseillé, soutenu et encouragé.

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes ayant contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce mémoire et je voudrais remercier tout particulièrement :

- Les **membres du jury** pour la lecture attentive et l'évaluation de ce travail ;
- Mon encadrant **Gerhard Reuter** de l'association AVES-Ostkantone, pour avoir partagé sa passion de l'ornithologie avec moi. Ses connaissances du terrain et de l'avifaune, son expérience et sa confiance m'ont permis d'arriver au terme de ce mémoire. De plus, merci d'avoir consacré beaucoup de votre temps pour la préparation du jeu de données ;
- Mes promoteurs **Nicolas Magain** et **Anne-Laure Geboes** de l'Université de Liège pour leur disponibilité, les nombreuses relectures, les corrections apportées à mon travail et les conseils judicieux concernant la rédaction et les analyses statistiques. Merci pour votre réactivité qui a été précieuse pour l'avancement de mon travail ;
- Le personnel de **l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigi** pour m'avoir fourni les données climatiques ;
- Tous les **professeurs** de mon cursus universitaire sans qui je ne serais jamais allée jusqu'ici et dont les cours me permettent dès à présent d'avoir toutes les cartes en main pour mon projet professionnel.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon **coach naturaliste personnel** pour les relectures, les conseils et les réponses aux questions. Je te remercie tout particulièrement pour ta disponibilité et pour la motivation indispensable que tu as su me transmettre.

Et enfin, merci à mes **proches**, mes amis pour leur soutien de près ou de loin dans les bons moments comme dans les plus compliqués. Merci spécifiquement pour les tournures de phrases et la motivation mutuelle.

Résumé

Évolution du Tarier des prés (*Saxicola rubetra*) en Haute Belgique et perspectives d'avenir pour l'espèce. Mémoire réalisé par Marie GILLIS en 2021 sous la direction de mon encadrant M. Gerhard REUTER (Ingénieur agronome travaillant pour l'association de protection de la Nature AVES-Ostkantone) et de mes promoteurs Mme Anne-Laure GEBOES (Assistante au Département Biologie, Ecologie et Evolution de l'Université de Liège) et M. Nicolas MAGAIN (Chargé de cours au Département de Biologie, Ecologie et Evolution).

L'intensification des pratiques agricoles est désastreuse pour les populations de Tarier des prés et est la principale cause de leur régression. La fragmentation et destruction des habitats, l'augmentation de la taille des parcelles, l'augmentation de l'utilisation des intrants phytosanitaires et les fauches multiples et précoces sont les principaux éléments impactant les populations de Tarier des prés en Europe occidentale.

Dans le cadre du Projet Tarier mené par l'association AVES-Ostkantone dans l'Est de la Wallonie, des Mesures Agro-environnementales et Climatiques (MAEC) sont proposées aux agriculteurs de la Vallée de la Roer et d'autres zones en Haute Belgique pour soutenir la faune agricole et particulièrement le Tarier des prés. Le suivi de la population de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer (zone d'étude de ce mémoire) depuis 2011 a permis de déterminer le nombre de couples et de jeunes cantonnés dans la zone. Ces éléments étant variables d'une année à l'autre, l'influence des conditions climatiques lors de la période de reproduction et l'influence des méthodes de gestion appliquées dans les parcelles agricoles ont été testées.

Les résultats révèlent un effet négatif des températures négatives sur le cantonnement des couples, mais aussi des précipitations sur le succès reproducteur de l'espèce. Le nombre de couples tend à augmenter dans les parcelles sous contrat MAEC comparé aux parcelles où il n'y a pas de gestion agricole (appelées « naturelles » dans ce mémoire). Au sein des MAEC, la gestion combinée MC4 (Fauche) et MB9 (Pâturage) semble plus profitable au Tarier des prés.

Ces résultats ont été discutés en tenant compte des composantes physiques (structure de la végétation, présence de perchoirs), biologiques (interactions proies-prédateurs) et sociales (interactions intra- et inter-spécifiques) de l'espèce.

Mots clés : Tarier des prés, Wallonie, Couples, Succès reproducteur, MAEC, Gestion agricole, Variations climatiques.

Tables des matières

Liste des abréviations.....	1
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des annexes.....	
Introduction.....	1
1. Agriculture et évolution des paysages	1
.1.1. D'un milieu naturel à une agriculture paysanne.....	1
.1.2. D'une agriculture paysanne vers une agriculture prairiale intensive	2
2. Intensification de l'agriculture et déclin de la biodiversité.....	3
3. Les Mesures Agro-environnementales et Climatiques (MAEC)	4
4. Le Tarier des prés (<i>Saxicola rubetra</i>), un oiseau des paysages agricoles extensifs	6
.4.1. Ecologie de l'espèce	6
.4.2. Etat des populations en Wallonie	9
.4.3. Evolution des populations et menaces	10
5. Pourquoi préserver le Tarier des prés ?.....	11
6. Les mesures de conservation mises en place pour le Tarier en Haute Belgique.....	12
.6.1. Le « Projet Tarier »	12
.6.2. Autres mesures.....	14
7. Objectifs de recherche	14
Matériel et méthodes.....	16
1. Description de la zone d'étude	16
2. Description des données	18
.2.1. Suivi ornithologique 2011-2021	18
.2.2. Variations climatiques interannuelles.....	19

.2.3.	Données concernant le type de gestion des parcelles.....	19
.2.4.	Variables explorées et variables retenues	20
3.	Traitement des données	23
.3.1.	Evolution de la population en fonction des variations climatiques et du type de gestion	23
.3.2.	Définition de l'avenir du Tarier : analyse de Viabilité de la population.....	27
Résultats	.....	28
1.	Dynamique de la population de Tarier des prés (<i>Saxicola rubetra</i>)	28
2.	Evolution de la population en fonction des variations climatiques et du type de gestion	30
.2.1.	Effet des variations climatiques printanières interannuelles	30
.2.2.	Intégration de l'effet du type de gestion dans les modèles précédents	31
.2.3.	Analyse PVA.....	35
Discussion	.....	37
1.	Impacts des variations climatiques sur la population de Tarier des prés	37
2.	Impact du type de gestion appliqué dans les parcelles	39
3.	Evolution de la population si aucun effort supplémentaire de conservation n'est envisagé.....	42
4.	Biais potentiels	43
.4.1.	Biais sur l'ensemble des données	43
.4.2.	Biais sur les méthodes.....	43
Conclusions et perspectives	.....	45
Bibliographie	.....	48
Annexes	.....	55

Liste des abréviations

ASBL	Association Sans But Lucratif
DEMNA	Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole
DNF	Département de la Nature et des Forêts
IPV	Index Planète Vivante
MAEC	Mesure(s) / Méthode(s) Agro-Environnementale(s) et Climatique(s)
MB	Méthode de Base
MC	Méthode ciblée
PAC	Politique Agricole Commune
PHVB	Prairie(s) de Haute Valeur Biologique
QGIS	Quantum Geographic Information System
SOCWAL	Surveillance des Oiseaux Communs nicheurs en Wallonie
STOC	Suivi Temporel des Oiseaux Communs
SPW	Service Public de Wallonie
UE	Union Européenne
WWF	World Wide Fund for Nature

Liste des figures

Figure 1 Evolution de l'abondance moyenne de 15 espèces d'oiseaux nicheurs spécialistes des milieux agricoles entre 1990 et 2017 – données Aves-Natagora SPW DGO3 ; programme « SOCWAL ».	4
Figure 2 Tarier des prés (<i>Saxicola rubetra</i>) mâle. G. REUTER.	6
Figure 3 Parcelle favorable au Tarier des prés sous MAEC avec un couvert de Bistortes (<i>Bistorta officinalis</i>) dans la Vallée de la Roer. G. REUTER.	7
Figure 4 Phénologie moyenne du Tarier des prés en Haute Belgique.	8
Figure 5 Ensemble des localités de populations de Tarier des prés de Haute-Ardenne de 1973 à 2018.	10
Figure 6 Menaces pesant sur les populations de Tarier des prés.	11
Figure 7 Cartographie de la zone étudiée et des différentes gestions réalisée à partir de données cartographiques (G. Reuter, communication personnelle).	17
Figure 8 Proportion de surface (ha) de chacune des gestions dans la zone d'étude.	20
Figure 9 Explorations graphiques de l'évolution des diverses données climatiques issues de l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigi pour la période 2011 à 2021.	22
Figure 10 Evolution et tendance du nombre de couples de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer (2011 à 2021).	28
Figure 11 Evolution du nombre de couples et du nombre de jeunes Tarier des prés recensés dans la Vallée de la Roer (2011 à 2021).	29
Figure 12 Evolution du succès reproducteur (nombre de jeunes par couple) et du nombre de couples de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer (2011 à 2021).	29
Figure 13 Pourcentage de couples de Tarier des prés par année en fonction du type de gestion.	31
Figure 14 Evolution du succès reproducteur dans les MAEC d'une part et dans les zones naturelles d'autre part dans la Vallée de la Roer.	31
Figure 15 Densité de couples (Dens) de Tarier des en fonction du type de gestion dans la Vallée de la Roer.	32
Figure 16 Succès reproducteur (SR) dans les MAEC d'une part et dans les zones naturelles d'autre part dans la Vallée de la Roer.	32
Figure 17 Evolution de la densité de couples (nombre de couples par hectare de surface) de Tarier des prés par gestion dans la Vallée de la Roer.	34
Figure 18 Evolution du succès reproducteur du Tarier des prés par gestion dans la Vallée de la Roer.	34

Figure 19 Simulation stochastique en échelle logarithmique où chaque courbe représente une simulation aléatoire de l'évolution de la population de Tarier des prés dans les 30 prochaines années.	35
Figure 20 Courbe cumulative de probabilités d'extinction en fonction du temps (CDF).	36
Figure 21 Evolution de la probabilité d'extinction de la population de Tarier des prés à 40 ans selon l'effectif de la population.	36
Figure 22 Principales réponses face aux températures négatives et aux précipitations conséquentes. La mortalité due aux conditions climatiques affecte le succès reproducteur et le nombre de couples.	39
Figure 23 Principales réponses de l'environnement face aux parcelles laissées au naturel (voire à l'abandon) et face aux parcelles sous contrat MAEC.	42

Liste des tableaux

Tableau 1 Eléments de l'écologie de l'espèce déterminés en fonction du comportement des individus.	19
Tableau 2 Données brutes et variables explorées issues des jeux de données.	20
Tableau 3 Variables explorées et variables retenues pour les analyses statistiques.	23
Tableau 4 Evaluation du lien entre le nombre de jeunes et le nombre de couples à l'année suivante.	24
Tableau 5 Récapitulatif des variables utilisées pour les tests de Student.	25
Tableau 6 Récapitulatif des variables testées.	26
Tableau 7 Nombres de couples de Tarier des prés recensés dans la Vallée de la Roer par année.	28
Tableau 8 Nombres de jeunes Tarier des prés recensés dans la Vallée de la Roer par année.	29
Tableau 9 Résultats de la relation entre le nombre de couples et le nombre de jeunes et le succès reproducteur de l'année précédente.	30
Tableau 10 Résultats de la relation entre le nombre de couples, la tendance de la population et le succès reproducteur avec les variables climatiques des années n et n-1.	30
Tableau 11 Récapitulatif des Tests Student sur la densité de couples et le succès reproducteur dans les parcelles avec ou sans MAEC.	32
Tableau 12 Résultats de la relation entre la densité de couples et le succès reproducteur avec les variables climatiques des années n et n-1.	33
Tableau 13 Résultats de l'effet des différents MAEC présentes dans la zone d'étude et des variables climatiques sur la densité de couples et sur le succès reproducteur.	34

Liste des annexes

Annexe 1 Mesures Agro-environnementales et Climatiques (2014-2020).	55
Annexe 2 Espèces rencontrées dans la zone d'étude durant la collecte de données 2021.	56
Annexe 3 Indices et preuves de nidification définis par l'European Bird Census Council.	59
Annexe 4 Tests de corrélation entre les variables climatiques issues de l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigi durant la période de reproduction du Tarier des prés.	60
Annexe 5 Ensemble des résultats des différents GLM réalisés dans ce mémoire.	61
Annexe 6 Risques d'extinction pour différentes tailles de populations initiales (en nombre de couples) après 40 ans.	64

Introduction

1. Agriculture et évolution des paysages

.1.1. D'un milieu naturel à une agriculture paysanne

Entre le 8^e et le 5^e millénaire avant notre ère, la Belgique était constituée d'une vaste forêt où les grands ruminants – principalement – façonnaient des paysages semi-ouverts. L'Homme était à cette époque un chasseur-cueilleur ayant peu d'influence sur les milieux (CPDT, 2014; Szczodry et al., 2020). Durant l'ère romaine (entre le 1^{er} et le 5^e siècle), le paysage était composé surtout de hêtraies et de chênaies dans les hauteurs et de bouleaux dans les vallées (Dehem, 2018; Gavroye, 1999). Par rapport au reste du pays, la colonisation par l'Homme en Ardenne a seulement débuté vers le 5^e/6^e siècle après J.-C. L'évolution des paysages s'y trouvant est donc plus tardive.

A partir du 7^e siècle, en Ardenne, les besoins en bois de construction et de chauffage se sont intensifiés face à une population grandissante. L'Homme franc a donc commencé à déboiser pour construire les premiers villages et pour installer les premières cultures, tout en tenant compte de la fertilité des sols et de l'accessibilité à l'eau (CPDT, 2014; Szczodry et al., 2020). Progressivement, l'agriculture dite paysanne est venue moduler les paysages. Elle était composée d'une mosaïque de parcelles de tailles hétérogènes, séparées par des haies, des arbres et des murets. L'Homme vit alors de sa production agricole, de l'artisanat et du commerce (CPDT, 2014; Froment, 1992).

De nouvelles techniques agricoles, comme le labour avec des charrues, se développent à partir du 11^e siècle jusqu'au 18^e siècle, assurant l'augmentation des productions. L'assolement triennal communautaire est la pratique alors employée. Les champs sont regroupés en trois ensembles appelés soles ou quartiers où une rotation des cultures est appliquée, permettant ainsi de maintenir la fertilité du sol. Cette rotation des cultures consiste à changer de couvert végétal d'année en année et permet de lutter contre les ravageurs et les maladies naturellement en préservant les sols (Houben et al., 2020).

La régression de la forêt continue et est accélérée à cause du besoin en charbon, ce qui a pour conséquence de transformer le paysage en de grandes landes à bruyères exploitées de manière extensive par l'agriculture (CPDT, 2014). La faune et la flore se sont diversifiées en accueillant des espèces de milieux ouverts.

Lorsque la Haute Belgique, comprenant la région naturelle de l'Ardenne, est devenue prussienne au 19^e siècle, un reboisement par une essence non exigeante envers le sol et le climat, de bonne qualité et à croissance rapide a eu lieu pour permettre une exploitation à long terme. Des milliers d'hectares d'épicéas ont alors été plantés, réduisant la diversité faunistique et floristique (Collard & Bronowski, 1977).

Dès le début du 20^e siècle, l'agriculture s'est intensifiée : les vastes landes ont été morcelées et sont devenues propriétés privées ou communales. Des haies sont installées pour délimiter les parcelles. A cette époque et ce jusqu'à nos jours, ce sont les prairies qui sont majoritaires pour assurer les productions laitières et de viande (Froment, 1992; Reuter & Jacob, 2015).

.1.2. D'une agriculture paysanne vers une agriculture prairiale intensive

La Politique Agricole Commune (PAC), instaurée en 1962, est le moteur de changements rapides sur les terres agricoles à partir de la seconde moitié du 20^e siècle (CPDT, 2014). Cette politique est commune à tous les pays de l'Union européenne et avait pour but initial d'atteindre une autosuffisance alimentaire au sein de la communauté européenne. Cependant, les pratiques agricoles appliquées ont mené, la plupart du temps, à une surproduction, et les aides ont favorisé les grandes exploitations (Donald et al., 2001; Schaub et al., 2013). L'environnement est considéré seulement depuis 1999 dans le second pilier de la PAC (*La politique agricole commune en bref*, s. d.).

Les grands changements interviennent donc à la fin de la Deuxième Guerre mondiale et particulièrement à partir des années 70 (Donald et al., 2001; Reuter et al., 2014). Les pratiques agropastorales ont progressivement été abandonnées pour être remplacées par des techniques intensives avec de grandes parcelles uniformes, dans le but d'optimiser les rendements face à une population humaine grandissante (Barshep et al., 2012; Border et al., 2016; Donald et al., 2001; Schaub et al., 2013; Van Der Steen, 2017). La mécanisation et les engins de plus en plus performants nécessitent des parcelles plus grandes pour manœuvrer plus facilement tandis que l'apport massif d'engrais permet une fauche de plus en plus précoce et répétée (CPDT, 2014; Froment, 1992). Le nombre de coupes passe alors de deux à quatre (voire plus) par saison (Schaub et al., 2013).

A cette intensification s'ajoute également le changement d'utilisation des terres où les surfaces de prairies ont diminué au profit des cultures annuelles de céréales (Bellayachi et al., 2017).

Toutes ces modifications de paysage et d'habitat ont engendré une forte pression sur la biodiversité via la destruction et la dégradation des forêts, des prairies ou encore des zones humides (CPDT, 2014; Grooten & Petersen, 2020; Loi relative au remembrement légal de biens ruraux, 1970; Szczodry et al., 2020).

2. Intensification de l'agriculture et déclin de la biodiversité

Le remembrement et la fragmentation des habitats vitaux d'un nombre important d'espèces des milieux agricoles, une uniformisation du paysage et un déclin général de la biodiversité sont les résultats de cette évolution vers une agriculture intensive (Border et al., 2016; CPDT, 2014; Derouaux & Paquet, 2018; Grooten & Petersen, 2020; Loi relative au remembrement légal de biens ruraux, 1970; Paquet & Jacob, 2011a; Szczodry et al., 2020). Le déclin de la biodiversité en espèces dû à l'intensification des pratiques agricoles a été constaté chez les mammifères (Sotherton, 1998), les insectes (Benton et al., 2002), les plantes (Robinson & Sutherland, 2002) et les oiseaux (Donald et al., 2001). L'avifaune des milieux agricoles est particulièrement touchée par ces modifications paysagères (Donald et al., 2001; Mugabo, 2006) avec 43% des espèces européennes d'oiseaux associées aux écosystèmes agricoles avec un statut de conservation défavorable (Tucker, 1999). L'indicateur des oiseaux communs des milieux agricoles (Farmland Bird Index) de cette région montre un déclin de 3,1 % par an depuis 1990 ; ce déclin est encore plus prononcé pour les oiseaux nichant au sol (-5,9 %) (Derouaux & Paquet, 2018; Laudelout et al., 2018; Szczodry et al., 2020) (Figure 1).

Des parcelles plus grandes induisent une perte des éléments naturels (haies, arbres isolés, ronciers, bandes d'herbes spontanées, etc.) qui existaient entre toutes ces parcelles et qui fournissaient habitats de vie, de reproduction et d'alimentation.

La pratique de fauche débute en général vers la mi-mai et coïncide avec la période la plus importante dans le cycle de vie de nombreuses espèces. La floraison, la pollinisation et la reproduction sont impactées avec notamment la destruction des nichées des oiseaux nichant au sol (Schaub et al., 2013).

Afin d'assurer un rendement optimal, l'application d'engrais est intensifiée, ce qui permet aux exploitants de réaliser des coupes multiples. Ces facteurs combinés (fauches précoces et multiples et apport intensif d'engrais) induisent l'utilisation d'espèces plus résistantes (comme le Ray-grass du genre *Lolium*) et moins diversifiées que les plantes présentes en agriculture extensive. Les prairies sont alors moins hétérogènes et l'offre en nourriture pour les insectes tout au long de l'année est réduite. Ceci conduit à un appauvrissement de la flore et de la faune entomologique impactant également les prédateurs comme les oiseaux insectivores (Goulson, 2019; Szczodry et al., 2020).

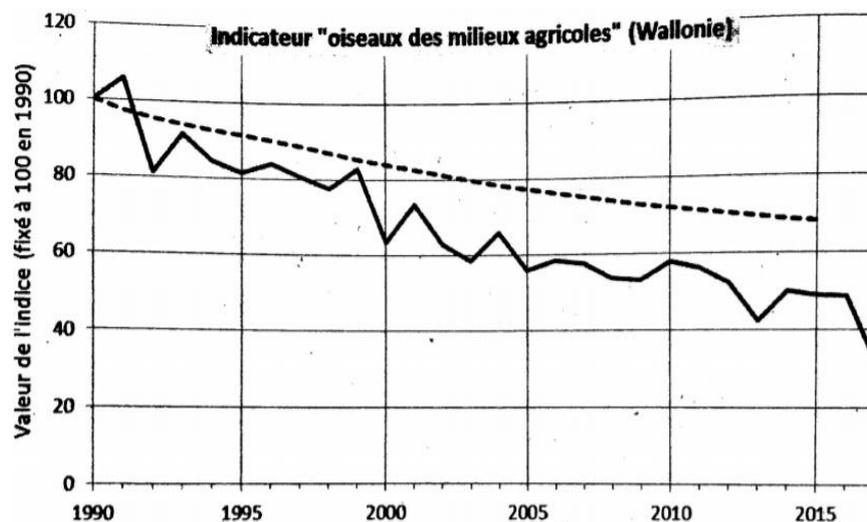


Figure 1 Evolution de l'abondance moyenne de 15 espèces d'oiseaux nicheurs spécialistes des milieux agricoles entre 1990 et 2017 – données Aves-Natagora SPW DGO3 ; programme « SOCWAL ». (ligne continue = fluctuation de l'indicateur des « oiseaux des milieux agricoles » ; ligne pointillée = tendance de l'indicateur)

Le constat du déclin de la biodiversité en milieu agricole intensif, qui concerne une partie importante de la superficie en Belgique (44% de la surface totale (Bellayachi et al., 2017) et en particulier en Région wallonne (qui concentre 54% des terres agricoles du pays (*L'agriculture wallonne en chiffres, 2020*)) sont des éléments déterminants pour l'orientation des mesures de conservation en faveur des espèces inféodées à ces espaces semi-naturels.

3. Les Mesures Agro-environnementales et Climatiques (MAEC)

Face au déclin massif de la biodiversité, lié à l'intensification des pratiques agricoles, des mesures ont été instaurées depuis 1992 dans la réforme de la PAC afin de protéger l'environnement, préserver le patrimoine naturel et maintenir les paysages en zone agricole : ce sont les **Mesures (ou Méthodes) Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC)** (*La politique agricole commune en bref, s. d.; Natagriwal, Méthodes Agro-Environnementales et*

Climatiques en quelques mots, 2019). Les objectifs des MAEC sont d'atténuer les pressions sur l'environnement. Pour ce faire, les agriculteurs volontaires peuvent mettre en place des MAEC à l'échelle de leurs parcelles ou de leur exploitation à travers un contrat de 5 ans renouvelable. Ces mesures pouvant induire des pertes de revenu, les participants sont dédommagés en conséquence (*Natagriwal, Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques en quelques mots*, 2019).

Chaque région ou pays a son propre « catalogue » de MAEC. Les MAEC, qui font partie du 2^{ème} pilier de la PAC (développement rural) sont financées à la fois par l'UE et par le pays ou la région (*Second pilier de la PAC*, s. d.).

En Wallonie, il existe plusieurs types de MAEC (Annexe 1) régies par un cahier des charges adapté à la situation de la parcelle. Certaines sont éligibles à des **méthodes de base (MB)**, accessible à tous les agriculteurs) comme la MB9 « Autonomie fourragère » qui encourage les éleveurs à nourrir leurs animaux avec les produits de la ferme, et d'autres à des **méthodes ciblées (MC)**, uniquement accessibles sur avis d'expert) qui, dans ce cas, seront soumises à l'avis d'un conseiller d'une structure compétente qui adaptera les méthodes à la situation de la parcelle et à sa valeur biologique et environnementale (plantes, oiseaux, insectes, etc.) comme la MC4 « Prairie de haute valeur biologique » où les espèces et habitats prairiaux en diminution en Wallonie sont protégés (*Natagriwal, Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques en quelques mots*, 2019).

En Wallonie, Natagriwal est l'ASBL (Association Sans But Lucratif) compétente dans l'expertise et la sensibilisation des acteurs face à ces mesures. L'initiative peut provenir directement de l'agriculteur ou d'un agro-conseiller de Natagriwal.

Lorsqu'un contrat MAEC est en application, des contrôles effectués par les conseillers de Natagriwal interviennent annuellement.

L'adhésion à ces mesures implique un soutien financier de l'agriculteur pour la mise à disposition de sa parcelle et contribue à la diversité biologique car la gestion appliquée est favorable au développement et au cycle de vie des espèces. De plus, les aides fournies par la PAC peuvent être cumulées par exemple à celles attribuées en agriculture biologique

(Natagriwal, *Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques en quelques mots*, 2019), ce qui peut être intéressant pour l'attractivité de ces mesures.

L'attractivité des MAEC permet à terme la création d'un maillage écologique, et ainsi, une bonne répartition des parcelles contractualisées sur le territoire wallon, notamment dans les zones déficitaires (Schaub et al., 2013). Les différentes MAEC proposées induisent un changement des pratiques agricoles vers un mode gestion plus extensif et devraient in fine favoriser la diversité biologique.

4. Le Tarier des prés (*Saxicola rubetra*), un oiseau des paysages agricoles extensifs

.4.1. Ecologie de l'espèce

.4.1.1. Description

Le **Tarier des prés** (Figure 2), de son nom latin *Saxicola rubetra*, et autrefois appelé Traquet tarier, est un passereau de petite taille de la famille des Muscicapidés (comprenant Rossignols, Rougequeues, Traquets, Gobemouches, etc.) et pouvant vivre jusqu'à cinq ans. Son grand sourcil pâle le distingue nettement d'une espèce proche : le Tarier pâtre (*Saxicola rubicola*). Son croupion est brun jaunâtre tacheté de sombre et le reste du dos est strié de sombre. Gorge et poitrine sont quant à elles orangées (Svenson et al., 2014). La femelle se distingue du mâle par ses couleurs moins vives et par sa calotte et ses joues rayées (Hume et al., 2011).



Figure 2 Tarier des prés (*Saxicola rubetra*) mâle. G. REUTER.

.4.1.2. Habitat et régime alimentaire

Le Tarier des prés est un petit oiseau qui vit dans les **prairies ouvertes et les pâturages**, sans obstacles, relativement grands, **exploités de manière extensive** et quasiment plats (Coppée, 1998; Reuter & Jacob, 2015; Schaub et al., 2013; Svenson et al., 2014; *Tarier des prés*,

Saxicola rubetra (Linné, 1758), s. d.). Son habitat doit disposer d'un couvert végétal assez important et de perchoirs (Blackburn & Cresswell, 2016) comme des plantes hautes (ombellifères, chardons, reines des prés), des buissons, des piquets ou encore des clôtures et parfois des jeunes épicéas très espacés (Gariboldi & Ambrogio, 2018; Reuter et al., 2014). Ceux-ci servent à la pratique du chant territorial pour les mâles en période de reproduction (Demaret, 1969; *Tarier des prés (Saxicola rubetra) - Fiche d'information sur les espèces BirdLife*, s. d.) mais aussi de poste de surveillance du territoire et de poste de chasse. Un nombre trop faible de perchoirs dépassant de la végétation, même sur un site favorable, peut expliquer l'absence de Tarier (Dejaifve, 1994).

Oiseau purement **insectivore** (Barshep et al., 2012; Schmidt & Hantge, 1954), son régime alimentaire se compose essentiellement d'orthoptères, de lépidoptères (chenilles et imagos), de coléoptères, de diptères et d'hyménoptères (Broyer, 2011; *Tarier des prés, Saxicola rubetra (Linné, 1758)*, s. d.). Une phase d'observation sur perchoir précède une chasse en vol piqué (appelée chasse à vue) vers le sol dans un rayon maximal de huit mètres autour de son perchoir (Barshep et al., 2012; Dejaifve, 1994; *Tarier des prés, Saxicola rubetra (Linné, 1758)*, s. d.). Des milieux riches en diversité floristique (Figure 3) et regroupant les caractéristiques mentionnées précédemment procurent sites de nidifications, insectes et perchoirs en abondance (Paquet & Jacob, 2011b; Reuter et al., 2014).



Figure 3 Parcelle favorable au Tarier des prés sous MAEC avec un couvert de Bistortes (*Bistorta officinalis*) dans la Vallée de la Roer. G. REUTER.

.4.1.3. Phénologie

Les mâles sont les premiers à arriver sur leur territoire de reproduction à partir de mi-avril. Il existe une différence d'une dizaine de jours entre l'arrivée des mâles et des femelles, mais aussi entre adultes et jeunes de deuxième année (Amengual, 2012; Dejaifve, 1994).

Les couples sont généralement monogames (*Tarier des prés, Saxicola rubetra* (Linné, 1758), s. d.). La nidification s'étend de début mai à fin juin, voire plus tard si une nichée de remplacement doit être faite (Reuter & Jacob, 2015; *Tarier des prés, Saxicola rubetra* (Linné, 1758), s. d.). La Figure 4 présente la phénologie moyenne du Tarier des prés en Haute-Belgique. La femelle couve seule environ cinq œufs, mais ce sont les deux parents qui nourrissent la progéniture (Gariboldi & Ambrogio, 2018). Les nids sont construits par la femelle et cachés au sol sous les plantes retombantes (*Tarier des prés, Saxicola rubetra* (Linné, 1758), s. d.). Une fois les jeunes volant, les familles restent sur leur territoire pendant environ une semaine. Territorial, le Tarier des prés peut montrer des comportements agressifs de type poursuites rapides et combats avec ses voisins. Son territoire couvre en moyenne un hectare par couple (Barshep et al., 2012; Dejaifve, 1994). Le comportement territorial disparaît par la suite et un éloignement du site de reproduction de l'ordre d'un kilomètre est possible jusqu'au jour de départ pour la migration vers les sites d'hivernage (Reuter G., communication personnelle).

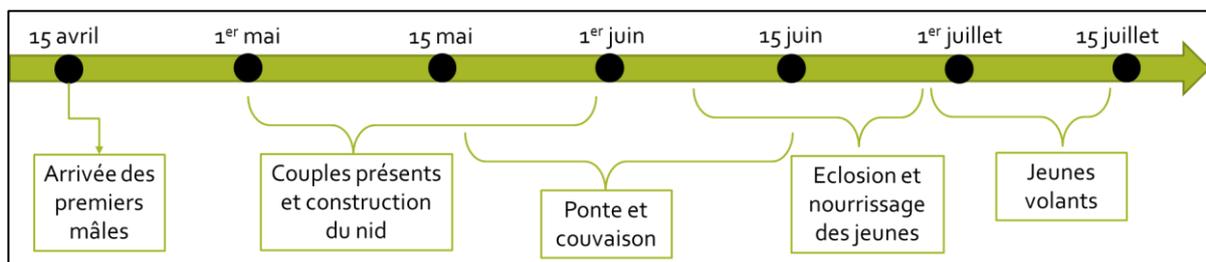


Figure 4 Phénologie moyenne du Tarier des prés en Haute Belgique.
Elaboré à partir d'une présentation du Projet Tarier faite par G. Reuter (AVES-Ostkantone)

.4.1.4. Migration et distribution

→ Distribution hivernale

Le Tarier des prés est un oiseau migrateur de longue distance qui hiverne en Afrique subsaharienne. Sa distribution hivernale s'étend jusqu'au sud du Sahara, du Sénégal à l'Ouganda (Amengual, 2012). Pour maintenir leurs effectifs en Europe, de nombreuses espèces migratrices dépendent des conditions en Afrique (Barshep et al., 2012). Une étude de Blackburn faite en 2016 au Nigeria démontre qu'environ 80 % des oiseaux survivent durant 120 jours suivant leur capture et que leur taux de survie mensuel moyen est de 98 % (taux qui n'est pas lié à l'âge, ni au sexe). Le choix du territoire ou bien de l'habitat d'hivernage ne semble pas avoir d'effet sur la mortalité (interview Bruno Portier, (Reuter et al., 2021)). Cela

signifie donc que le taux de mortalité provient des sites de reproduction et/ou de la phase migratoire (Blackburn & Cresswell, 2016).

→ Migration

Selon différentes études, durant la migration, le taux de mortalité du Tarier des prés est d'environ 50 % (Barshep et al., 2012). Ces chiffres sont similaires pour d'autres espèces migratrices du Paléarctique (Blackburn & Cresswell, 2016). Ce taux de mortalité est variable en fonction du sexe, mais aussi des conditions météorologiques annuelles. En effet, de nombreux jeunes de première année, inexpérimentés, périssent au cours de ce voyage énergétiquement coûteux. Les principaux facteurs sont les mauvaises conditions météorologiques, la dégradation et la perte de sites de repos et les erreurs de navigation (Blackburn & Cresswell, 2016).

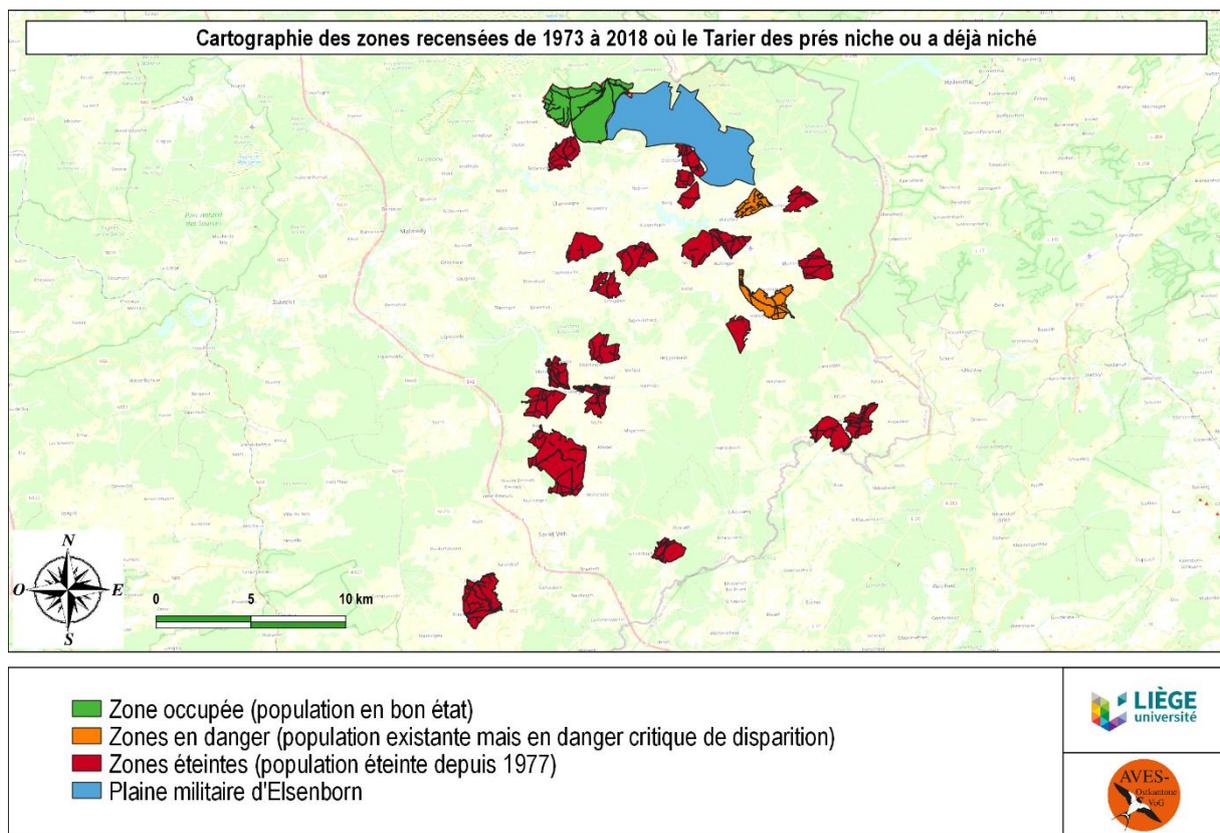
→ Distribution en période de reproduction

La reproduction du Tarier a lieu dans les régions tempérées et boréales en Europe centrale et septentrionale, mais aussi à l'est de la Sibérie et au nord-ouest de l'Iran (Amengual, 2012; *Tarier des prés, Saxicola rubetra* (Linné, 1758), s. d.). Ce passereau est un visiteur d'avril à octobre en Europe. Dans certaines régions (Nord-Pas-de-Calais en France, en Flandre, dans le sud des Pays-Bas, Grand-duché de Luxembourg), l'espèce ne se reproduit plus. Par ailleurs, les populations du nord de la France et d'Allemagne occidentale sont fragmentées, réduites et donc fragilisées (Reuter et al., 2014). Philopatric (capacité à revenir sur son lieu de naissance pour se reproduire), il est très fidèle à son site de reproduction en Eurasie, mais aussi à son site d'hivernage (Barshep et al., 2012; Blackburn & Cresswell, 2016; Coppée, 1998; *Tarier des prés, Saxicola rubetra* (Linné, 1758), s. d.). Ainsi, les secteurs favorables à la reproduction sont susceptibles d'être occupés d'une année sur l'autre (Besançon et al., 2002).

.4.2. Etat des populations en Wallonie

En Belgique, le Tarier des prés était autrefois un oiseau commun (CPDT, 2014). Grâce à des recensements, 22 zones favorables ont été identifiées depuis 1970 (Reuter et al., 2014, 2021). Cependant, le changement d'occupation des terres et des méthodes de culture depuis les années 60 ont fait chuter drastiquement le nombre de zones encore favorables pour le Tarier des prés, qui sont aujourd'hui au nombre de trois. L'effectif en Haute-Belgique était d'environ

210 couples selon l'atlas wallon des oiseaux nicheurs 2007-2008 (Dua, 2013). Seules de petites populations (133 couples en 2010 (Dehem, 2018) subsistent en Ardenne du Nord dans la Vallée de la Roer et dans la plaine militaire d'Elsenborn, respectivement en vert et en bleu sur la carte de la Figure 5. Actuellement, ces zones sont celles accueillant la quasi-totalité de la population belge car la situation se dégrade dans les autres sites d'années en années et notamment dans les vallées de la Warche et affluents de la Holzwarche (Derouaux et al., 2016; Reuter et al., 2014).



OpenStreetMap / Juillet 2021 / Cartographe : MG

Figure 5 Ensemble des localités de populations de Tarier des prés de Haute-Ardenne de 1973 à 2018. GILLIS M.

.4.3. Evolution des populations et menaces

Du fait de sa vaste aire de répartition, l'espèce est classée en « **Préoccupation mineure** » sur la **Liste Rouge IUCN mondiale et européenne** et ne se rapproche pas des seuils de la catégorie « Vulnérable » car le déclin n'est pas considéré comme suffisamment rapide (> 30% de déclin sur dix ans ou trois générations) (*Tarier des prés (Saxicola rubetra)* - Fiche d'information sur les espèces BirdLife, s. d.).

A la fin du XXe siècle, un déclin généralisé était observé dans toute l'Europe centrale et occidentale, alors que la population de l'Europe de l'est - constituant 90 % de la somme totale

de Tariers - demeure relativement stable. Coppee (1998) démontre que la population de Tariers des prés est en déclin de 80 % depuis plus de 20 ans en Fagne et en Ardenne (Belgique) (Paquet & Jacob, 2011b). Le Tarier des prés est classé en « **Danger critique** » d'extinction selon la Liste rouge 2010 des oiseaux nicheurs de Wallonie.

Les causes connues et les menaces pesant sur les populations de Tarier des prés sont résumées dans le schéma suivant (Figure 6).

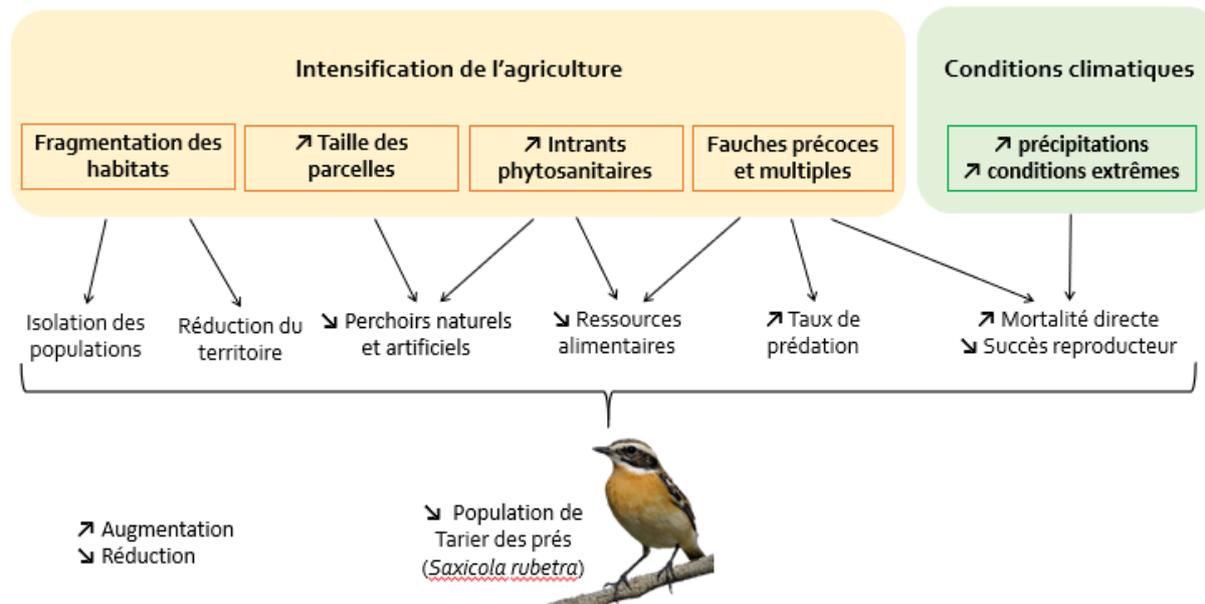


Figure 6 Menaces pesant sur les populations de Tarier des prés.
Elaboré à partir de : Schaub, 2013 ; Barshep, 2012 ; Border, 2016 ; Donald, 2001 ; Fiche INPN ; Atlas wallon, 2008 ; Reuter&Jacob, 2015 ; Laudelout, 2018.

5. Pourquoi préserver le Tarier des prés ?

La protection d'une espèce telle que le Tarier des prés favorise la présence d'autres espèces (Annexe 2) fréquentant les mêmes milieux (Laudelout et al., 2018). Protéger le Tarier consiste donc à préserver son habitat et l'écosystème auquel il est inféodé.

Les mesures mises en place pour la sauvegarde du Tarier sont aussi favorables à la Pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*) (Barshep et al., 2012), à la Pie-grièche grise (*Lanius exubitor*), au Tarier pâtre (*Saxicola rubicola*) (Reuter et al., 2021) et au Pipit farlouse (*Anthus pratensis*) (Reuter et al., 2014; Reuter & Jacob, 2015). Outre l'avifaune, les mesures de préservation mises en place permettent également à d'autres groupes taxonomiques, tels que la flore et

l'entomofaune, de pouvoir réaliser leur cycle de développement complet (Derouaux et al., 2016; Reuter & Jacob, 2015). Le Tarier des prés est donc une espèce emblématique dite « **parapluie** ».

Face à la fidélité que les Tariers des prés portent à leur territoire, il paraît primordial de préserver ou d'améliorer l'attractivité des zones de présence historique du Tarier des prés en reproduction voire celles qui sont adjacentes afin d'augmenter leur attractivité.

6. Les mesures de conservation mises en place pour le Tarier en Haute Belgique

.6.1. Le « Projet Tarier »

→ Objectifs

A partir du constat du déclin du Tarier des prés dans tous les pays de l'Europe occidentale et à sa quasi-disparition en Wallonie, le **Projet Tarier** a vu le jour en 2011 grâce aux associations AVES-Ostkantone et Natagora-Aves. L'ASBL Patrimoine Nature, le DNF (Département de la Nature et des Forêts), le Parc Naturel des Hautes Fagnes-Eifel, les conseillers agro-environnementaux de Natagriwal et d'Agra-Ost et les gestionnaires de réserves naturelles mettent en place, dans ce cadre, des mesures de protection en faveur du Tarier. Ceci n'est possible qu'avec la **collaboration des agriculteurs** exploitant les parcelles concernées et la Région Wallonne (Reuter et al., 2014, 2021; Reuter & Jacob, 2015). Le travail d'un employé d'AVES-Ostkantone à mi-temps est financé par la Région wallonne via une convention. Le projet s'étend jusqu'à la fin de l'année 2021 et un prolongement est espéré.

Le Projet Tarier a pour objectif de protéger la population de Tarier des prés et de favoriser sa croissance en s'appuyant sur la collaboration du monde agricole. Ce programme vise principalement la **protection des habitats** à travers l'instauration **d'une pratique agricole plus extensive** dans des zones stratégiques.

Au début du projet, la population comportait 180 à 210 couples dans toute la Wallonie. Le gouvernement s'est imposé comme objectif d'obtenir un accroissement de la population de 25 % fin 2025, soit une population d'environ 210-250 couples en Wallonie (Reuter et al., 2021).

→ Périmètres et actions

22 zones font partie intégrante du projet (Figure 5). Elles ne comprennent pas la réserve domaniale des Hautes Fagnes, ni la plaine militaire d'Elsenborn (Reuter et al., 2021) puisque le projet ne concerne que les zones agricoles.

L'action principale du Projet Tarier vise à proposer la **Mesure Agro-Environnementale ciblée numéro 4 (MC4) Tarier** aux agriculteurs et vérifier le succès de ces mesures par l'observation de terrain en continu de la mi-avril (arrivée des premiers mâles) à la mi-juillet (envol des jeunes). Ces observations sont réalisées par des ornithologues sur les zones où le Tarier des prés est présent afin de recenser au mieux la population belge et de déceler son évolution d'année en année. Elles ont également pour but de cibler les habitats à prioriser en tant que lieu d'alimentation ou de reproduction. A terme, le Projet Tarier vise la création et le développement d'un **maillage écologique** favorable à l'espèce.

Les actions du Projet Tarier comprennent aussi une grande part de sensibilisation du public et des propriétaires. Les agriculteurs sont directement contactés individuellement ou collectivement pour les informer de la situation biologique sur leurs parcelles. Cela se fait au moyen de journées portes-ouvertes, colloques, réunions d'agriculteurs, articles dans des revues agricoles, articles de presse, présentations, posters et prospectus. Pour ce qui est du grand public, la mise à disposition de clichés photographiques utilisables par les conseillers vise à attirer son attention via des présentations et exposés, articles de presse, poster, etc. Enfin les associations de protection de la nature, les commissions et instances politiques sont aussi sensibilisées par les mêmes moyens. Un livret en langue allemande et française (Reuter et al., 2021) est en cours de publication à l'intention des agriculteurs et des abonnés.

Une fois les agriculteurs sensibilisés par contact individuel, certains s'engagent alors dans le projet. Pour cela, ils ont la possibilité d'inscrire leurs parcelles sous MC4, ciblée pour la préservation du Tarier, et seront financés par le SPW (Service Public de Wallonie). Un cahier des charges a été adapté en fonction des observations réalisées sur le terrain afin que le succès reproducteur du Tarier des prés sur ces zones soit maximisé (Reuter et al., 2014). Ce cahier des charges de la MC4 « **Prairie à haute valeur biologique** » comprend notamment :

- Aucune intervention n'est permise avant le 15 juillet ; le fauchage (s'il existe) est autorisé après cette date qui est optimale en cas de nichées tardives ou de pontes de

remplacement et favorable pour de nombreuses plantes et insectes (Derouaux et al., 2016).

- Lors de la fauche, une zone dite de refuge doit être mise en place. Elle consiste à laisser 10 % de la parcelle en l'état chaque année. Cette zone peut entrer dans un système de rotation et donc changer d'une année à l'autre.
- Aucun intrant chimique ; une fertilisation organique est possible deux fois sur les 5 ans de durée du contrat, toujours sous l'avis d'un expert.
- Pas de drainage, ni de curage (sauf avis expert).

.6.2. Autres mesures

En plus de la MAEC proposée par le Projet Tarier, les statuts de Natura2000 et de réserve naturelle où une gestion adaptée au Tarier peuvent aussi contribuer au maintien des habitats et au développement de la population, tout comme certains projets LIFE tels que le LIFE Hautes Fagnes 2007-2012. La gestion de ces milieux doit permettre d'entretenir un habitat ouvert sans pour autant y appliquer une gestion intensive. Des actions de restauration peuvent être menées. Les conditions sont les suivantes : le débroussaillage ne peut se faire qu'après le 15 août et le pâturage, si existant, doit être extensif. De plus, les perchoirs naturels tels que les ombellifères ou piquets doivent être préservés pour le retour des Tariers à la saison suivante. Enfin, aucun intrant chimique ne doit être utilisé. Cependant, les réserves naturelles ne suffisent pas à stopper la régression du Tarier des prés. Les différentes mesures doivent donc idéalement former un réseau d'habitats favorables au Tarier des prés.

7. Objectifs de recherche

L'objectif du présent mémoire consiste à faire le **premier bilan** de plus de 10 ans de Projet Tarier et à évaluer **l'efficacité des mesures** mises en place dans le cadre du projet. C'est-à-dire :

- Mettre en évidence et interpréter **l'évolution de la population** de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer via le nombre de couples nicheurs et le succès reproducteur, et ce, à partir des données recueillies depuis le début du Projet Tarier en 2011. Grâce au projet, un accroissement de la population et une augmentation du succès de reproduction sont attendus.

- Expliquer les **variations interannuelles** du nombre de couples nicheurs et du succès reproducteur par les fluctuations climatiques et le type de gestion des parcelles comprises dans l'aire d'étude. Une diminution du succès reproducteur dans les années de conditions extrêmes (précipitations importantes et températures négatives) est attendue et par conséquent une diminution du nombre de couples l'année suivante. Sont également attendus une augmentation du nombre de couples et du succès reproducteur dans les parcelles sous contrat MAEC en comparaison avec le milieu naturel.
- Estimer la viabilité de la population de Tariers des prés dans la Vallée de la Roer. L'hypothèse est qu'avec les mesures mises en place dans l'aire d'étude, une augmentation de la taille de la population pourrait être envisageable.

Matériel et méthodes

1. Description de la zone d'étude

Le choix de la zone d'étude de ce mémoire s'est porté sur la Vallée de la Roer, zone concentrant le plus grand effort de conservation du Tarier des prés. Située sur les communes de Waimes (4950) et Butgenbach (4750), à la frontière germano-belge, cette zone est la seule (avec la plaine militaire d'Elsenborn) à abriter une population plutôt stable depuis une dizaine d'années. Sa position, proche de la plaine militaire, permet un échange entre les deux zones de manière à développer le patrimoine génétique de la population de la Vallée de la Roer. Cependant, cette population est limitée par la disponibilité de terrain favorable à l'espèce (Reuter et al., 2014).

La Vallée de la Roer présente une superficie totale de 716 hectares. L'altitude est comprise entre 540 et 560 mètres (*WalOnMap | Géoportail de la Wallonie, s. d.*). La zone est composée de milieux humides en partie abandonnés, de terrains rudéraux, de landes à bruyère, de boisements et de zones agricoles (prairies). Les prairies sont permanentes (c'est-à-dire qu'elles ont été mises en place plus de 5 ans d'affilée) et sont soit fauchées, soit pâturées ou encore non exploitées. Les habitats sont divers, mais ne sont pas tous favorables à la nidification du Tarier des prés. En termes de conservation et gestion, certaines de ces parcelles sont inscrites dans un programme de MAEC (MC4 : prairies de fauche ; MB9 : pâtures) et d'autres sont sous réserves naturelles agréées (Patrimoine Nature) et domaniales (DNF).

Le projet Tarier se concentre sur les parcelles agricoles de la Vallée de la Roer où ce sont 116 parcelles (allant de 0.12 ha à 36 ha) et 15 agriculteurs qui sont concernés. Pour ce mémoire, toutes les parcelles sont géoréférencées sur le logiciel SIG (Système d'Information Géographique) QGIS (QGIS 3.10.10 with GRASS 7.8.3) tout comme les observations de Tarier des prés (Voir Figure 7).

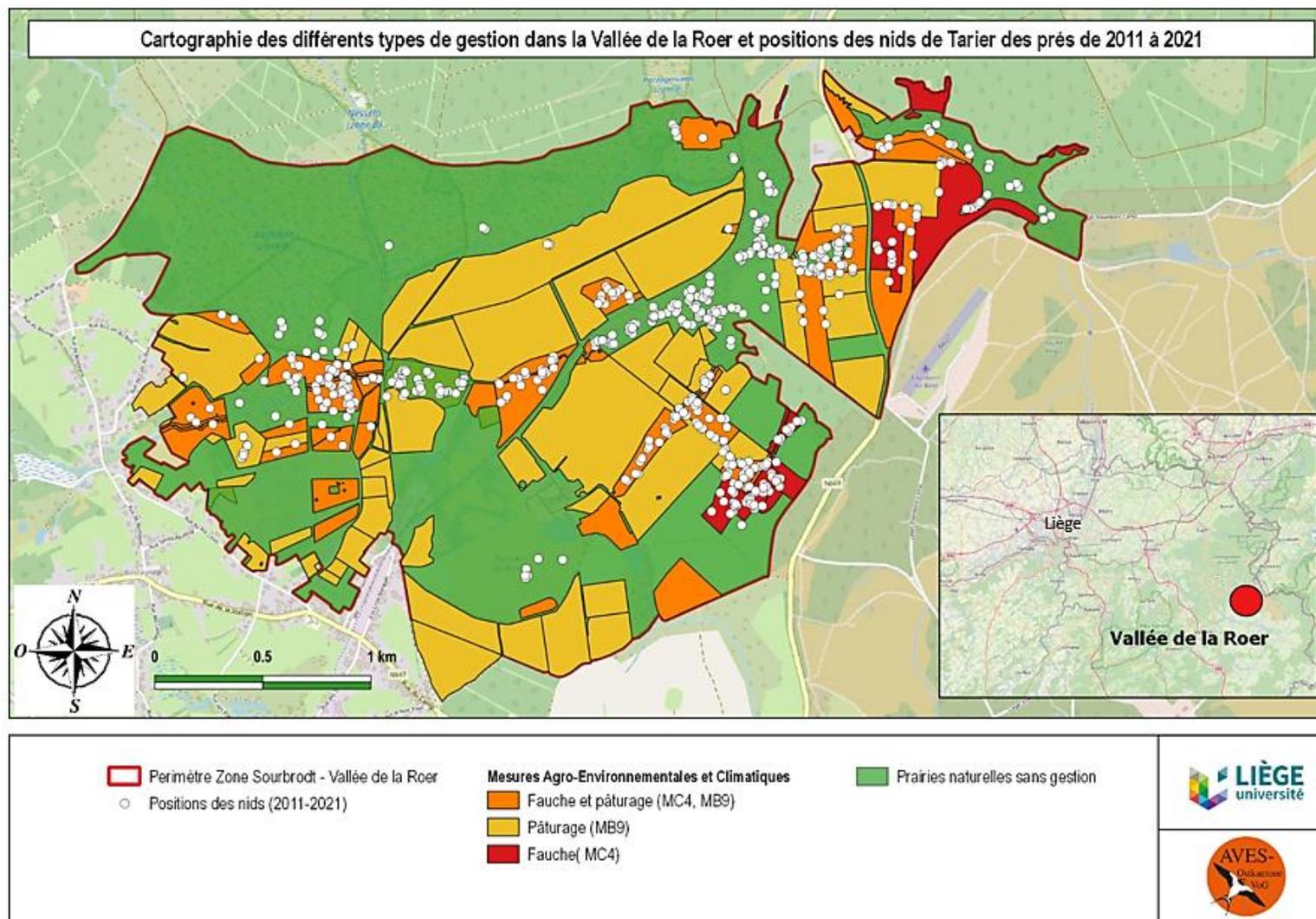


Figure 7 Cartographie de la zone étudiée et des différentes gestions réalisée à partir de données cartographiques (G. Reuter, communication personnelle).

2. Description des données

.2.1. Suivi ornithologique 2011-2021

L'analyse du succès reproducteur du Tarier des prés se base sur les observations *in situ* effectuées entre 2011 et 2021.

Lors des premières visites sur le terrain (mi-avril), toutes les parcelles sont sondées (prairies naturelles, extensives et intensives) afin de détecter celles où le Tarier peut potentiellement nicher avec l'arrivée des premiers Tariers mâles. Les parcelles à pratiques intensives étant peu attractives sont exclues très rapidement. A partir de début-mai, les prairies conservées pour le suivi quotidien sont celles où des individus sont cantonnés (établissement d'un territoire). Les parcelles généralement favorables sont des parcelles ouvertes, loin des lisières de forêts et des arbres d'une taille supérieure à deux mètres. Ce sont celles sous MAEC ou celles qui ne sont pas exploitées voire abandonnées. Le territoire du Tarier des prés peut contenir quelques arbres isolés de petites tailles et une quantité limitée de haies.

Dans le cas où un couple est cantonné dans une parcelle agricole (en MAEC ou non), l'agriculteur est contacté pour le bon déroulement du suivi. Ce dernier se fait quotidiennement à partir de mi-avril jusqu'à mi-juillet. Une moyenne de quatre heures par jour est consacrée à l'observation. Tout individu observé aux jumelles et à la lunette est encodé sur un fond cartographique dans OFFH encodage – site du DEMNA (Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole) (<http://observatoire.biodiversite.wallonie.be/encodage/>). Les individus font ensuite l'objet d'une surveillance qui consiste à noter les comportements observés via des **indices** définis par l'*European Bird Census Council* (Annexe 3) et sont les mêmes que ceux utilisés par l'Atlas des oiseaux nicheurs de la Wallonie (2000 – 2005, publié en 2010). Huit comportements ont été étudiés et mis en lien avec l'écologie de l'espèce (Tableau 1).

Tableau 1 Eléments de l'écologie de l'espèce déterminés en fonction du comportement des individus.

Comportement observé sur le terrain	Ecologie de l'espèce
Première observation dans un habitat favorable	Arrivée des premiers mâles sur les sites de reproduction.
Chant et défense du territoire	Parade nuptiale et établissement du territoire pendant la période de nidification.
Oiseau posé	Poste de surveillance ou de chasse.
Présence des couples dans une zone favorable	Formation des couples.
Transport de matériel	Construction du nid au sol par la femelle. Identification approximative de la position du nid.
Cris d'alarmes des adultes	Cris suggérant la présence d'un nid ou de jeunes.
Adultes avec becquée	Nourrissage des jeunes.
Familles avec jeunes volants	Départ du nid et émancipation des jeunes. Estimation du nombre de jeunes à l'envol ➔ Succès de la nichée.

.2.2. Variations climatiques interannuelles

En plus des données prélevées sur le terrain, des données météorologiques ont été ajoutées. Elles ont été fournies par la station de l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigi (du 15 avril 2011 au 8 juin 2021) et la station d'Elsenborn (du 9 au 30 juin 2021). Ces stations ont été retenues car représentatives des conditions de notre site d'étude en raison de leur proximité avec ce dernier. Seules les données couvrant la période de reproduction du Tarier des prés ont été considérées. Les données brutes comprennent le cumul journalier de précipitations, les températures extrêmes journalières (température minimale et température maximale), la température moyenne journalière et la moyenne journalière de la vitesse du vent. L'épaisseur maximale journalière de neige au sol a également été fournie par la station.

.2.3. Données concernant le type de gestion des parcelles

Les parcelles présentes dans la zone d'étude n'ont pas toutes le même type de gestion et ne sont pas toutes de la même surface. Des parcelles de fauche (MC4), de pâture (MB9) et naturelles (sans gestion) sont retrouvées (Figure 8). Ces parcelles dites « naturelles » sont des parcelles qui ne sont pas agricoles ou qui ont été abandonnées. Globalement, la proportion

des parcelles soumises aux différents types de gestion est restée la même depuis le début du Projet Tariar et donc depuis le début des relevés de terrain. Certaines parcelles sont également gérées de manière intensive mais elles n'ont pas été prises en compte dans les modèles puisque très peu de données les concernent.

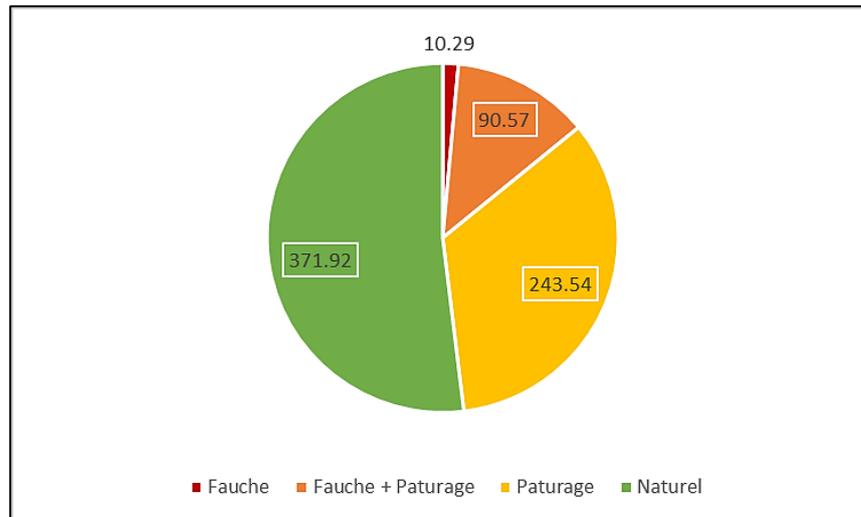


Figure 8 Proportion de surface (ha) de chacune des gestions dans la zone d'étude.

.2.4. Variables explorées et variables retenues

A partir des différents jeux de données, plusieurs variables ont été explorées et les plus pertinentes ont été retenues pour ce mémoire (Tableaux 2 et 3).

Tableau 2 Données brutes et variables explorées issues des jeux de données.

Jeux de données	Données brutes	Variables explorées
	Date	Année
	Observations quotidiennes lors de la période de reproduction	NB_CPL (Nombre de couples à l'année n) NB_CPL_N_1 (Nombre de couples à l'année n-1) Tendance (Tendance du nombre de couples d'année en année)
Données provenant des observations		DENS_CPL (Densité de couples par type de gestion) NB_JEUNES (Nombre de jeunes par couple) NB_JEUNES_N_1 (Nombre de jeunes par couples à l'année n-1)
	Nombre de jeunes	SR (Succès reproducteur) **
	Succès ou Echec de la nichée du couple	
	Position géographique	

Conditions météorologiques journalières	Précipitations cumulées	J_Pluie (Nombre de jours de pluie)* Precip_cum (précipitations cumulées à l'année n)* Precip_cumN_1 (précipitations cumulées à l'année n-1)*
	Températures minimales (°C)	J_Negatif (Nombre de jours avec des températures négatives)* J_NegatifN_1 (Nombre de jours avec des températures négatives à l'année n-1)*
	Températures maximales (°C)	J_T25 (Nombre de jours avec des températures supérieures à 25°C)*
	Températures moyennes (°C)	T_MOY (Températures moyennes)
	Vitesses moyennes du vent à une hauteur de 10 mètres (m/s)	J_Ventzero (Nombre de jours où la vitesse du vent a été inférieure à 1.5 m/s)* J_Ventmodere (Nombre de jours où la vitesse du vent a été comprise entre 1.6 et 4.6 m/s)* J_Ventfort (Nombre de jours où la vitesse du vent a été supérieure à 4.7 m/s)* J_VentfortN_1 (Nombre de jours où la vitesse du vent a été supérieure à 4.7 m/s à l'année n-1)*
	Type de gestion	Parcelle avec le type de gestion appliqué	MAEC_Naturel (Parcelles naturelles ou sous MAEC) GESTION (Différenciation des parcelles sous MAEC : Fauche (MC4), Pâturage (MB9), les deux (MC4 et MB9))

* le nombre de jours a été déterminé sur la période de reproduction du Tarier des prés (15 avril au 30 juin).

** le succès reproducteur est déterminé par le nombre de jeunes moyens par couples (échecs compris).

Le nombre de couples cantonnés est estimé sur la base des observations. Les territoires où seuls des mâles solitaires ont été recensés n'ont pas été pris en compte. La tendance correspond au pourcentage d'augmentation ou de diminution du nombre de couples d'année en année. Elle prend donc en compte l'année n-1. La densité correspond au nombre de couples par unité de surface (hectare).

A l'aide d'une première analyse exploratoire des données climatiques (Figure 9), certaines variables ont été exclues des analyses. Les variables retenues sont les suivantes :

- Concernant les précipitations, les deux variables étant corrélées (Annexe 4), ce sont les **précipitations cumulées** qui ont été retenues puisqu'elles semblent être plus aptes à expliquer le succès reproducteur.

- En termes de températures : la température moyenne ne varie pas beaucoup au cours du temps et le nombre de jours avec des températures supérieures à 25°C présente moins de variations extrêmes que le **nombre de jours avec des températures négatives**. C'est donc cette dernière variable qui a été conservée sous l'hypothèse que les basses températures influeraient l'éclosion des œufs ou encore la disponibilité en ressource alimentaire (insectes).
- Enfin, les données relatives au vent sont peu variables. Le choix s'est alors porté sur le **nombre de jours avec une forte vitesse de vent** car celui-ci pourrait influencer la disponibilité en ressource alimentaire pour le Tarier des prés.

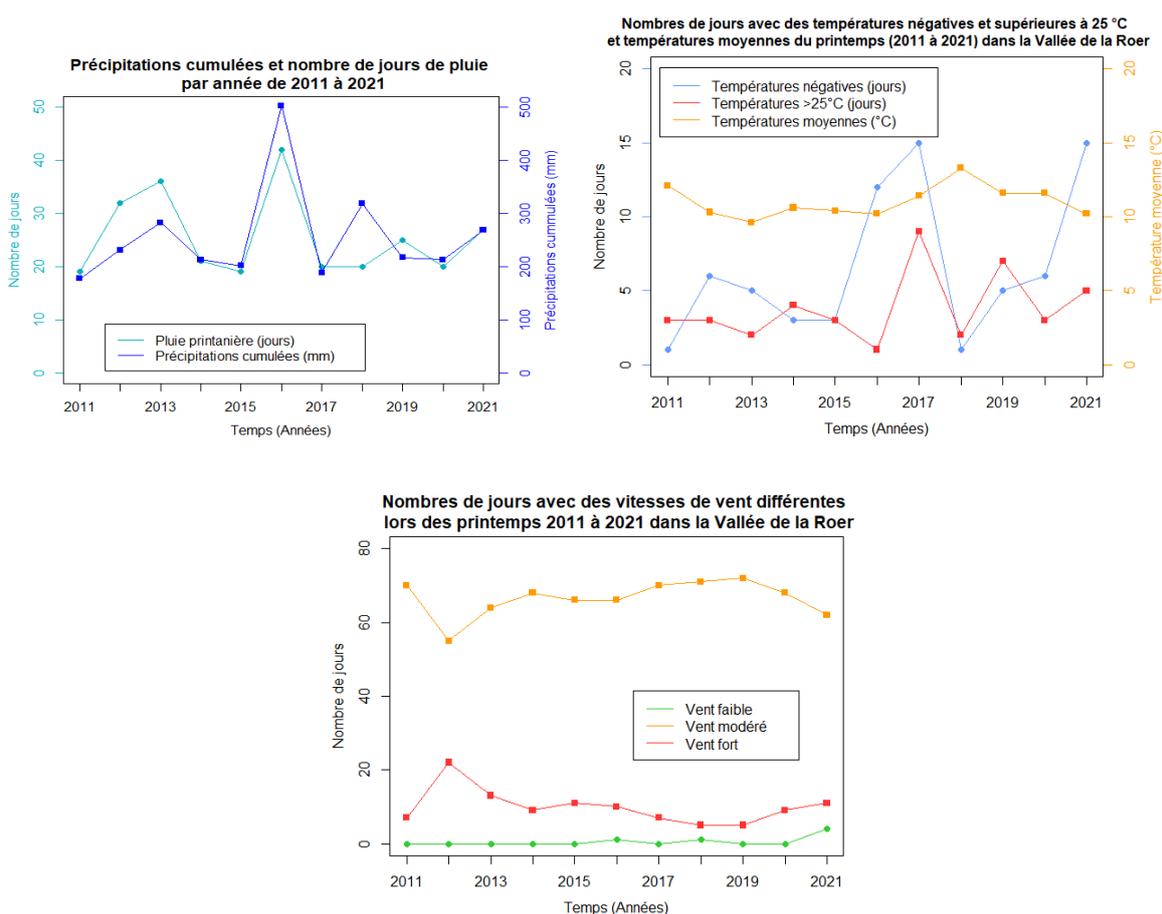


Figure 9 Explorations graphiques de l'évolution des diverses données climatiques issues de l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigé pour la période 2011 à 2021.

Pour le type de gestion, des premières analyses se sont concentrées sur la différence entre les prairies sous contrat MAEC et celles qui sont dites « naturelles » (sans gestion). Par la suite, ce sont des analyses comparant l'efficacité des différentes MAEC (MC4 et MB9) qui ont été réalisées.

Tableau 3 Variables explorées et variables retenues pour les analyses statistiques.

Jeux de données	Variables explorées	Variables retenues
Données provenant des observations	Annee	Annee
	Nb de couples	Nb de couples
	Nb de couples n-1	Nb de couples n-1
	Tendance	Tendance
	Densité de cpl	Densité de cpl
	Nb de jeunes	Nb de jeunes
	Nb de jeunes n-1	Nb de jeunes n-1
	SR	SR
Conditions météorologiques journalières	Nb de jours de pluie *	
	Precip cum *	Precip cum
	Precip cum n-1*	Precip cum n-1
	Nb de jours avec T° négatives *	Nb de jours avec T° négatives
	Nb de jours avec T° négatives n-1 *	Nb de jours avec T° négatives n-1
	Nb de jours avec T° supérieures à 25°C *	
	T° moyennes	
	Nb jours vent faible *	
	Nb jours vent modéré *	
	Nb jours vent fort *	Nb jours vent fort
Nb jours vent fort n-1 *	Nb jours vent fort n-1	
Type de gestion	MAEC_Naturel	MAEC_Naturel
	MAEC appliquée(s)	MAEC appliquée(s)

* le nombre de jours a été déterminé sur la période de reproduction du Tarier des prés (15 avril au 30 juin).

Nb : Nombre ; n-1 : à l'année précédente ; cpl : couples ; SR : Succès Reproducteur ; precip. cum : précipitations cumulées ; T° : températures.

3. Traitement des données

.3.1. Evolution de la population en fonction des variations climatiques et du type de gestion

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels informatiques Microsoft Excel® 2019 et RStudio Version 1.1.456 – © 2009-2018 RStudio, Inc.

La plupart des analyses ont été réalisées à l'aide de modèles linéaires généralisés (GLMs). Ces modèles permettent de tester l'influence d'une ou plusieurs variables dites « explicatives » sur une variable « réponse ». Le seuil de significativité est fixé à une p-value de 0.05.

Les différents types de gestion n'ont pas la même surface dans la zone d'étude. Il n'est donc pas pertinent de regarder le nombre de couples par type de gestion mais plutôt la **densité de couples** par type de gestion.

Le test de Shapiro-Wilk teste l'hypothèse selon laquelle une variable suit une distribution normale. Les variables réponses « succès reproducteur » (SR), « nombre de couples » et « densité de couples » ont donc été testées. Seul le succès reproducteur ne semble pas suivre une loi normale.

Le **nombre de couples** correspond à une donnée de comptage. Les analyses seront alors faites selon une distribution de Poisson.

La variable **succès reproducteur** (SR) devrait suivre une loi de Poisson. Cependant, en testant à la fois un GLM avec une distribution normale (Gauss) et sans (Poisson), il s'avère qu'il n'y a aucun impact significatif dans le deuxième cas. Le succès reproducteur a donc été défini comme suivant une loi normale. Les résultats qui en découlent doivent donc être pris avec précaution.

L'espèce est connue pour être philopatricque. Le nombre de jeunes d'une année devrait alors conditionner le nombre de jeunes à l'année n+1. Pour cela des tests de corrélation de Pearson (mesure la corrélation linéaire entre deux variables) et un glm regroupant le nombre de couples et de jeunes de l'année précédente ont été testés (Tableau 4).

Tableau 4 Evaluation du lien entre le nombre de jeunes et le nombre de couples à l'année suivante.

Variabes réponses	Variabes explicatives	Formule	Test
Nb de couples	Nb de jeunes n-1	Nb de couples ~ Nb de jeunes n-1	Pearson
	SR n-1	Nb de couples ~ SR n-1	Pearson
	Nb de couples n-1	Nb de couples ~ Nb de couples n-1	Pearson
	Nb de couples n-1 et Nb de jeunes n-1	Nb de couples ~ Nb de couples n-1+ Nb de jeunes n-1	GLM (Poisson)

Nb : Nombre ; n-1 : à l'année précédente ; SR : Succès Reproducteur.

Pour connaître le type de gestion le plus efficace pour l'installation des couples et pour le succès reproducteur du Tarier des prés, des tests de Student sont réalisés comme dans le

Tableau 5. Les variables ne sont pas tout à fait indépendantes puisque le nombre de jeunes n-1 est le même que le nombre de jeunes n pour l'année précédente, ce test permet alors de compléter l'information des glm du Tableau 6.

Tableau 5 Récapitulatif des variables utilisées pour les tests de Student.

Test	Variables testées
Test de Student	Densité de couples dans les parcelles « naturelles » et dans les parcelles sous contrat MAEC. Succès reproducteur dans les parcelles « naturelles » et dans les parcelles sous contrat MAEC.

Tableau 6 Récapitulatif des variables testées.

Objectifs	Variables réponses	Variables explicatives	Formules testées dans des GLM	Loi de distribution
Tester l'effet des données climatiques (aux années n et n-1)	Nb de couples SR	Precip cum	Nb de cpl ~ Precip cum n-1 + Nb jours négatifs n-1 + Nb jours vent fort n-1	Poisson
		Precip cum n-1		
		Nb jours négatifs	Nb de cpl ~ Precip cum + Nb jours négatifs + Nb jours vent fort	
		Nb jours négatifs n-1	Nb de cpl ~ [METO]n + [METEO]n-1	
		Nb jours vent fort		
		Nb jours vent fort n-1	SR ~ Precip cum + Nb jours négatifs + Nb jours vent fort	Gauss
Tester l'effet du type de gestion combiné au données climatiques (aux années n et n-1)	Densité de cpl SR	Precip cum	Densité de cpl ~ MAEC_Naturel + [METO]n + [METEO]n-1	Gauss
		Precip cum n-1		
		Nb jours négatifs	SR ~ MAEC_Naturel + [METO]n + [METEO]n-1	
		Nb jours négatifs n-1		
		Nb jours vent fort		
		Nb jours vent fort n-1	Densité de cpl ~ MAEC appliquée(s)+ [METO]n + [METEO]n-1	
MAEC_Naturel	SR ~ MAEC appliquée(s)+ [METO]n + [METEO]n-1			
		MAEC appliquée(s)		

Nb : Nombre ; n : à l'année actuelle ; n-1 : à l'année précédente ; SR : Succès Reproducteur ; precip. cum : précipitations cumulées ; cpl : couples.

METEO = Précipitations cumulées, Nombre de jours avec des températures négatives et Nombre de jours avec des périodes de vent fort.

.3.2. Définition de l'avenir du Tarier : analyse de Viabilité de la population

L'analyse de viabilité des populations (PVA : *Populations Viability Analysis*) regroupe des méthodes quantitatives pour prédire le **futur statut** d'une population ou d'un ensemble de population. Le futur statut correspond à la probabilité d'une population d'être en dessous d'une taille minimum à un moment donné dans le futur. Ainsi, cette analyse permet de prévoir l'état de santé d'une population et son **risque d'extinction**. L'extinction d'une population se traduit par l'absence définitive d'individu ou encore par la présence d'un seul des deux sexes. Le **seuil de quasi-extinction** est le niveau de non-retour d'une population. Il correspond au nombre minimum d'individus (ou souvent de femelles) en-dessous duquel la population est immédiatement en péril.

Ces modèles se basent sur l'estimation de paramètres que sont la moyenne μ et la variance σ^2 du taux de croissance λ_t du nombre de couples entre 2011 et 2021 ($\ln(N_{i+1}/N_i)$; avec N l'effectif du nombre de couples). Le **taux de croissance** λ_G (moyenne géométrique de λ_t) est calculé à partir de ces paramètres : $\lambda_G = e(\mu)$. Il correspond à la variation de la taille de population d'une année n à l'année $n+1$. S'il est inférieur à 1, la population a tendance à décliner alors que s'il est supérieur à 1, la population tend à croître. Par ailleurs, s'il est égal à 1, alors la population est stable.

La méthode utilisée dans ce mémoire se base sur les données de comptage du nombre de couples cantonnés par année de suivi. Les taux de survie et de fécondité sont estimés constants tout comme les conditions environnementales. Il n'y a pas de corrélation d'une année à l'autre et le taux de croissance n'est pas dépendant de la taille ou de la densité de la population. L'utilisation de la PVA permet de faire des projections à long terme sur l'évolution des populations. Ce modèle permet de visualiser la tendance de la population dans plusieurs années si aucun autre effort de conservation n'est entrepris.

Pour la suite de l'analyse, le nombre de couples de Tarier des prés à la dernière année de comptage (c'est-à-dire **30 couples pour l'année 2021**) est utilisé et le **seuil de quasi-extinction** a été testé à **10 couples** sur base des observations de G. Reuter dans la vallée de la Warche (endroit où il n'y a actuellement plus de couples).

La probabilité d'extinction peut se visualiser à l'aide d'une courbe cumulative appelée CDF.

Résultats

1. Dynamique de la population de Tarier des prés (*Saxicola rubetra*)

Le nombre maximal de **couples** recensé entre 2011 et 2021 pour la Vallée de la Roer s'est élevé à 65 couples en 2015 (Tableau 7 et Figure 10). L'année la moins abondante fut l'année 2021 avec un recensement de seulement 30 couples. Selon le test de corrélation de Pearson, le nombre de couples tend à diminuer entre 2011 et 2021 ($cor = -0.337$) mais cette tendance n'est pas significative ($p\text{-value} = 0.3105$).

Tableau 7 Nombres de couples de Tarier des prés recensés dans la Vallée de la Roer par année.

Année	Nombre de couples
2011	41
2012	56
2013	52
2014	61
2015	65
2016	44
2017	40
2018	53
2019	58
2020	50
2021	30
Total	550

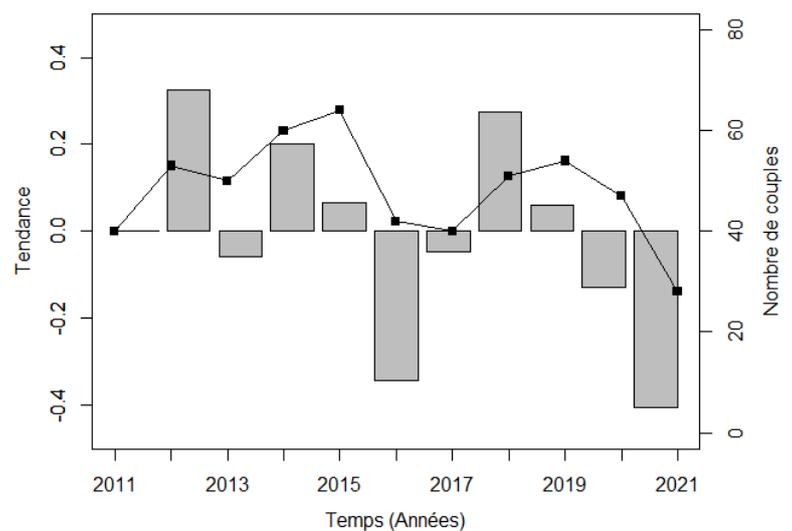


Figure 10 Evolution et tendance du nombre de couples de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer (2011 à 2021).

Il existe une forte variabilité interannuelle du nombre de couples (Figure 10). Certaines années montrent un déclin de la population, notamment en 2016 et 2021, tandis que d'autres montrent une augmentation comme les années 2012 et 2018.

Le nombre maximal de **jeunes** pour la Vallée de la Roer s'est élevé jusqu'à 201 jeunes en 2015 (Tableau 8 et Figure 11). Les années les moins productives furent les années 2016 et 2021 avec respectivement un recensement de seulement 40 et 68 descendants.

Les années 2016 et 2021 sont celles ayant les plus faibles succès reproducteurs avec respectivement 0.95 et 2.43 jeunes par couples (Figure 12).

Tableau 8 Nombres de jeunes Tarier des prés recensés dans la Vallée de la Roer par année.

Année	Nombre de jeunes
2011	131
2012	187
2013	168
2014	194
2015	201
2016	40
2017	127
2018	168
2019	177
2020	151
2021	68
Total	1612

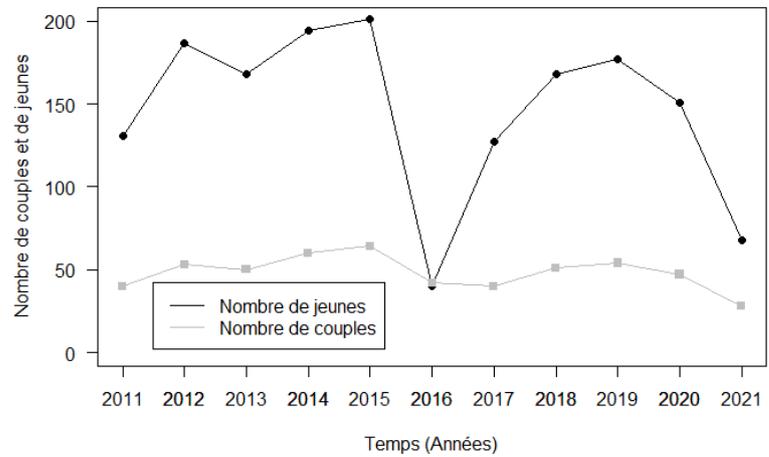


Figure 11 Evolution du nombre de couples et du nombre de jeunes Tarier des prés recensés dans la Vallée de la Roer (2011 à 2021).

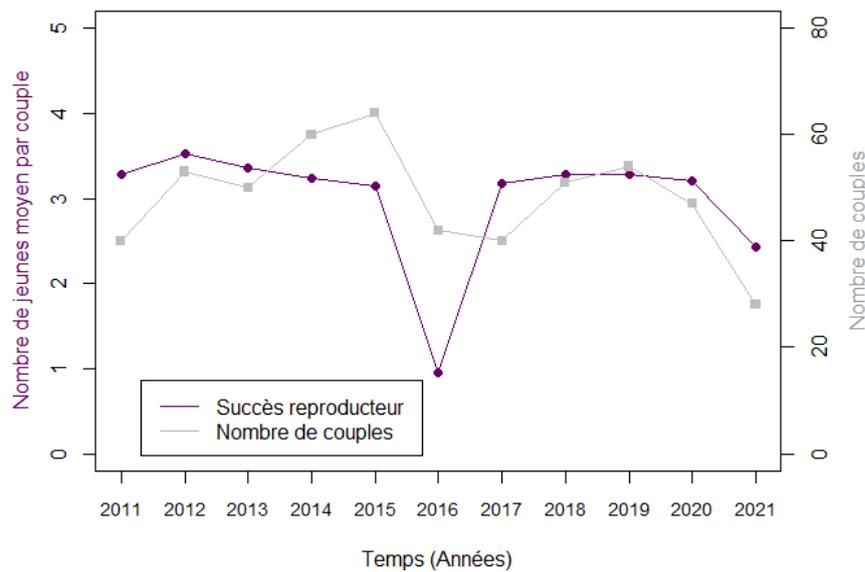


Figure 12 Evolution du succès reproducteur (nombre de jeunes par couple) et du nombre de couples de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer (2011 à 2021).

L'espèce étant connue pour être philopatride, le nombre de couples d'une année a été testé en fonction du nombre de jeunes mais aussi en fonction du succès reproducteur de l'année précédente (Tableau 9).

Tableau 9 Résultats de la relation entre le nombre de couples et le nombre de jeunes et le succès reproducteur de l'année précédente (Voir Annexe 5 A pour voir l'ensemble des résultats du glm).

TEST	GLM testé	Résultats	Conclusion
Corrélation de Pearson	Nb de cpl ~ Nb de jeunes n-1	Corrélation : 0.323 p-value : 0.362	Pas significatif.
Corrélation de Pearson	Nb de cpl ~ SR n-1	Corrélation : 0.337 p-value : 0.340	Pas significatif.
Corrélation de Pearson	Nb de cpl ~ Nb de cpl n-1	Corrélation : 0.168 p-value : 0.644	Pas significatif.
GLM (Poisson)	Nb de cpl ~ Nb de cpl n-1+ Nb de jeunes n-1	Pr(>|z|) cpl n-1 : 0.513 Pr(>|z|) jeunes n-1 : 0.177	Pas significatif.

Nb : Nombre ; Cpl : Couples ; n-1 : de l'année précédente ; SR : Succès Reproducteur.

Tous les tests réalisés dans le Tableau 9 ne montrent aucune significativité. Les p-value sont toutes supérieures au seuil de significativité fixé à 5 %.

2. Evolution de la population en fonction des variations climatiques et du type de gestion

.2.1. Effet des variations climatiques printanières interannuelles

Le modèle prenant en compte les variations climatiques de l'année précédente ne montre aucune influence significative sur le nombre de couples. Cependant, le nombre de jours ayant des températures négatives aurait un effet sur ce nombre de couples (Tableau 10).

Pour ce qui est du succès reproducteur, les précipitations cumulées lors de la période de reproduction semblent influencer négativement le succès reproducteur (Tableau 10).

Tableau 10 Résultats de la relation entre le nombre de couples, la tendance de la population et le succès reproducteur avec les variables climatiques des années n et n-1. (Voir aussi Annexe 5 B, C, D, et E)

GLM testé	Résultats
Nb de cpl ~ Precip cum n-1 + Nb de jours négatifs n-1 + Nb jours vent fort n-1	Rien de significatif.
Nb de cpl ~ Precip cum + Nb de jours négatifs + Nb jours vent fort	Nb de jours négatifs significatif **. Pr(>|z|) = 0.002 Estimate = -3.07e-2
Nb de cpl ~ [METEO]n + [METEO]n-1	Nb de jours négatifs significatif. Pr(>|z|) = 0.001 Estimate = -0.055
SR ~ Precip cum + Nb de jours négatifs + Nb jours vent fort	Precip cum significatif. Pr(>|z|) = 0.002 Estimate = -0.006

.2.2. Intégration de l'effet du type de gestion dans les modèles précédents

.2.2.1. Effet de la gestion sur la population de Tarier des prés

Une première comparaison entre parcelles sans gestion (dites « naturelles ») et parcelles sous contrat MAEC est effectuée. La Figure 13 semble montrer une augmentation du pourcentage de couples de Tarier des prés d'année en année pour les parcelles sous contrat MAEC. Cependant, il semble difficile de dégager une différence significative concernant le succès reproducteur (Figure 14).

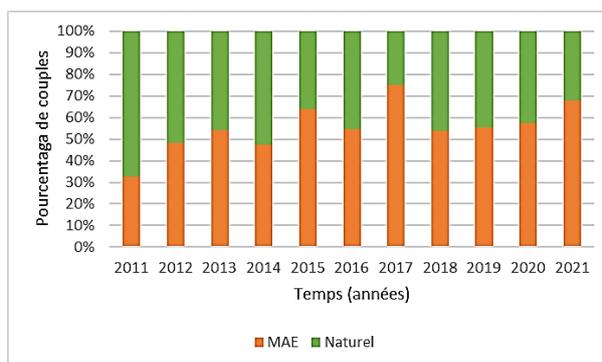


Figure 13 Pourcentage de couples de Tarier des prés par année en fonction du type de gestion.

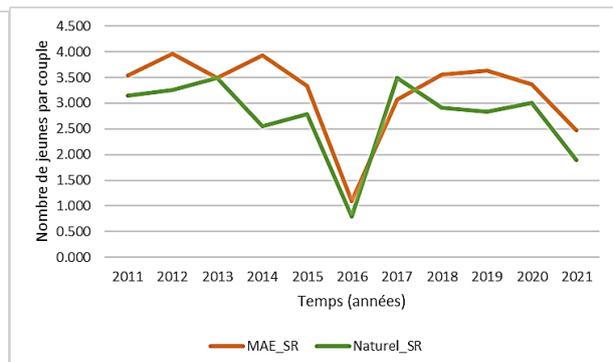


Figure 14 Evolution du succès reproducteur dans les MAEC d'une part et dans les zones naturelles d'autre part dans la Vallée de la Roer.

Les surfaces des parcelles n'étant pas les mêmes, l'utilisation de la densité de couples est plus judicieuse pour les analyses.

Au préalable des tests de Student, des tests de comparaison de variance (var.test pour distributions normales) ont été réalisés. Les p-value étant supérieures à 0.05 (0.7341 pour la densité de couples et 0.9215 pour le succès reproducteur), il n'y a donc aucune différence significative entre les variances des deux groupes d'échantillons (prairies naturelles, MAEC). Par conséquent, des t.test classiques ont été effectués. D'après les boxplots (Figure 15 et 16), il semblerait y avoir une plus grande densité de couples et un plus grand succès reproducteur dans les parcelles sous contrat MAEC comparé aux prairies qui ne sont pas gérées par des agriculteurs. Les tests de Student révèlent en effet une différence significative entre la densité de couples suivant les parcelles sous MAEC ou non mais ne révèlent pas de différence en ce qui concerne le succès reproducteur (Tableau 11).

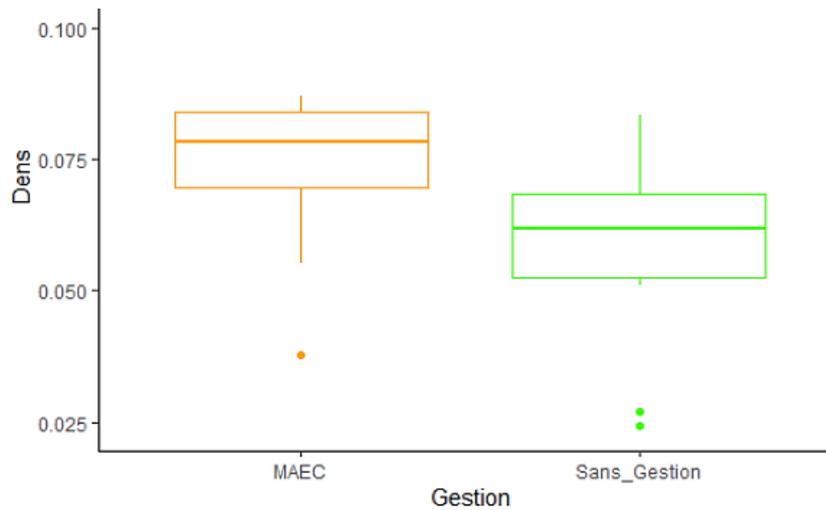


Figure 15 Densité de couples (Dens) de Tarier des en fonction du type de gestion dans la Vallée de la Roer.

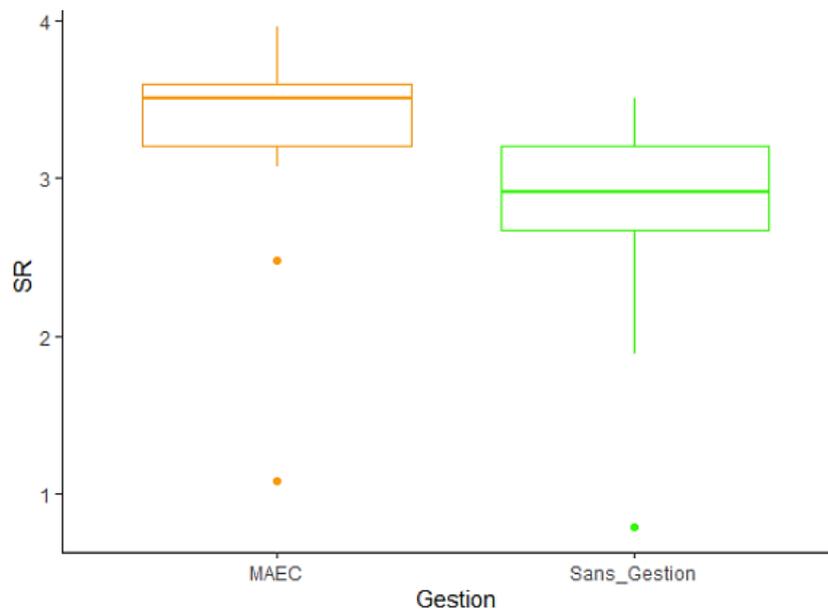


Figure 16 Succès reproducteur (SR) dans les MAEC d'une part et dans les zones naturelles d'autre part dans la Vallée de la Roer.

Tableau 11 Récapitulatif des Tests Student sur la densité de couples et le succès reproducteur dans les parcelles avec ou sans MAEC.

Test de Student	Résultats	Conclusion
Densité de couples dans les parcelles naturelles et densité de couples dans les MAEC.	p-value = 0.033	Différence significative
SR dans les parcelles naturelles et SR dans les MAEC.	p-value = 0.176	Différence non significative

Les résultats ressortant des glm du Tableau 12 montrent que les parcelles sous MAEC et le nombre de jours avec des températures négatives lors de la période de reproduction ont un

effet respectivement positif et négatif sur la **densité de couples**. Cet effet n'est pas significatif pour les parcelles qui ne possèdent pas de MAEC.

Concernant le **succès reproducteur**, la gestion MAEC (confirmé par le graphique de la Figure 14), les précipitations cumulées, le nombre de jours négatifs et le nombre de jours avec du vent fort ont des influences significatives ; positives pour la gestion MAEC et pour le nombre de jours négatifs mais négatives pour le cumul des précipitations et le nombre de jours de vent fort.

Tableau 12 Résultats de la relation entre la densité de couples et le succès reproducteur avec les variables climatiques des années n et $n-1$. (Voir aussi Annexe 5 F et G)

GLM testé	Résultats	Valeur Pr et Estimate
Densité de cpl ~ MAEC_Naturel + [METO] n + [METEO] $n-1$	MAEC significatif	0.002 ** ; 2.400e-2
	J_Negatif significatif	0.006 ** ; -3.075e-3
SR ~ MAEC_Naturel + [METO] n + [METEO] $n-1$	MAEC significatif	0.018 * ; 0.490
	Precip_cum significatif	0.005 ** ; -0.005
	J_Negatif significatif	0.006 ** ; 0.088
	J_Ventfort significatif	0.045 * ; 0.063

.2.2.2. Effet du type de MAEC sur la population de Tarier des prés

Dans cette partie, ce sont seulement les différents types de MAEC qui sont comparés entre eux. Tout d'abord, sur la base d'analyses graphiques, la **densité de couples** (Figure 17) est plus élevée dans les parcelles sous MC4 (fauche) que les autres types de gestion seulement de 2011 à 2015. La densité de couples dans les pâtures est assez faible et celle dans les parcelles où les deux types de gestion sont appliquées semble plutôt constante. Concernant le succès reproducteur (SR), il semble difficile de tirer des conclusions sur simple base graphique (Figure 18).

Que ce soit pour la densité de couple ou le succès reproducteur, les GLM testés révèlent que les gestions combinées fauche et pâturage ont le meilleur effet significatif sur la présence de couples de Tarier et sur leur succès reproducteur (Tableau 13).

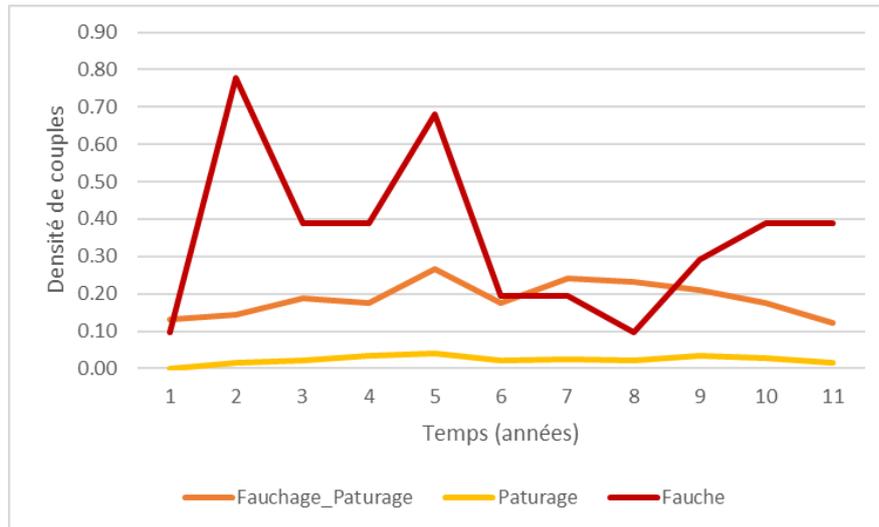


Figure 17 Evolution de la densité de couples (nombre de couples par hectare de surface) de Tarier des prés par gestion dans la Vallée de la Roer.

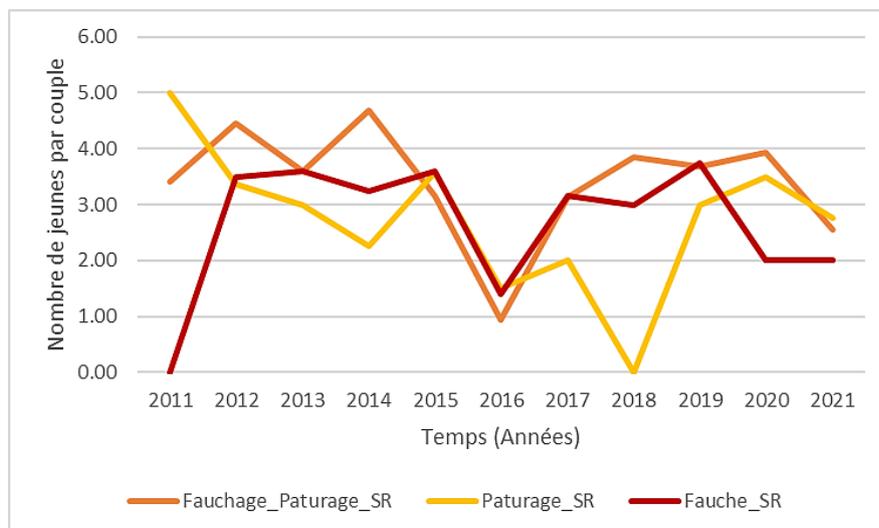


Figure 18 Evolution du succès reproducteur du Tarier des prés par gestion dans la Vallée de la Roer.

Tableau 13 Résultats de l'effet des différents MAEC présentes dans la zone d'étude et des variables climatiques sur la densité de couples et sur le succès reproducteur. (Voir aussi Annexe 5 H et I)

GLM testé	Résultats	Valeur Pr et Estimate
Densité de cpl ~ MAEC appliquée + [METO]n + [METEO]n-1	Fauche_paturage significatif	3.7e-13 *** ; 1.632
SR ~ MAEC appliquée + [METO]n + [METEO]n-1	Fauche_paturage significatif	0.015 * ; 0.907
	Precip cum significatif	0.020 * ; -0.006

.2.3. Analyse PVA

Pour rappel, pour ce type d'analyse, aucun nouvel effort de conservation n'est supposé être mis en œuvre après l'année 2021 et les effectifs sont supposés être indépendants d'une année à l'autre.

Le **taux de croissance** est de **0.9649** (moyenne = -0.03566749 ; variance = 0.07076719) ce qui indique que la population perd en moyenne plus de 3 % de ses effectifs d'année en année.

A partir des paramètres calculés, les simulations graphiques d'une vingtaine de trajectoires sur une durée de 30 ans à partir du dernier comptage montre un nombre assez important de trajectoires tendant vers une extinction de la population (Figure 19).

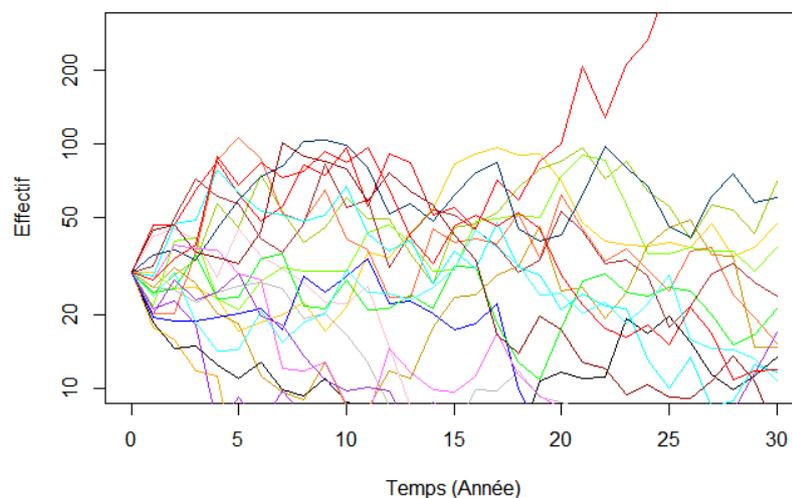


Figure 19 Simulation stochastique en échelle logarithmique où chaque courbe représente une simulation aléatoire de l'évolution de la population de Tarier des prés dans les 30 prochaines années.

La CDF permet de déterminer l'année où une trajectoire atteint pour la première fois le seuil d'extinction (Figure 20). Le seuil quasi d'extinction étant fixé à 10 couples, la probabilité d'atteindre ce seuil est très forte. En estimant les risques d'extinctions après 20 ans, la probabilité d'extinction est de 56%.

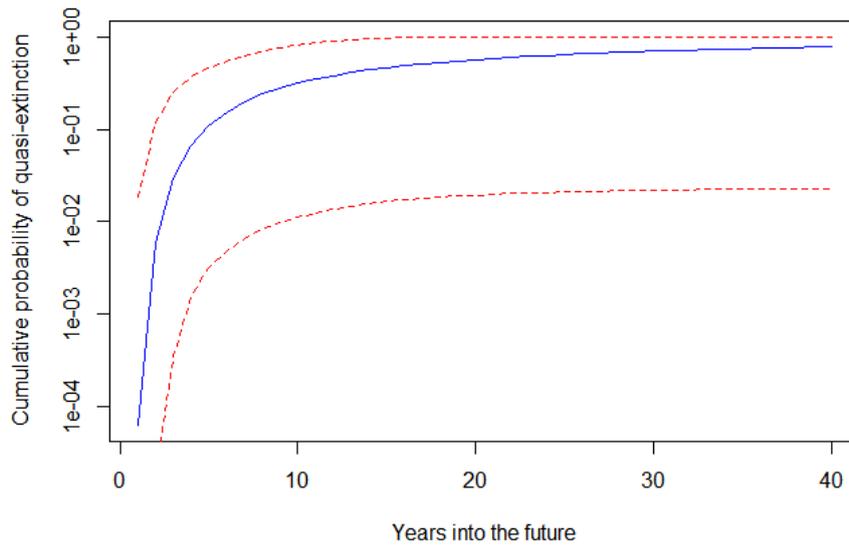


Figure 20 Courbe cumulative de probabilités d'extinction en fonction du temps (CDF).
 (courbe bleu : probabilité d'extinction en fonction du temps ; courbes rouges : intervalles de confiance)

Jusqu'à présent, la taille de la population au dernier comptage (30 couples) a été prise en compte. Pour la suite, différentes tailles de populations initiales ont été testées (Figure 21). Après 40 ans, la population a un risque d'extinction de 25% s'il y a 200 couples dans la population initiale. D'autres tailles initiales de population ont été testées en Annexe 6.

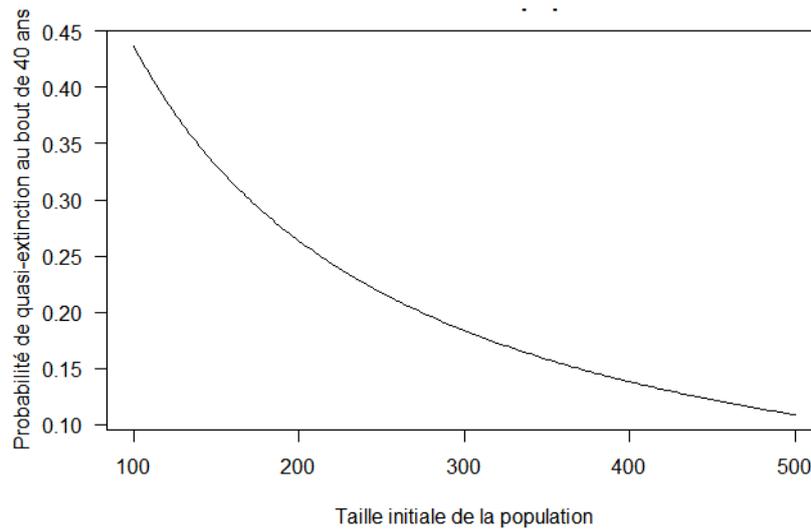


Figure 21 Evolution de la probabilité d'extinction de la population de Tarier des prés à 40 ans selon l'effectif de la population.

Discussion

1. Impacts des variations climatiques sur la population de Tarier des prés

Pendant la période de reproduction, le nombre élevé des journées négatives auraient un effet sur le nombre de couples, alors que les précipitations influeraient sur le nombre de jeunes par couple (succès reproducteur) dans une année (Tableau 10 et Figure 22).

Les années 2016 et 2021 ont été les plus mauvaises en termes de succès reproducteur et de nombre de couples. Le printemps 2016 a accumulé environ 500 mm de pluie (200 et 300 mm de plus que les autres années) tandis que les années 2016, 2017 et 2021 comptabilisent le plus de journées en températures négatives (12, 15 et 15 jours). Les résultats semblent alors cohérents : plus il y a de jours avec des températures inférieures à zéro, moins il y a de couples qui se cantonnent. Et plus il y a de pluie, moins le succès reproducteur est élevé. Le succès reproducteur de l'année 2017 s'explique par des précipitations similaires aux années qui ont été favorables à la reproduction du Tarier des prés.

Le Tarier des prés possède des exigences particulières notamment en matière de végétation, de disponibilité en ressources alimentaires et en perchoirs (Figure 22). Plusieurs explications peuvent alors découler de ces résultats :

Les conditions climatiques au printemps ont une forte influence sur la **croissance et le développement de la végétation** (Roovers, s. d.; Szczodry et al., 2020). Les **perchoirs naturels** (ombellifères) sont alors aussi affectés. Il est précisé dans l'article de Border (2016) que l'espèce a une préférence pour les vallées possédant de nombreux perchoirs. Par ailleurs, dans les articles de Border (2016) et Broyer (2011), il est prouvé que le nombre d'oiseaux augmente avec la quantité de végétation (hauteur, densité et structure diversifiée). Les faibles températures et les précipitations retardant le développement de la couche herbacée, entraînent également un retard dans l'éclosion des **insectes** et par conséquent leur abondance dans le temps (Andersson, 1981). Au retour de la migration qui a été éprouvante en termes d'énergie, l'oiseau a des besoins en ressources alimentaires qu'il ne pourra donc pas trouver si l'abondance en insectes est faible. En outre, le nombre de mâles solitaires trouvés chaque année ne semble pas augmenter lors des années où les conditions sont

défavorables. Il existe donc une réelle diminution du nombre d'individus dans ces mêmes années. L'**attractivité** des prairies en retour de migration en est alors affectée et pourrait donc contribuer à une diminution du nombre de couples et du succès reproducteur.

De plus, la **disponibilité en nourriture** est importante dès le matin puisque les jeunes ne sont pas nourris la nuit, les adultes sont alors à la recherche de ressources alimentaires dès l'aube. Les faibles températures matinales vont engendrer un décalage entre la phénologie des insectes et celle du Tarier des prés et donc impacter le nourrissage des jeunes. Sur les sites de reproduction, les coûts et pressions abiotiques peuvent entraîner une diminution de la survie et ce, plus qu'en hiver (Blackburn & Cresswell, 2016). Cependant, il n'existe que peu de données concernant la condition des oisillons (Border et al., 2016).

La végétation est également importante pour la **dissimulation des nids** : une certaine densité et hauteur de couche herbeuse est nécessaire afin de réduire le risque de prédation. Cependant, la structure de la végétation et la disponibilité en nourriture peuvent aussi déterminer la densité de **prédateurs** (Border et al., 2016).

De manière générale, les prédateurs généralistes et opportunistes (corvidés, renards, mustélidés, etc.) sont en augmentation et favorisés par divers facteurs. L'augmentation du nombre de corvidés notamment peut avoir un impact négatif sur la population de Tarier des prés (Reuter & Jacob, 2015) et la prédation nocturne (notamment par les Corvidés) est identifiée comme la principale cause d'échec de la reproduction (Border et al., 2016). L'ensemble de ces éléments peut contribuer à la baisse du succès reproducteur dans les années les plus critiques.

Outre l'impact local sur la végétation au sein des sites de reproduction, les conditions climatiques vont aussi avoir un effet sur le Tarier des prés lors de la **migration** (Blackburn & Cresswell, 2016). Les précipitations, en particulier, sont un facteur engendrant une perte de visibilité et donc une réduction de la capacité à s'orienter de manière visuelle (Schaub et al., 2013).

Statistiquement, aucune corrélation n'a été significative entre le nombre de couples d'une année et les nombres de couples et de jeunes de l'année précédente. L'espèce étant philopatricienne, le résultat inverse était attendu. Par ailleurs, une interview de Bruno Portier

dans le livret AGRINATURE TARIER précise que la mortalité dans les quartiers d’hivernage est négligeable. Cela signifie donc bien qu’une grande part de la mortalité provient de la migration et des conditions météorologiques à l’année n.

Le changement climatique tend à produire des conditions extrêmes plus fréquemment (« Rapport du Giec », 2021). Face aux changements climatiques, les espèces dont le Tardier des prés, ont tendance à arriver plus tôt sur les aires de reproduction (Mugabo, 2006) mais la phénologie de l’écosystème dont il dépend n’est pas forcément synchronisée (peu d’insectes à de si faibles températures ; développement avancé de certains insectes si printemps précoce).

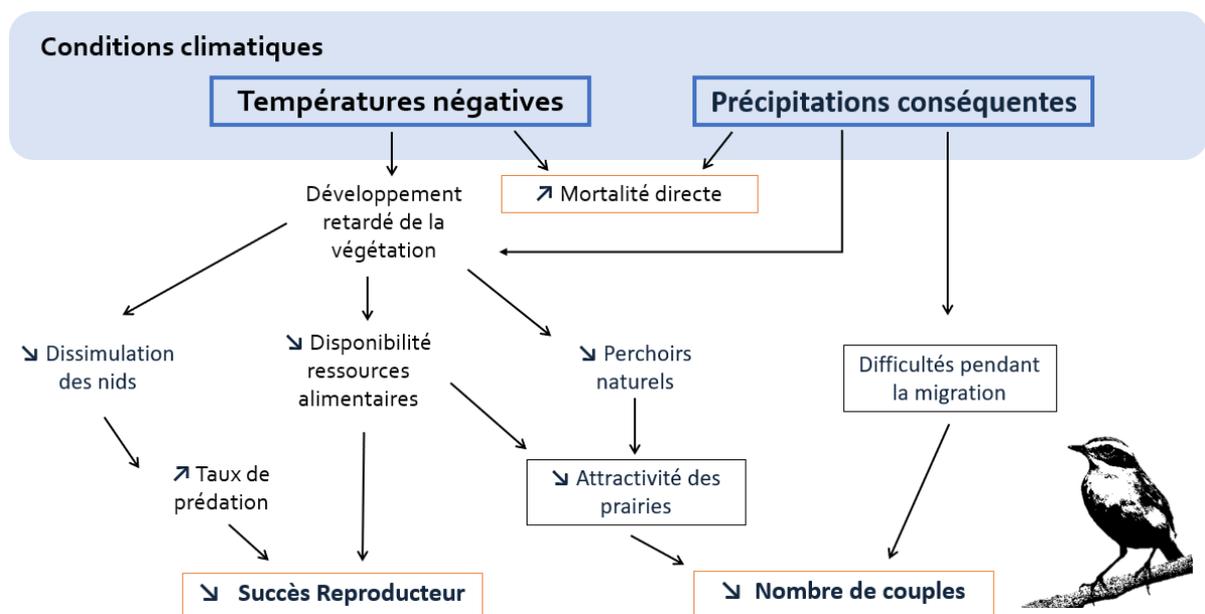


Figure 22 Principales réponses face aux températures négatives et aux précipitations conséquentes. La mortalité due aux conditions climatiques affecte le succès reproducteur et le nombre de couples. (Figure élaborée à partir des différents éléments évoqués précédemment)

2. Impact du type de gestion appliqué dans les parcelles

L’intégration des modes de gestion appliqués dans les différentes parcelles dans les modèles de la zone d’étude indique une **efficacité des MAEC** d’année en année par rapport aux zones prairiales sans gestion (Tableau 12).

Certaines parcelles au sein de la zone d’étude qui étaient anciennement des prairies ne sont plus soumises à l’exploitation agricole. Lorsqu’une prairie n’est plus gérée ou est laissée à l’abandon, elle est soumise à la dynamique de la végétation. Une certaine diversité floristique

se développe assez rapidement après la fin de l'exploitation. Cependant, au cours du temps, la **molinie** (*Molinia caerulea*), qui est une graminée sociale, tend progressivement à dominer la végétation, empêchant d'autres espèces de s'installer. Plus tard, ce sont les **ligneux** qui se propageront et **refermeront petit à petit le paysage**. Cela a pour conséquence une **réduction de la diversité** floristique des parcelles et également une **modification de la structure** de la végétation notamment en termes de perchoirs naturels (il en est de même pour les cirses du genre *Cirsium*). Une diminution de la diversité floristique entraîne la **diminution de la faune entomologique**. Cette évolution est alors problématique pour l'installation des Tariers ainsi que pour leur succès reproducteur.

Les MAEC quant à elles, sont des parcelles agricoles gérées de manière **extensive** où les ligneux et la molinie ne se développent pas ou peu. Les contrats présents sur la zone d'étude sont les MC4 (« Prairie de haute valeur biologique ») et MB9 (« Autonomie Fourragère »). Les prairies sont permanentes et laissent alors une diversité floristique identique d'année en année. Si la fauche a lieu dans ces parcelles, un maintien d'une **zone refuge** doit avoir lieu. Cette zone refuge permet aux insectes de s'y cantonner et alors constituer une ressource alimentaire continue pour le Trier des prés. Elle joue également un rôle important pour la recolonisation d'une parcelle après le retour du Trier au printemps : les perchoirs sont maintenus et la végétation offre une protection face aux conditions météorologiques difficiles (vent, pluie) en avril et mai. De plus, la fauche n'est autorisée qu'après le 15 juillet ce qui est alors adapté aux nichées tardives ou aux pontes de remplacement. Cette date a été vérifiée par Gerhard Reuter au début du projet Trier en 2012 et 2013. Un échantillon de nids suivis a montré que la sortie des jeunes a eu lieu respectivement en 2012 le 7 juillet et 2013 le 13 juillet. Cette date est aussi favorable pour de nombreuses plantes et insectes (Broyer, 2011). Le pâturage est aussi possible, mais la charge de bétail est limitée laissant ainsi la possibilité à la végétation de pouvoir se régénérer rapidement. L'interdiction des produits phytosanitaires préserve les insectes et les déjections naturelles du bétail fertilisent le sol.

Cependant, l'attractivité de certains types d'aménagement dépend de l'espèce en question. Pour le Trier des prés, la gestion combinée de la **fauche et du pâturage** a été décelée dans ce mémoire comme la plus efficace en termes de densité de couples et de succès reproducteur (Tableau 13).

Selon Augiron (2012), une **association de contrats** peut moduler l'efficacité des MAEC : il existe un effet additif, voire multiplicatif des MAEC sur l'habitat. L'efficacité de l'association des contrats MC4 et MB9 peut alors s'expliquer. L'apport de fertilisants (naturels seulement : fumier, lisier et purin) dans les prairies sous contrat étant limité à deux fois sur la durée du contrat (5 ans), le pâturage est un bon moyen d'apporter de la matière organique au sol et donc aider la végétation à se développer. Cela pourrait donc jouer sur l'attractivité des prairies pour le Tarier en retour de migration. Par ailleurs, les modèles ont en effet identifié un effet positif de cette pratique sur la densité de couples.

Les parcelles agricoles dans la zone d'étude sont **clôturées** pour la plupart. Les perchoirs naturels sont préservés plus longtemps dans les parcelles de fauches tardives ou dans les zones de refuge laissées intactes. Cependant, ils ne sont pas toujours suffisants et cette délimitation des parcelles par des clôtures fournit alors de bons **perchoirs artificiels**.

Broyer, dans un de ses articles (Broyer, 2011), mentionne que le taux d'échec de la nidification est estimé à 24 % avec pour cause la fauche trop précoce au regard de la phénologie du Tarier des prés. Une **fauche tardive** joue alors un rôle important pour la sauvegarde des nids. Mais également pour les jeunes volants qui, après la fauche, accompagnés des adultes, trouvent un terrain de nourrissage plus évident dans une végétation moins haute (Reuter et al., 2014). Le succès reproducteur est donc en jeu. Dans ce même article de Broyer, il est énoncé que les Tariers ont tendance à sélectionner des sites où la structure de la prairie leur semble optimale. Il a été démontré que l'extensification des pratiques agricoles favorise la diversité spécifique animale et végétale (Augiron, 2012). Ces éléments ne sont pas négligeables pour l'attractivité des prairies et l'alimentation des familles de Tarier des prés (Figure 23).

Bien qu'elles soient efficaces à l'échelle locale, les MAEC ne suffisent pas à stopper le déclin de l'avifaune agricole à l'échelle régionale en raison d'une proportion trop faible, d'une répartition disparate sur le territoire et qu'elles sont peu ciblées de manière optimale (Derouaux & Paquet, 2018). Leur réelle efficacité réside dans la création d'un réseau de MAEC sur plusieurs kilomètres carrés (Derouaux & Paquet, 2018; Reuter et al., 2021). Les MAEC sont un moyen parmi d'autres d'apporter une amélioration. Il faut combiner tous les moyens disponibles : MAEC, réserves naturelles et une gestion ciblée en faveur du Tarier, Natura2000,

restauration, etc. Pour cela il faut mettre ensemble tous les acteurs du terrain : autorités compétentes (DNF), naturalistes, NATAGRIWAL, Parc naturel, NATURA 2000, et les agriculteurs.

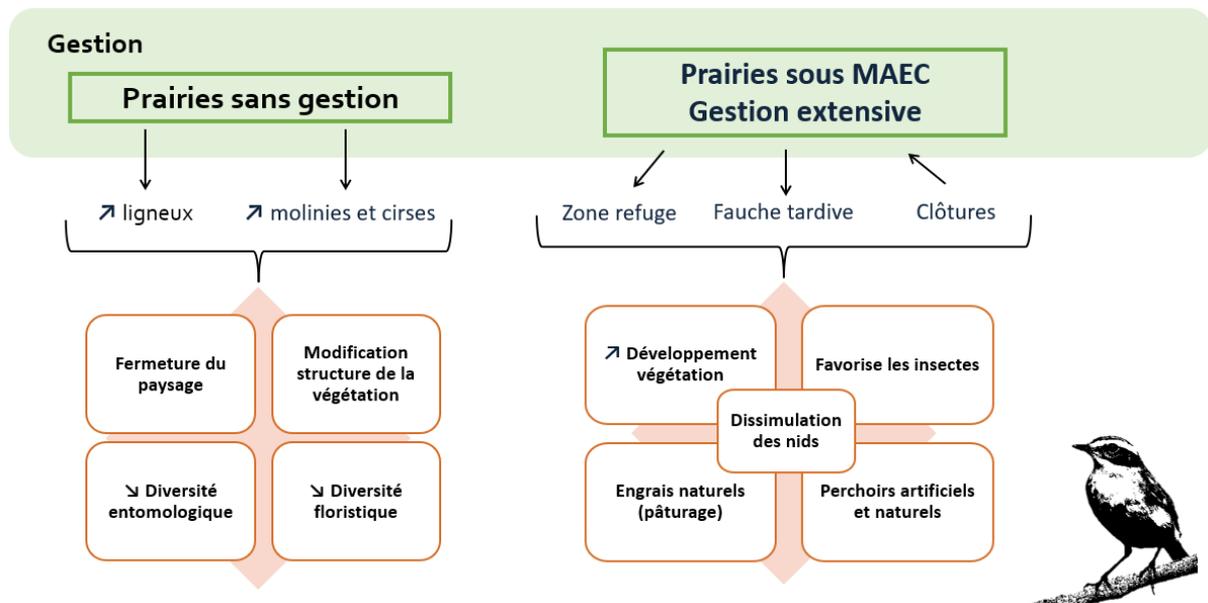


Figure 23 Principales réponses de l'environnement face aux parcelles laissées au naturel (voire à l'abandon) et face aux parcelles sous contrat MAEC.

Figure élaborée à partir des différents éléments évoqués précédemment.

3. Evolution de la population si aucun effort supplémentaire de conservation n'est envisagé

L'année 2021 comptabilise 30 couples. L'analyse de viabilité de la population indique de grands risques d'extinction (56 %) dans 20 ans si aucun nouvel effort de conservation n'est fait et si les conditions climatiques ne sont pas en faveur d'une augmentation du nombre de couples et du succès reproducteur.

D'après les observations des ornithologues, la situation devient sans espoir dans une zone si le nombre de couples descend en-dessous de cinq voire dix couples (G. Reuter, communication personnelle). Cela a pu notamment être observé dans la vallée de l'Emmels et dans la vallée supérieure de la Warche où les populations semblent être éteintes.

Ces résultats sont à prendre avec du recul. En effet, la population de Tarier des prés de la plaine militaire d'Elsenborn est adjacente à la Vallée de la Roer. Des échanges entre les deux secteurs sont alors possibles.

Dans cette plaine militaire, la gestion poussée est tournée en faveur de la sauvegarde du Tarier des prés et représente la plus grande population de Tarier des prés en Belgique. Le DNF, via le cantonnement d'Elsborn, concentre la gestion avec des mesures adaptées : feu contrôlé, étrepage, fauchage avec implication d'agriculteurs locaux, déboisement et maintien du caractère ouvert du paysage. Une augmentation de 30 % en 2015 a été perçue grâce à ces mesures ciblées (Dahmen, 2015). La création d'un couloir entre les deux sites est réalisée depuis 2021 car il a été démontré que les Tariers réagissent très rapidement et positivement à toutes les ouvertures du paysage à proximité des populations centrales (Dahmen, 2015).

4. Biais potentiels

.4.1. Biais sur l'ensemble des données

Le suivi de la population de Tarier des prés dans la Vallée de la Roer de 2011 à 2021 ainsi que la synthèse des territoires de chaque couple ont été réalisés par le même observateur. De cette manière, le biais observateur est limité. Par ailleurs, l'estimation de la population est fiable puisque le suivi est réalisé quotidiennement dans la zone d'étude pendant la période de reproduction.

Les données climatiques quant à elles ont été fournies par l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigi. Il existe quelques différences entre les conditions au niveau de la station et celles au niveau de la zone d'étude notamment en termes de températures minimales légèrement plus faibles (Tricot C., communication personnelle), cependant ces variations sont négligeables.

Les résultats concernant l'impact positif de la fauche tardive et du pâturage de regain, en comparaison avec la fauche uniquement, pourraient être nuancés par la très faible proportion des parcelles soumises actuellement à la fauche. Les parcelles où seule la fauche(MC4) est d'application ne représentent environ que 10 ha (1%) en comparaison de 90.57 ha (12%) pour fauche et pâturage.

.4.2. Biais sur les méthodes

Dans ce mémoire, la variable « succès reproducteur » a été définie comme suivant une loi normale. Hors en réalité, selon le test de Shapiro-Wilk, ce n'est pas le cas. Les résultats qui découlent de cette analyse sont donc à prendre avec du recul.

Par ailleurs, le jeu de données ne se compose que de onze années, ce qui est peu pour définir la distribution exacte des données.

D'autres variables pourraient également entrer en compte dans les analyses et donc modifier l'interprétation effectuée :

- La couche neigeuse en hiver pourrait influencer la végétation en plus des températures négatives. En cas d'abondance de neige en hiver, celle-ci fait tomber les perchoirs (ombellifères) qui se trouvent au ras du sol et ne peuvent plus servir comme perchoirs lors du retour des Tariers. Cet effet devrait être pris en compte.
- Il aurait aussi pu être intéressant de garder les différentes catégories de vent mais celui-ci peut être très variable dans une même journée.
- Il existe une territorialité inter- et intraspécifique pour le Tardif des prés en particulier pendant la période de nidification. Si les parcelles sont peu favorables et peu attractives pour l'espèce, il se pourrait qu'une compétition intraspécifique ait lieu pour les parcelles favorables. La limitation de l'espace serait un facteur à prendre en compte chaque année. La compétition avec d'autres espèces pourrait aussi entrer en jeu.
- Ensuite, il se pourrait que l'espèce soit exigeante en termes d'associations d'habitats différents avec d'une part des zones de nidification et d'autre part des zones d'alimentation.
- D'autres variables pourraient entrer en compte dans la densité de couples comme la présence de cours d'eau et de routes ou encore l'effet de lisière des forêts et les obstacles comme les arbustes dans les prairies.

La durée de contrat peut être écartée des biais car les prairies ont toutes été mises sous contrat à la même période (pour la grande majorité). Cependant, l'état de la parcelle avant le contrat a une importance dans l'évolution et le développement de la végétation. Il existe en effet une capacité de résilience différente selon l'origine de la parcelle.

Conclusions et perspectives

Pour répondre aux hypothèses de départ :

- La variabilité interannuelle est tellement marquée qu'il est impossible de définir un quelconque accroissement de la population ni même une augmentation du succès reproducteur d'année en années.
- Une diminution du succès reproducteur dans les années de conditions extrêmes (précipitations importantes et températures négatives) était attendue et par conséquent une diminution du nombre de couples l'année suivante. La diminution du succès reproducteur a en effet été démontrée sous supposition d'une distribution normale. Cependant le lien entre les années n'a pas pu être prouvé, probablement à cause de l'importance de la mortalité survenant lors de la migration.
- Enfin, l'hypothèse d'une augmentation du nombre de couples et du succès reproducteur dans les parcelles sous contrat MAEC en comparaison avec le milieu naturel à quant à elle été vérifiée. En particulier lorsque la gestion pratiquée est une fauche tardive puis un pâturage de regain en fin de saison.

Il a été observé un nombre de couples plus faible en 2021 que lors du début du projet. Les conditions climatiques influençant négativement le nombre de couples puis possiblement le succès reproducteur, les effets positifs des MAEC n'ont alors pas été significatifs pour la population pour cette année 2021.

Cette étude montre que les facteurs météorologiques ont leur importance dans la survie du Tarier des prés. Des 23 zones étudiées depuis le début du projet, seule la Vallée de la Roer abrite encore une population de Tarier des prés. Il semblerait donc que le projet soit arrivé trop tard pour les autres zones. Il est donc nécessaire de cibler les actions de conservation, d'identifier au mieux les préférences et besoins de l'espèce ainsi que ses exigences en termes d'habitats.

La conservation du Tarier des prés nécessite l'intervention de divers acteurs et dans notre cas, la conservation du Tarier des prés via le Projet Tarier dans nos régions nécessite d'avoir un contact avec les agriculteurs, des agents du DNF, des techniciens de Natagriwal et le personnel du parc naturel des Hautes Fagnes. Il est important de créer un réseau de collaborateurs pour

que les mesures soient efficaces. Un travail continu de communication avec ces différents acteurs doit être mené afin de préserver les milieux qui ont un potentiel pour la nidification du Tarier des prés.

Les Mesures Agro-Environnementales doivent être attractives pour les Tariers mais aussi pour les agriculteurs (Laudelout et al., 2020) sans que cela ne leur apporte une perte de revenu. Les agriculteurs qui ont peu de surface ont souvent plus de difficultés à rentrer dans ce type de projet à cause de la perte de production. De plus, diminuer cette production peut potentiellement provoquer une perte de revenu en achetant du fourrage par exemple ; chose que le subside ne compense pas toujours. Les plus grandes exploitations quant à elles, peuvent se permettre de réduire leur production. Et l'achat externe est possible. Toutefois, cela peut aussi provoquer une exportation de l'intensification agricole (Stein-Bachinger & Fuchs, 2012).

Ce mémoire constitue un premier bilan de plus de 10 ans de Projet Tarier. Pour approfondir les résultats de ce mémoire, il est suggéré :

- D'analyser la végétation en matière de hauteur, de diversité et de structure de la zone d'étude ;
- De réaliser des inventaires des proies afin d'identifier si l'espèce s'installe préférentiellement dans les parcelles où il y a le plus de proies : mesures de l'abondance, de la richesse des ordres et de la biomasse ;
- D'analyser l'attractivité des perchoirs dans la zone d'étude. Dans le cadre du Projet Tarier, des piquets en bambou sont installés dans les parcelles où un manque de perchoirs naturels est observé en début de saison. L'analyse de fréquentation de ces perchoirs pourrait être un bon moyen d'identifier la pertinence de ce dispositif.

Un baguage pourrait être un bon moyen de suivi de population de Tariers des prés dans les quartiers d'hivernage et de reproduction et permettrait d'avoir une estimation de la survie et de la mortalité durant la migration. Cependant, en s'approchant des nids, la notion de « protection » est détruite et un tel acte favoriserait la prédation notamment par les Corvidés et compromettrait le succès de la nichée. L'étude portant sur le dernier bastion de cette espèce, un tel risque n'est pas envisageable.

Pour conclure, un projet va être mené en 2022 pour étréper une grande partie de la zone d'étude (60 hectares). Les travaux ont pour but, d'ouvrir le paysage, de retirer la molinie pour y semer des graines provenant de la plaine militaire d'Elsenborn mais aussi de créer des prairies humides en installant des digues dans la vallée. Des études pourraient alors débiter afin de constater les effets de ces travaux.

Bibliographie

- Amengual, E. (2012). *Whinchat, Saxicola rubetra*.
- Andersson, M. (1981). Central Place Foraging in the Whinchat, *Saxicola Rubetra*. *Ecology*, 62(3), 538-544. <https://doi.org/10.2307/1937718>
- Augiron, S. (2012). *Evaluation des outils de conservation de la biodiversité en milieu agricole : Cas des Zones de Protections Spéciales et des Mesures Agro-Environnementales— Biodiversité*. Poitiers.
- Barshep, Y., Ottosson, U., Waldenström, J., & Hulme, M. (2012). Non-breeding ecology of the Whinchat *Saxicola rubetra* in Nigeria. *Ornis Svecica*, 22(1–2), 25-32. <https://doi.org/10.34080/os.v22.22591>
- Bellayachi, A., Cuvelier, C., Dejemeppe, J., Généreux, C., Maes, E., Marzo, G., Renard, V., & Thiry, V. (2017). *Rapport sur l'état de l'environnement wallon 2017* (p. 368). SPW. <http://etat.environnement.wallonie.be>
- Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole, L., & Crick, H. Q. P. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations : A historical study over three decades: Farming, insect and bird populations. *Journal of Applied Ecology*, 39(4), 673-687. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00745.x>
- Besançon, T., Bizet, D., Bouchheid, T., Combrisson, D., & Crouzier, O. (2002). *Chronique ornithologique 1997-98* (N° 32; p. 60). Milvus.
- Blackburn, E., & Cresswell, W. (2016). High within-winter and annual survival rates in a declining Afro-Palaeartic migratory bird suggest that wintering conditions do not limit populations. *Ibis*, 158(1), 92-105. <https://doi.org/10.1111/ibi.12319>

- Border, J. A., Henderson, I. G., Redhead, J. W., & Hartley, I. R. (2016). Habitat selection by breeding Whinchats *Saxicola rubetra* at territory and landscape scales. *Ibis*, 159(1), 139-151. <https://doi.org/10.1111/ibi.12433>
- Broyer, J. (2011). Long-term effects of agri-environment schemes on breeding passerine populations in a lowland hay-meadow system. *Bird Study*, 58(2), 141-150. <https://doi.org/10.1080/00063657.2010.543645>
- Collard, R., & Bronowski, V. (1977). *Guide du Plateau des Hautes Fagnes* (Amis de la Fagne). <http://biodiversite.wallonie.be/nl/collard-r-et-bronowski-v-1977-guide-du-plateau-des-hautes-fagnes-les-amis-de-la-fagne-a-s-b-l-verviers-509-pp.html?IDD=167775971&IDC=3046>
- Coppée, J.-L. (1998). *Le Traquet tarier (Saxicola rubetra) dans le sud de l'Entre-Sambre-et-Meuse : Évolution et résultats de l'enquête 1977-1998*. 6.
- CPDT. (2014). L'Ardenne centrale, La Thiérache. In *Atlas des Paysages de Wallonie* (SPW-DGO4 – Aménagement du Territoire).
- Dahmen, R. (2015). Maßnahmen zum der letzten wichtigen Braunkehlchen-population Belgiens. In *Living on the Edge of Extinction in Europe. Proc. 1st European Whinchat symposium*. (Hans-Valentin&Jügen Feulner, p. 233-242).
- Dehem, C. (2018). *Statut en 2016, dynamique de population et mesures de conservation*. 104.
- Dejaifve, P.-A. (1994). *Ecologie et comportement d'un migrateur paléartique, le Traquet tarier Saxicola rubetra (L.) au Zaïre et sa répartition et sa répartition hivernale en Afrique*.
- Demaret, P. (1969). *Présence du Traquet Tarier (Saxicola rubetra) et du Bruant des Roseaux (Emberiza schoeniclus) dans les milieux humides de l'Ardenne orientale*. 9.

- Derouaux, A., & Paquet, J.-Y. (2018). *L'évolution préoccupante des populations d'oiseaux nicheurs en Wallonie : 28 ans de surveillance de l'avifaune commune*. 31.
- Derouaux, A., Reuter, G., & Jacob, J.-P. (2016). Le tarier des prés en son bastion ardennais. *Natagora*, 74, 32.
- Donald, P. F., Green, R. E., & Heath, M. F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1462), 25-29. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1325>
- Dua, J. (2013). *Winterwaarneming van een Paapje in Viersel*. 2.
- Froment. (1992). *Evolution d'un paysage ardennais*.
- Gariboldi, A., & Ambrogio, A. (2018). *Le comportement des oiseaux d'Europe* (Les Editions de La Salamandre).
- Gavroye, J. (1999). *Histoire et Evolution au XXe siècle en Haute Ardenne*. https://www.bibliomania.be/item/12005817/histoire_et_evolution_au_xxe_siecle_en_haute_ardenne
- Goulson, D. (2019). The insect apocalypse, and why it matters. *Current Biology*, 29(19), R967-R971. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.069>
- Grooten, M., & Petersen, T. (2020). *Living Planet Report—2020: Bending the curve of biodiversity loss*. (p. 48).
- Houben, S., Brinks, H., Salomons, J., Thorsted, M. D., Michel, V., Molendijk, L., & Schlathoelter, M. (2020). *ROTATION DES CULTURES: INFORMATIONS PRATIQUES*. 6.
- Hume, R., Lesaffre, G., & Duquet, M. (2011). *Oiseaux de France et d'Europe* (Larousse LPO).

La politique agricole commune en bref. (s. d.). [Text]. Commission européenne - European Commission. Consulté 27 juin 2021, à l'adresse https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_fr

L'agriculture wallonne en chiffres. (2020). SPW.

Laudelout, A., Goulem, N., Reuter, G., Walot, T., & Paquet, J.-Y. (2018). *Evaluation et appui ornithologique dans le cadre de la politique agricole commune et particulièrement des méthodes agro-environnementales, rapport final de subvention.* Natagora et SPW – DGARNE – DGO3.

Laudelout, A., Paquet, J.-Y., Causse, F., Lledo, A., Robert, V., & Walot, T. (2020). *Sauvegarde d'une population de Bruant proyer *Emberiza calandra* à l'aide de mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) dans une zone d'agriculture intensive de Hesbaye.* 24.

Loi relative au remembrement légal de biens ruraux, (1970). https://wallex.wallonie.be/files/pdfs/0/Loi_relative_au_remembrement_l%C3%A9gal_de_biens_ruraux_14-09-1970-30-04-1991.pdf

Mugabo, M. (2006). *Flux migratoire de quatre espèces de passereaux migrateurs trans-sahariens au Cap Corse : Influence des conditions météorologiques locales et tendances à long terme.* (p. 26).

Natagriwal, *Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques en quelques mots.* (2019, juin 17). [Text]. Natagriwal. <https://www.natagriwal.be/fr/mesures-agro-environnementales/en-quelques-mots>

Paquet, J.-Y., & Jacob, J.-P. (2011a). *Breeding avifauna in the heart of Europe : The Breeding Bird Atlas of Wallonia(Belgium) 2001-2007.* 18.

- Paquet, J.-Y., & Jacob, J.-P. (2011b). Liste rouge 2010 des oiseaux nicheurs. In *Atlas des oiseaux nicheurs de Wallonie 2001-2007* (Aves).
<http://biodiversite.wallonie.be/servlet/Repository/2010-listerouge.pdf?ID=21119>
- Rapport du Giec : Les phénomènes climatiques extrêmes se multiplient. (2021, août 9). *La Croix*. <https://www.la-croix.com/Rapport-Giec-phenomenes-climatiques-extremes-multiplient-2021-08-09-1201170104>
- Reuter, G., & Jacob, J.-P. (2015). Der ruckgang des Braunkehichens (*Saxicola rubetra* L.) in Belgien und gegenmaßnahmen am beispiel des rurtales. In *Living on the Edge of Extinction in Europe. Proc. 1st European Whinchat symposium*. (LBV Hof, p. 243-254).
- Reuter, G., Jacob, J.-P., & Demeter, S. (2021). *LE TARIER DES PRÉS (Saxicola rubetra)*.
- Reuter, G., Jacob, J.-P., & Paquet, J.-Y. (2014). *Avifaune et Méthodes agro-environnementales : Mise en œuvre d'actions spécifiques pour la sauvegarde du Tarier des prés (Saxicola rubetra)*. 111.
- Robinson, R. A., & Sutherland, W. J. (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*, 39(1), 157-176.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00695.x>
- Roovers, T. (s. d.). *Les effets de la température de l'air sur les végétaux | CANNA CANADA*. Consulté 12 août 2021, à l'adresse https://www.canna.ca/fr-ca/les_effets_de_la_temperature_de_lair_sur_les_vegetaux
- Schaub, G., Gremaud, J., Studer, J., Koenig, P., & Ayé, R. (2013). *La survie du Tarier des prés Saxicola rubetra dans la vallée de l'Intyamoune dépend de réformes dans la politique agricole*. 10.

Schmidt, K., & Hantge, E. (1954). Studien an einer farbig beringten Population des Braunkehlchens (*Saxicola rubetra*). *Journal für Ornithologie*, 95(1-2), 130-173. <https://doi.org/10.1007/BF01951433>

Second pilier de la PAC : La politique de développement rural | Fiches thématiques sur l'Union européenne | Parlement européen. (s. d.). Consulté 23 juillet 2021, à l'adresse <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/110/second-pilier-de-la-pac-la-politique-de-developpement-rural>

Sotherton, N. W. (1998). Land use changes and the decline of farmland wildlife : An appraisal of the set-aside approach. *Biological Conservation*, 83(3), 259-268. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00082-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00082-7)

Stein-Bachinger, K., & Fuchs, S. (2012). Protection strategies for farmland birds in legume–grass leys as trade-offs between nature conservation and farmers' needs. *Organic Agriculture*, 2(2), 145-162. <https://doi.org/10.1007/s13165-012-0029-4>

Svenson, L., Mullarney, K., & Zetterström, D. (2014). *Le Guide Ornitho*. Delachaux et Niestlé.

Szczodry, O., Eggermont, H., Paquet, J.-Y., Herremans, M., & Luyten, S. (2020). *Rapport Planète Vivante—La Nature en Belgique*. WWF.

Tarier des prés, Saxicola rubetra (Linné, 1758) (Cahiers d'Habitat « Oiseaux » - MEEDDAT-MNHN – Fiche projet). (s. d.).

Tarier des prés (Saxicola rubetra)—Fiche d'information sur les espèces BirdLife. (s. d.). Consulté 23 juin 2021, à l'adresse <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/whinchat-saxicola-rubetra>

Tucker, G. (1999). Measuring the impacts of agriculture on biodiversity. In *Environmental Indicators and Agricultural Policy* (p. 89-103). CABI.

Van Der Steen, D. (2017). *Histoire de la construction et du démantèlement des instruments d'appui à l'agriculture familiale.*

WalOnMap | Géoportail de la Wallonie. (s. d.). Consulté 20 août 2021, à l'adresse <https://geoportail.wallonie.be/walonmap>

Annexes

Annexe 1 Mesures Agro-environnementales et Climatiques (2014-2020).

Axe de la méthode	Code	Application
Axe "éléments du maillage écologique"	MB 1a	Haies et alignements d'arbres
	MB 1b	Arbres, buissons, bosquets isolés et arbres fruitiers
	MB 1c	Mares
Axe "prairies"	MB 2	Prairie naturelle
	MC 3*	Prairie inondable
	MC 4*	Prairie rivulaire (variante de la PHVB)
	MC 4*	Prairie de Haute Valeur Biologique (PHVB)
Axe "cultures"	MB 5	Tournière enherbée
	MB 6	Culture favorable à l'environnement
	MC 7*	Parcelle aménagée
	MC 8a*	Bande aménagée pour la faune
	MC 8b*	Bande aménagée de lutte contre le ruissellement érosif
	MC 8b*	Bande rivulaire
	MC 8c*	Bande aménagée à fleurs des prés
	MC 8d*	Bande aménagée à fleurs des champs
Axe "approche globale à l'échelle de l'exploitation"	MB 9	Autonomie fourragère
	MC 10*	Plan d'action agro-environnemental
Axe "animaux"	MB 11	Races locales menacées

* Nécessite l'avis d'un expert conseiller de Natagriwal.

N.B. :

- MB = Méthode de base accessible à tous les agriculteurs et sur l'ensemble du territoire wallon.
- MC = Méthode ciblées seulement accessible sur avis d'expert délivré par un conseiller de Natagriwal.

Annexe 2 Espèces rencontrées dans la zone d'étude durant la collecte de données 2021.

AVIFAUNE			
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom Scientifique	Nom vernaculaire
<i>Accipiter gentilis</i>	Autour des palombes	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier
<i>Accipiter nisus</i>	Epervier d'Europe	<i>Corvus corax</i>	Grand Corbeau
<i>Acrocephalus palustris</i>	Rousserolle verderolle	<i>Corvus corone</i>	Corneille noire
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Rousserolle effarvatte	<i>Corvus monedula</i>	Choucas des tours
<i>Aegithalos caudatus</i>	Orite à longue queue	<i>Cuculus canorus</i>	Coucou gris
<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	<i>Delichon urbicum</i>	Hirondelle de fenêtre
<i>Alopochen aegyptiacus</i>	Ouette d'Egypte	<i>Dendrocopos major</i>	Pic épeiche
<i>Anas crecca</i>	Sarcelle d'hiver	<i>Dryocopus martius</i>	Pic noir
<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert	<i>Emberiza citrinella</i>	Bruant jaune
<i>Anthus pratensis</i>	Pipit farlouse	<i>Emberiza schoeniclus</i>	Bruant des roseaux
<i>Anthus trivialis</i>	Pipit des arbres	<i>Erithacus rubecula</i>	Rouge-gorge familier
<i>Apus apus</i>	Martinet noir	<i>Falco peregrinus</i>	Faucon pèlerin
<i>Ardea cinerea</i>	Héron cendré	<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle
<i>Branta canadensis</i>	Bernache du Canada	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Gobemouche noir
<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	<i>Fringilla coelebs</i>	Pinson des arbres
<i>Carduelis cannabina</i>	Linotte mélodieuse	<i>Fringilla montifringilla</i>	Pinson du Nord
<i>Carduelis chloris</i>	Verdier d'Europe	<i>Gallinago gallinago</i>	Bécassine des marais
<i>Carduelis flammea</i>	Sizerin flammé	<i>Garrulus glandarius</i>	Geai des chênes
<i>Carduelis spinus</i>	Tarin des aulnes	<i>Hirundo rustica</i>	Hirondelle rustique
<i>Casmerodius albus</i>	Grande aigrette	<i>Jynx torquilla</i>	Torcol fourmilier
<i>Ciconia ciconia</i>	Cigogne blanche	<i>Lanius collurio</i>	Pie-grièche écorcheur
<i>Ciconia nigra</i>	Cigogne noire	<i>Lanius excubitor</i>	Pie-grièche grise
<i>Circus aeruginosus</i>	Busard des roseaux	<i>Locustella naevia</i>	Locustelle tachetée
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Gros-bec casse-noyaux	<i>Loxia curvirostra</i>	Bec-croisé des sapins

AVIFAUNE			
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom Scientifique	Nom vernaculaire
<i>Miliaria calandra</i>	Bruant proyer	<i>Saxicola rubicola</i>	Tarier pâtre
<i>Milvus milvus</i>	Milan royal	<i>Sitta europaea</i>	Sittelle torchepot
<i>Motacilla alba</i>	Bergeronnette grise	<i>Sturnus vulgaris</i>	Etourneau sansonnet
<i>Motacilla cinerea</i>	Bergeronnette des ruisseaux	<i>Sylvia atricapilla</i>	Fauvette à tête noire
<i>Motacilla flava</i>	Bergeronnette printanière	<i>Sylvia borin</i>	Fauvette des jardins
<i>Numenius arquata</i>	Courlis cendré	<i>Sylvia communis</i>	Fauvette grisette
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Traquet motteux	<i>Sylvia curruca</i>	Fauvette babillarde
<i>Parus ater</i>	Mésange noire	<i>Tringa ochropus</i>	Chevalier cul-blanc
<i>Parus caeruleus</i>	Mésange bleue	<i>Tringa totanus</i>	Chevalier gambette
<i>Parus major</i>	Mésange charbonnière	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Troglodytes mignon
<i>Parus montanus</i>	Mésange boréale	<i>Turdus iliacus</i>	Grive mauvis
<i>Passer domesticus</i>	Moineau domestique	<i>Turdus merula</i>	Merle noir
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Grand Cormoran	<i>Turdus philomelos</i>	Grive musicienne
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Rougequeue noir	<i>Turdus pilaris</i>	Grive litorne
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Rougequeue à front blanc	<i>Turdus torquatus</i>	Merle à plastron
<i>Phylloscopus collybita</i>	Pouillot véloce	<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine
<i>Phylloscopus trochilus</i>	Pouillot fitis	<i>Vanellus vanellus</i>	Vanneau huppé
<i>Pica pica</i>	Pie bavarde		
<i>Picus viridis</i>	Pic vert		
<i>Prunella modularis</i>	Accenteur mouchet		
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Bouvreuil pivoine		
<i>Regulus ignicapillus</i>	Roitelet à triple bandeau		
<i>Regulus regulus</i>	Roitelet huppé		
<i>Saxicola rubetra</i>	Tarier des prés		

HERPETOFAUNE		ENTOMOFAUNE	
Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom Scientifique	Nom vernaculaire
<i>Bufo bufo</i>	Crapaud commun	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	Nymphe au corps de feu
<i>Lacerta vivipara</i>	Lézard vivipare	<i>Inachis io</i>	Paon du jour
MAMMIFERES		<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurore
Nom scientifique	Nom scientifique	<i>Papilio machaon</i>	Machaon
<i>Capreolus capreolus</i>	Chevreuil	<i>Lycaena helle</i>	Cuivré de la bistorte
<i>Cervus elaphus</i>	Cerf élaphe		
<i>Lepus europaeus</i>	Lièvre d'Europe		
<i>Sciurus vulgaris</i>	Ecureuil roux		
<i>Vulpes vulpes</i>	Renard roux		

Annexe 3 Indices et preuves de nidification définis par l'European Bird Census Council.

Indice	Description
1	Nicheur possible
1.1	Observation pendant la période de reproduction
1.2	Chanteur dans un habitat favorable, nicheur possible
1.2a	Parade nuptiale dans un habitat favorable, nicheur possible
2	Nicheur probable
2.1	Couple dans un habitat favorable, nicheur probable
2.2	Territoire présumé, nicheur probable
2.2a	Combats territoriaux
2.3	Parade nuptiale d'un couple, nicheur probable
2.4	Visite par l'oiseau d'un site de nid
2.5	Cris d'alarme des adultes suggérant la présence d'un nid ou de jeunes
2.6	Accouplement
2.7	Plaques incubatrices sur un adulte examiné en main
3	Nicheur certain
3.1	Transport de matériel pour le nid
3.1a	Construction d'un nid
3.1b	Creusement d'une loge
3.2	Parade de diversion, simulation de blessure
3.3	Découverte d'un nid ou de coquilles récentes
3.4	Poussins en duvet (nidifuge)
3.4a	Jeunes récemment envolés (nidicole)
3.4b	Famille avec jeunes volants
3.5	Visite par l'oiseau d'un nid occupé
3.6	Transport de nourritures pour les jeunes (becquée)
3.6a	Evacuation des fientes
3.7	Nid contenant des œufs
3.8	Nid contenant des jeunes
D.1	Oiseau posé
D.1a	Oiseau en vol puis posé
D.1b	Oiseau mis à l'envol
D.1c	Migrateur en halte
D.2	Passage vers site de dortoir
D.3	Oiseau au vol
D.4	Migrateur en passage actif
D.5	Au dortoir
D.6	Rétro-migration
M.1	Fréquente une mangeoire
M.2	S'alimente
M.3	Chasse ou pêche
Z.2	Repos, dort
Z.3	Toilettage, soin du plumage
Z.4	Cris ou chant en dehors de la nidification
	<i>Se reproduit</i>
	<i>Pond</i>
	<i>Butine</i>
	<i>Emerge</i>
	<i>En vol</i>

Pour ne pas mettre en danger le succès de la nidification, pour la catégorie 3 des indices (nicheur certain) on s'est contenté de vérifier l'indice 3.6. au maximum.

Annexe 4 Tests de corrélation entre les variables climatiques issues de l'Institut Royal Météorologique du Mont Rigi durant la période de reproduction du Tarier des prés.

	Nb jours de pluie	Précipitations cumulées	Nb jours avec des T° négatives	T° sup. 25 C°	T° moyenne	Nb jours de vent faible	Nb jours de vent modéré	Nb jours de vent fort
Nb jours de pluie	1	0.754	0.507	-0.264	-0.725	0.329	-0.519	0.478
Précipitations cumulées	0.754	1	0.198	-0.592	-0.411	0.673	-0.302	0.234
Nb jours avec des T° négatives	0.507	0.198	1	0.316	-0.534	0.255	-0.424	0.339
T° sup. 25 C°	-0.264	-0.592	0.316	1	0.190	-0.273	0.256	-0.278
T° moyenne	-0.725	-0.411	-0.534	0.190	1	-0.178	0.846	-0.850
Nb jours de vent faible	0.329	0.673	0.255	0.274	-0.178	1	-0.158	-0.015
Nb jours de vent modéré	-0.519	-0.302	-0.424	0.256	0.846	-0.158	1	-0.977
Nb jours de vent fort	0.478	0.234	0.339	-0.278	-0.850	-0.015	-0.977	1

Annexe 5 Ensemble des résultats des différents GLM réalisés dans ce mémoire.

A.	Nb de cpl ~ Nb de cpl n-1+ Nb de jeunes n-1	Estimate	p-value
	Intercept	3.826	<2 ^e -16 ***
	Nombre de couples n-1	-0.006	0.513
	Nombre de jeunes n-1	0.002	0.166

B.	Nb de cpl ~ Precip cum n-1 + Nb de jours négatifs n-1 + Nb jours vent fort n-1	Estimate	p-value
	Intercept	3.981	<2 ^e -16***
	Précipitations cumulées n-1	-1e-3	0.751
	Nombre de jours avec températures négatives n-1	-0.012	0.294
	Nombre de jours avec du vent fort n-1	0.002	0.838

C.	Nb de cpl ~ Precip cum + Nb de jours négatifs + Nb jours vent fort	Estimate	p-value
	Intercept	3.984	<2 ^e -16***
	Précipitations cumulées	-2.349e-5	0.966
	Nombre de jours avec températures négatives	-3.067e-2	0.002**
	Nombre de jours avec du vent fort	8.610e-3	0.356

D.	Nb de cpl ~ [METEO]n + [METEO]n-1	Estimate	p-value
	Intercept	3.675	<2 ^e -16***
	Précipitations cumulées n-1	0.002	0.121
	Nombre de jours avec températures négatives n-1	-0.013	0.277
	Nombre de jours avec du vent fort n-1	-0.003	0.786
	Précipitations cumulées	0.001	0.465
	Nombre de jours avec températures négatives	-0.055	0.001***
	Nombre de jours avec du vent fort	0.012	0.384

E.	SR ~ Precip cum + Nb de jours négatifs + Nb jours vent fort	Estimate	p-value
	Intercept	4.631	8.98e-6
	Précipitations cumulées	-0.006	0.002
	Nombre de jours avec températures négatives	-0.048	0.079
	Nombre de jours avec du vent fort	0.019	0.447

Remarque : le nombre de jours avec des températures négatives pourrait avoir un effet sur le succès reproducteur car sa p-value n'est pas loin d'être significative.

F.	Densité de cpl ~ MAEC_Naturel + [METO]n + [METEO]n-1	Estimate	p-value
	Intercept	5.247e-2	0.086
	Parcelles sous MAEC	2.400e-2	0.002**
	Précipitations cumulées n-1	8.527e-5	0.185
	Nombre de jours avec températures négatives n-1	-9.819e-4	0.274
	Nombre de jours avec du vent fort n-1	-2598e-4	0.735
	Précipitations cumulées	2.442e-5	0.646
	Nombre de jours avec températures négatives	-3.075e-3	0.006**
	Nombre de jours avec du vent fort	5.250e-4	0.605

G.	SR ~ MAEC_Naturel + [METO]n + [METEO]n-1	Estimate	p-value
	Intercept	3.066	0.002**
	Parcelles sous MAEC	0.490	0.018*
	Précipitations cumulées n-1	0.002	0.192
	Nombre de jours avec températures négatives n-1	0.049	0.065
	Nombre de jours avec du vent fort n-1	0.005	0.808
	Précipitations cumulées	-0.005	0.005**
	Nombre de jours avec températures négatives	-0.088	0.006**
	Nombre de jours avec du vent fort	0.063	0.045*

Remarque : le nombre de jours avec des températures négatives à l'année précédente pourrait avoir un effet sur le succès reproducteur car sa p-value n'est pas loin d'être significative.

H.	Densité de couples ~ MAEC appliquée + [METO]n + [METEO]n-1	Estimate	p-value
	Intercept	-0.078	0.839
	Pâturage	-0.052	0.616
	Fauche + Pâturage	1.632	3.7e-13***
	Précipitations cumulées n-1	0.001	0.256
	Nombre de jours avec températures négatives n-1	0.003	0.791
	Nombre de jours avec du vent fort n-1	-0.003	0.795
	Précipitations cumulées	0.001	0.690
	Nombre de jours avec températures négatives	-0.018	0.162
	Nombre de jours avec du vent fort	0.003	0.811
I.	SR ~ MAEC appliquée + [METO]n + [METEO]n-1	Estimate	p-value
	Intercept	3.796	0.006**
	Pâturage	0.432	0.220
	Fauche + Pâturage	0.907	0.015*
	Précipitations cumulées n-1	0.001	0.688
	Nombre de jours avec températures négatives n-1	-0.043	0.271
	Nombre de jours avec du vent fort n-1	0.020	0.559
	Précipitations cumulées	-0.006	0.020
	Nombre de jours avec températures négatives	-0.058	0.177
	Nombre de jours avec du vent fort	0.040	0.373

Annexe 6 Risques d'extinction pour différentes tailles de populations initiales (en nombre de couples) après 40 ans.

Taille initiale de la population	Risque d'extinction (%)
200	26.33
150	33.04
120	38.76
110	41.09
75	51.88
50	63.69
30	77.91
5	87.74