

Site Natura 2000 : Tourbière et lac de Lourdes FR7300936

RAPPORT D'ETUDE

ETUDE DES HABITATS FAVORABLES A LA REPRODUCTION DU FADET DES LAICHES AFIN DE DEVELOPPER UN PROTOCOLE D'EVALUATION DE LA QUALITE DES HABITATS POUR SA REPRODUCTION SUR LE SITE NATURA 2000 « TOURBIERE ET LAC DE LOURDES » (65)

2023

DORGET Oriane – Août 2023



TABLE DES MATIERES

Table des matières	2
Table des illustrations, tableaux et annexes	4
1. Introduction.....	7
2. Matériel et méthodes.....	8
1.1 Site d'étude, la tourbière de Lourdes.....	8
1.2 Site de la pré-étude, La Lande de Ger	10
1.3 Espèce étudiée, le Fadet des Laïches, <i>Coenonympha oedippus</i> (Fabricius 1787).....	11
1.4 Méthode de caractérisation de l'habitat favorable au Fadet des Laïches	13
1.5 Méthode détaillée de la pré-étude de caractérisation de l'habitat favorable au Fadet des Laïches	15
1.6 Méthode de création du protocole d'évaluation des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches	18
3. Résultats.....	19
3.1 Résumé de l'étude du comportement de ponte et de la reproduction du Fadet des laïches sur la tourbière de lourdes à l'été 2014 par l'AREMIP	19
3.2 Analyse par AFC de la présence du Fadet à la tourbière de Lourdes en fonction des habitats, des espèces présentes et des variables écologiques	20
3.3 Résultats de la pré-étude de caractérisation des habitats favorables au Fadets des Laïches à la Lande de Ger.....	22
3.4 Création du protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet	24
3.5 Application du protocole d'évaluation des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches	31
3.6 Résultat de l'évaluation des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches à la tourbière de Lourdes	35
4. Les limites de l'étude.....	36
5. Conclusion	37
6. Recommandations de suivis et d'actions de gestion	38
6.1 Suivi de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches	38
6.2 Suivi du Fadet des Laïches	39
6.3 Actions de gestion pour limiter la fermeture du milieu	39
6.4 Actions de gestion pour augmenter l'hétérogénéité du milieu	42

6.5	Conserver les zones actuellement favorables au Fadet.....	43
	Bibliographie et webographie	45
	Annexes	49

TABLE DES ILLUSTRATIONS, TABLEAUX ET ANNEXES

Figure 1 - Localisation de la tourbière et du lac de Lourdes (Géoportail).....	8
Figure 2 - Occupation du sol (CETRA, 2019).....	8
Figure 3 - Cartographie des différents habitats présents sur la tourbière (d'après les cartographies des habitats d'intérêt communautaire réalisées par BIOTOPE en 2020 (BIOTOPE, 2020) et par l'AREMIP en 2012 (AREMIP, 2012))	9
Figure 4 - Localisation de la tourbière de Lourdes et de la Lande de Ger (Géoportail)	10
Figure 5 - Carte de localisation détaillée du site de la Lande de Ger (Déjean, 2014)	11
Figure 6 - Photographie de Fadet des Laïches mâle à la tourbière de Lourdes en juillet 2023 (par Oriane Dorget)	11
Figure 7 - Répartition du Fadet des Laïches à l'échelle mondiale entre 2013 et 2023 (Gbif, 2013 - 2023) (Coenonympha Oedippus Fabricius, 1787, s. d.).....	12
Figure 8 - Présence du Fadet des Laïches en France en 2020 (Atlas de la Biodiversité Départementale et des Secteurs Marins, s. d.)	12
Figure 9 - Schéma de la démarche globale appliquée dans le cadre de cette étude.....	14
Figure 10 – Cartographies de localisation de la zone d'étude sur la Lande de Ger pour la pré-étude. Localisation des observations de Fadets, placettes d'échantillonnage et habitats principaux présents sur le site.	16
Figure 11 - Schéma présentant la méthode d'évaluation des habitats par Patrinat (Epicoco & Viry, 2015)	18
Figure 12 - AFC sur les dimensions 1 et 2 des habitats (Code N2000) et espèces végétales (Initiales du nom latin, détail des initiales en annexe 2) ainsi que les variables supplémentaires des observations Fadet 2020 (Obs_Fadet_2020), 2021 (Obs_Fadet_2021) et 2022 (Obs_Fadet_2022)	21
Figure 13 - AFC sur les dimensions 1 et 2 des habitats ainsi que les variables supplémentaires des observations de Fadets en 2020 (Obs_Fadet_2020), 2021 (Obs_Fadet_2021) et 2022 (Obs_Fadet_2022), et des variables d'autécologie lumière (Lumiere), texture du sol (Texture), température moyenne annuelle (Temperature), réaction du sol (pH), nutriments du sol (Niveau_trophique), continentalité (Continentalite), salinité (Salinité), humidité atmosphérique (Hum_atm), matière organique du sol et type d'humus (MO) et humidité édaphique (Hum_edaph)	22
Figure 14 - Nombre de Fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives.....	23
Figure 15 - Nombre de Fadets observés posés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives.....	23
Figure 16 - Nombre de Fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction du pourcentage de recouvrement en espèces arbustives.....	24

Figure 17 - Nombre de Fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives.....	25
Figure 18 - Nombre de Fadets observés posés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives.....	25
Figure 19 - Nombre de fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction du pourcentage de recouvrement en espèces arbustives.....	26
Figure 20 - Nombre de Fadets observés par placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction du pourcentage de recouvrement en Molinie bleue	28
Figure 21 - Pourcentage de contacts positifs sur le site de la Doube et la Bessède et sur le site du massif des Landes de Gascogne en fonction du pourcentage de recouvrement en Molinie bleue (Bertolini et al., 2013).....	28
Figure 22 - Cartographie des polygones d'habitats homogènes de la tourbière potentiellement favorables ou défavorables pour la reproduction du Fadet des Laïches	33
Figure 23 - Cartographie des zones d'habitats et de gestion homogène à la tourbière de Lourdes et placettes d'échantillonnage pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du papillon.....	34
Figure 24 - Cartographie résultat de l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches en 2023	35
Figure 25 - Pression de pâturage (en UGB/ha/an) des différentes zones de la tourbière selon les années	41
Figure 26 - Bilan des recommandations de suivis et d'actions de gestion.....	44

Tableau 1 - Paramètre, indicateur « Hauteur moyenne des espèces arbustives (et de <i>Phragmites australis</i>) » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.....	25
Tableau 2 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement des espèces arbustives (et de <i>Phragmites australis</i>) » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches	26
Tableau 3 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.....	28
Tableau 4 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement par les touradons » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.....	29
Tableau 5 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement par la litière » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.....	30
Tableau 6 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de sol visiblement perturbé » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.....	30
Tableau 7 - Paramètres, indicateurs et seuils retenus pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches à la tourbière de Lourdes	31
Annexe 1 – Tableau des indicateurs listés dans la bibliographie comme importants pour la qualité de l'habitat pour la reproduction du Fadet des Laïches et justifications des choix de sélection des critères pour l'évaluation de la qualité des habitats.....	49
Annexe 2 – Noms des espèces végétales correspondant aux initiales sur l'AFC.....	51
Annexe 3 – Cartes présentant le résultat du terrain de cartographie des zones potentiellement favorables en 2023.....	52
Annexe 4 - Tableau des données brutes et des calculs des notes issus de l'application du protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches en 2023.....	53

1. INTRODUCTION

L'état de la population de Fadets des Laïches à la tourbière de Lourdes en 2023 est particulièrement préoccupant car la population est en régression depuis plusieurs années et seuls 3 individus ont été observés en 2023 (PLVG, 2023). Il n'est pas évident de comprendre les causes responsables de ce déclin mais la modification de la qualité de son habitat, due à la dynamique de la végétation naturelle ainsi qu'aux actions de gestion réalisées sur le site, semble être un facteur majeur. Par exemple, sur la partie nord-est, la modification de la qualité de l'habitat par fermeture du milieu à cause de la croissance importante de Bourdaïne, Aulne glutineux et Roseau commun coïncide avec l'extinction de la population dans cette partie de la tourbière. L'effet de la modification de l'habitat a très probablement été accentué par d'autres facteurs tels que le changement climatique ou le fait que la population soit isolée démographiquement et donc génétiquement.

Grâce à l'analyse spatio-temporelle de la présence du Fadet des Laïches sur la tourbière réalisée en 2023 (PLVG, 2023), il a été mis en évidence qu'il est nécessaire de mieux connaître l'habitat favorable au Fadet des Laïches. La population de la partie centrale de la tourbière n'est pas encore éteinte donc il est urgent de travailler sur ce sujet. Il est important de comprendre où sont localisés les habitats actuellement de bonne qualité ou mauvaise qualité afin de pouvoir gérer le site en la faveur du papillon en appliquant une gestion différenciée. Pour cela, il faut avoir connaissance des critères précis qui rendent un habitat favorable au papillon or il n'existe actuellement pas d'étude en France décrivant précisément quels sont les critères et les seuils qui permettent de qualifier un habitat de favorable pour le Fadet. Le but de cette étude est donc d'établir quels sont ces critères qui rendent un habitat favorable pour que le papillon prospère sur le site.

La difficulté de l'étude des habitats des papillons résulte dans le fait que les imagos se délaçant et n'ont donc pas forcément de critères très précis concernant les habitats qu'ils traversent. Cependant, pour la reproduction, les critères d'habitat sont souvent plus spécifiques. Dans le cas du Fadet des Laïches, la scientifique croate Šašić Martina déclare « les critères d'habitat pour la ponte des œufs par les femelles et pour les larves sont considérés comme un aspect important de la conservation des papillons, mais les adultes du Fadet des Laïches semblent avoir des critères d'habitat moins spécifiques » (Šašić, 2010). C'est pourquoi cette étude va être focalisée sur les habitats favorables à sa reproduction.

Une fois les critères qui rendent un habitat favorable à la reproduction du Fadet des Laïches compris, le but final de l'étude est de créer un protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du papillon. Ce protocole permettra d'attribuer une note de qualité à chaque zone de la tourbière de Lourdes et de proposer des recommandations de gestion adaptées et localisées pour mieux gérer le site en la faveur du Fadet des Laïches.

2. MATERIEL ET METHODES

1.1 SITE D'ETUDE, LA TOURBIERE DE LOURDES

La tourbière de Lourdes est un site d'environ 16 hectares dans le piémont pyrénéen à l'ouest du département des Hautes-Pyrénées, sur les communes de Lourdes et Poueyferré (Figure 1). La tourbière se situe à l'ouest du lac de Lourdes, seul lac de basse altitude des Hautes-Pyrénées (424m).

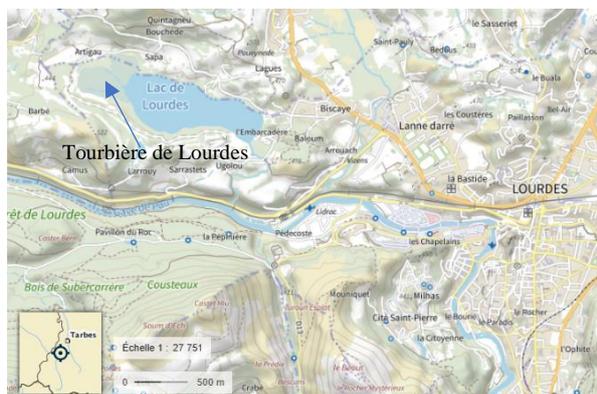


Figure 1 - Localisation de la tourbière et du lac de Lourdes (Géoportail)

Le lac de Lourdes a été formé par le recul du glacier de la Vallée du Gave du Pau et par les moraines déposées pendant son recul. Puis, il y a environ 20 000 ans, les températures basses et la forte pluviométrie de la région ont permis la formation de la tourbière, à partir du lac lui-même (BIOTOPE, 2007). La tourbière est actuellement incluse dans le site Natura 2000 ZSC FR7300936 « Tourbière et lac de Lourdes » dont le syndicat mixte Pays de Lourdes et des Vallées des Gaves (PLVG) assure l'animation du Document d'Objectifs (DOCOB) depuis 2007.

Le climat à Lourdes bénéficie d'une influence à la fois montagnarde et océanique. Les précipitations y sont assez élevées, avec en moyenne 1776 mm/an. Les températures sont plutôt douces, la température annuelle moyenne étant de 13°C, avec comme mois le plus chaud août avec 20.3°C en moyenne et janvier comme mois le plus froid avec 6.5°C en moyenne (moyennes sur les années 1991 – 2020 à Ayros Arbouix) (*Historique Météo des Pyrénées françaises*, s. d.).

La partie centrale de la tourbière est ombrotrophe, c'est-à-dire principalement alimentée par les eaux de pluie et moins par les eaux d'écoulement (de surface et souterraines) car le centre de la tourbière est bombé et plus haut de quatre mètres par rapport au niveau du lac (CETRA, 2019). La partie nord-est et le pourtour de la partie centrale sont plutôt minérotrophes c'est-à-dire alimentés à la fois par les eaux de pluie et par les eaux d'écoulement. Les eaux d'écoulement proviennent du bassin versant de la tourbière qui englobe des parcelles agricoles au nord et le golf à l'ouest et au sud (Figure 2). Le golf à proximité directe de la tourbière a certainement un impact sur le fonctionnement hydrologique de la tourbière notamment à cause du fait que certains drains du golf se déversent dans la tourbière, mais l'impact précis de ces écoulements a pour le moment été peu étudié.

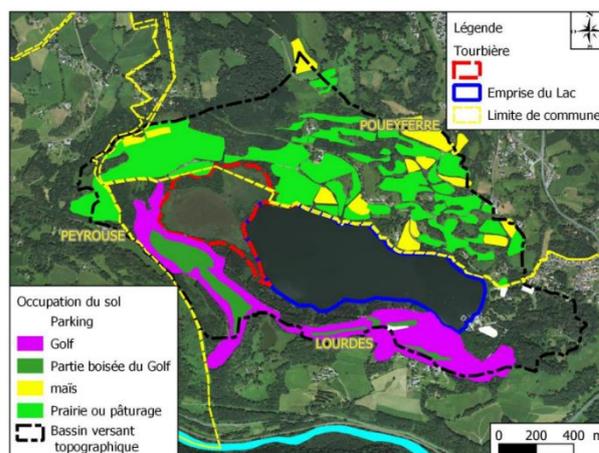


Figure 2 - Occupation du sol (CETRA, 2019)

Le site présente principalement 2 parties : la partie dite « tourbière centrale » et celle dite « tourbière nord-est » (Figure 3). La tourbière centrale correspond à une tourbière acide bombée ombrotrophe colonisée par *Calluna vulgaris*, entourée d'une cladiaie (milieu dominé par *Cladium mariscus*) puis d'une frange de végétation arborée. La tourbière nord-est correspond plutôt à un bas-marais alcalin (formations se développant sur un sol en permanence gorgé d'eau très alcaline, pauvre en nutriments, souvent calcaire) progressivement envahi par *Frangula alnus* et *Phragmites australis* et également entouré d'une frange de végétation arborée. Ces deux tourbières présentent des conditions hydrologiques et pédologiques très différentes ce qui explique la différence des végétations s'y développant. Une zone boisée s'est développée depuis quelques années entre les deux tourbières et englobe une roselière à l'est à proximité du lac.

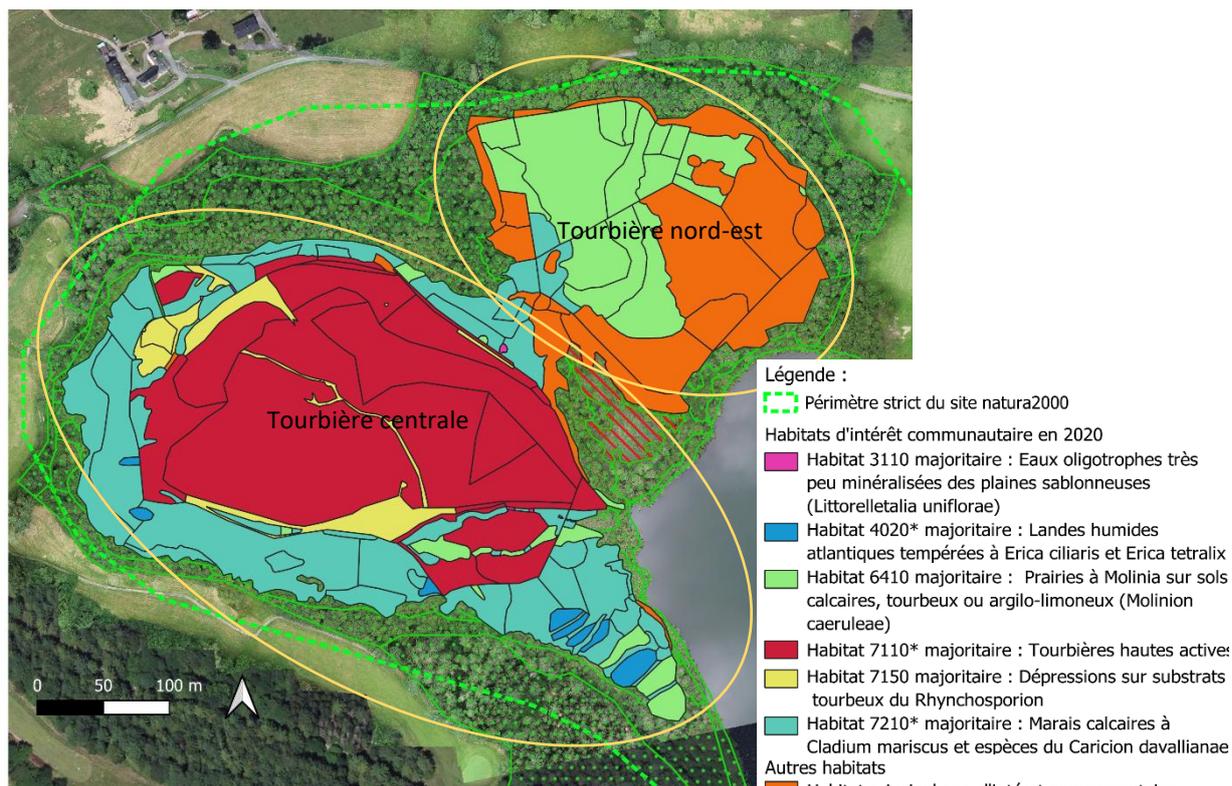


Figure 3 - Cartographie des différents habitats présents sur la tourbière (d'après les cartographies des habitats d'intérêt communautaire réalisées par BIOTOPE en 2020 (BIOTOPE, 2020) et par l'AREMIP en 2012 (AREMIP, 2012))

Un des enjeux principaux du site Natura 2000 est la protection des habitats de la tourbière qui sont presque tous dits d'intérêt communautaire, inscrits à la Directive Habitats-Faune-Flore 92/43/CEE, car ils représentent un enjeu de conservation à l'échelle européenne. Certains habitats de la tourbière sont de plus classés « prioritaires » car leur état de conservation à l'échelle européenne est préoccupant. En parallèle, la présence du Fadet des Laïches constitue un enjeu faunistique fort du site car ce papillon n'est présent en Occitanie que sur deux sites. La difficulté de gestion du site provient du fait que sur la même zone un enjeu habitat et un enjeu espèce coexistent, or les idéaux de conservation pour ces enjeux ne sont pas forcément les mêmes. L'enjeu de gestion de ce site réside donc dans le compromis entre les différents objectifs de gestion tout en conciliant les activités économiques, sociales et culturelles qui prennent place sur ou à proximité du site.

Ce site, pâturé et éco bué annuellement entre les années 1900 et 1965, a subi plusieurs actions depuis 1998. Actuellement, les actions de gestions principales sont le pâturage extensif saisonnier et le contrôle du développement des ligneux. Depuis 1998, la partie centrale est pâturée annuellement par des chevaux et des vaches, tandis que la partie nord-est l'est seulement depuis 2010. De la coupe de ligneux a été réalisée dans les années 2009 à 2013 par l'Office National des Forêts (ONF) sur le pourtour de la partie centrale et sur la tourbière nord-est. Ces actions se poursuivent depuis 2013 plus ponctuellement mais elles peinent à contenir la fermeture du milieu.

1.2 SITE DE LA PRE-ETUDE, LA LANDE DE GER

En 2023, la tourbière de Lourdes n'a fourni que 3 observations de Fadets des Laïches donc l'étude des habitats favorables au Fadet des Laïches n'a pas pu être réalisée sur ce site car cela représentait un échantillon trop faible de données de présence du papillon pour pouvoir faire des analyses statistiques.

Un autre site des Hautes-Pyrénées, la Lande de Ger, abrite une population de Fadets des Laïches. Ce site se trouve à seulement 10 km à vol d'oiseau de la tourbière de Lourdes (Figure 4) et les conditions



Figure 4 - Localisation de la tourbière de Lourdes et de la Lande de Ger (Géoportail)

écologiques entre les deux sites sont assez similaires. La population de Fadets des Laïches y a été découverte en 2010 mais elle est moins étudiée que sur la tourbière de Lourdes car le site est très grand et peu accessible. D'après les observations sporadiques réalisées par le Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN) Occitanie la population est de bien plus grande taille qu'à Lourdes et semble être en meilleur état de conservation. Plusieurs populations sont présentes dans les zones de légers fonds de talweg du plateau ; elles forment probablement une métapopulation puisque les populations peuvent communiquer. La taille totale de la population n'a pas été évaluée mais des observations en 2012 sur une zone du site de moins de 60ha ont permis d'estimer que 300 individus minimum se trouvaient

sur cette zone (Déjean, 2014). Le CEN Occitanie est en convention de gestion avec les autorités du camp militaire sur ce site et David Soulet, Chef de projets entomologie et référent Hautes-Pyrénées au CEN Occitanie, nous a permis de réaliser l'étude sur ce site.

La Lande de Ger est un camp militaire du 1^{er} régiment de hussards parachutistes de Tarbes. Elle se situe entre le département des Hautes-Pyrénées (région Occitanie) et celui des Pyrénées-Atlantiques (région Nouvelle Aquitaine), sur quatre communes : Azereix, Ossun, Ger et Pontacq (Figure 5). La zone, d'une surface de 720 ha, correspond majoritairement à des Landes humides à Ajoncs et Avoine de Thore ainsi que plus localement des petites dépressions de niveau hydrographique plus bas qui présentent des bas-marais ou des prairies tourbeuses (Déjean, 2014). La végétation est partiellement ouverte suite aux écobuages réalisés et aux activités agricoles et militaires ayant lieu sur le site. Le site a été assez peu géré en dehors des écobuages annuels, des incendies ponctuels et du pâturage extensif. En particulier, la zone sur laquelle le protocole sera appliqué a subi des incendies ponctuels. Le plan de gestion rédigé en 2014 indique par exemple que des incendies ont eu lieu sur cette zone en 2009 et 2011 (Déjean, 2014).

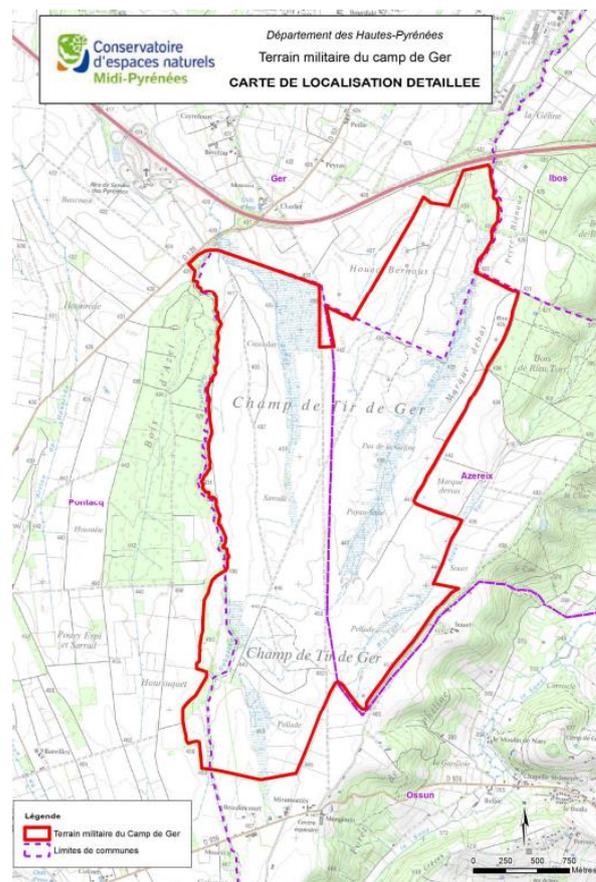


Figure 5 - Carte de localisation détaillée du site de la Lande de Ger (Déjean, 2014)

1.3 ESPECE ETUDIEE, LE FADET DES LAICHES, *COENONYMPHA OEDIPPUS* (FABRICIUS 1787)



Figure 6 - Photographie de Fadet des Laïches mâle à la tourbière de Lourdes en juillet 2023 (par Oriane Dorget)

Le Fadet des Laïches, *Coenonympha oedippus* (Fabricius 1787), est un insecte, un lépidoptère et plus précisément un rhopalocère (papillon de jour). Il appartient à la famille des Nymphalidés et la sous-famille des Satyres. L'imago du papillon a des ailes marron orangé d'une envergure de 17 mm à 21 mm (Bensettiti & Gaudillat, 2002) dont la disposition des ocelles noirs et blancs sur l'extérieur de l'aile postérieure avec la plus haute ocelle décalée permettent de l'identifier sans confusion possible (Figure 6). On distingue les mâles des femelles grâce à la présence (femelle) ou absence (mâle) d'ocelles sur l'extérieur de l'aile antérieure. Son vol assez caractéristique permet également de l'identifier car il vole assez peu, lentement, proche du sol et par bons succèsifs.

A l'échelle mondiale, l'espèce est présente en Eurasie tempérée depuis la France jusqu'au Japon (Figure 7). En Europe les noyaux principaux de population sont le Sud-Ouest de la France et le Nord de

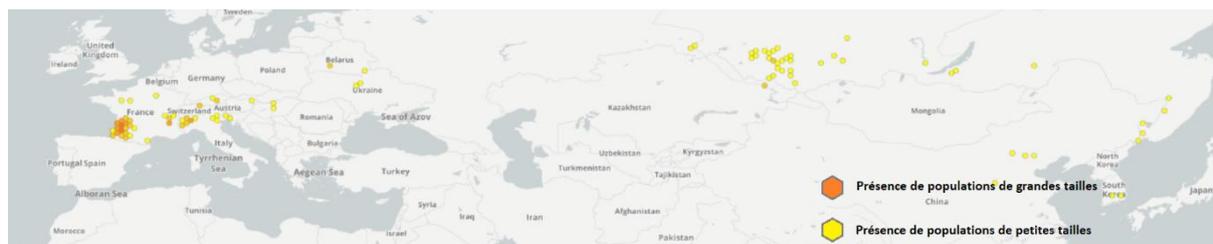


Figure 7 - Répartition du Fadet des Laïches à l'échelle mondiale entre 2013 et 2023 (Gbif, 2013 - 2023) (*Coenonympha oedippus* Fabricius, 1787, s. d.)

l'Italie puis plus localement en Slovénie, Hongrie, Sud de l'Allemagne, Autriche, Ukraine et Biélorussie. L'espèce est considérée d'origine boréo-alpine et elle est plutôt présente là où les hivers plutôt froids et neigeux (Lhonoré & Lagarde, 1999). L'espèce fréquente comme habitat préférentiel les prairies humides et semi-ouvertes, incluant les bas-marais, prairies marécageuses, landes tourbeuses ou encore les prairies forestières mésophiles (Caubet et al., 2019). Des écotypes de milieux plus secs fréquentent les pelouses xérophiles en Slovénie notamment.

En France, ce papillon est surtout présent en Nouvelle-Aquitaine (Figure 8), où les populations peuvent être de grande taille, comme par exemple sur le site de la Lande (Gironde) où la population était estimée en 2012 à 2 507 individus (Bertolini et al., 2013). En Auvergne-Rhône-Alpes, certaines populations sont aussi importantes comme au Marais de Chautagne (Isère) où la population s'élevait à 2 700 individus en 2015 (Caubet et al., 2019). En Occitanie, le Fadet des Laïches est particulièrement rare puisqu'il est présent sur seulement 2 sites, localisés en Hautes-Pyrénées.

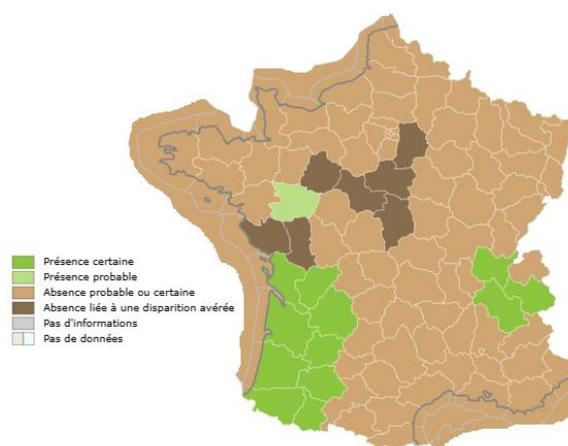


Figure 8 - Présence du Fadet des Laïches en France en 2020 (Atlas de la Biodiversité Départementale et des Secteurs Marins, s. d.)

Le papillon passe la majeure partie de l'année sous forme de chenille qui évolue en 5 stades (Bensettiti & Gaudillat, 2002). Les œufs éclosent 2 à 3 semaines après avoir été pondus puis les larves se déplacent vers la Molinie bleue, *Molinia caerulea*, pour s'en nourrir. Entre fin août et fin octobre, selon les conditions environnementales, les chenilles s'enfouissent dans les touradons de Molinie et entrent en diapause jusqu'à avril ou mai (Caubet et al., 2019). Lorsque la chenille redevient active, elle se nourrit de Molinie bleue et continue sa croissance. Les chenilles sont actives surtout la nuit donc il est difficile de les observer et leur couleur verte similaire à la Molinie leur permet d'être particulièrement bien camouflées. Vers juin (dans le cas de la tourbière de Lourdes), les chenilles entrent dans le stade chrysalide, puis 2 à 3 semaines plus tard émerge l'imago. L'espèce est protandre, c'est-à-dire que les imagos mâles émergent quelques jours avant les femelles, cela minimise les risques d'épuisement ou de mort de la femelle avant la reproduction. A Lourdes, les premiers Fadets sont généralement observés vers la fin juin. La phénologie du papillon est très variable selon la localisation de la population, par exemple en 2023 le premier Fadet des Laïches en Nouvelle-Aquitaine a été observé le 31 mai tandis qu'à Lourdes il a été observé le 05 juillet. Pendant la courte vie de l'imago, entre 4 à 6

jours en moyenne en France (Caubet et al., 2019), les mâles patrouillent à la recherche des femelles tandis que celles-ci sont plus immobiles et attendent les mâles. L'accouplement réalisé, la femelle pond environ une centaine d'œufs, ceux-ci sont pondus isolément ou par petits groupes soit à mi-hauteur de la végétation sur la plante dominant la végétation (qui n'est pas forcément la Molinie bleue), soit dans la litière (Caubet et al., 2019). Même si le papillon ne pond pas toujours sur la Molinie bleue, le site de ponte est toujours à proximité de Molinie. Les imagos sont floricoles mais ils butinent peu.

Ce papillon est particulièrement menacé car les populations européennes sont en déclin : en 1999 le « Red data book of the european butterfly » (Swaay & Warren, 1999) annonçait qu'en 25 ans les populations avaient décliné de 80 à 100 %. A cette donnée alarmante s'ajoute l'extinction de l'espèce dans certains pays comme par exemple la Suisse (Dusej et al., 2010) et dans certaines régions en France comme le Centre-Val de Loire (Atlas de la Biodiversité Départementale et des Secteurs Marins, s. d.). Le déclin de cette espèce est notamment lié au fait que les habitats du papillon soit des prairies humides et des marais tourbeux (Bensettiti & Gaudillat, 2002) or ces milieux sont parmi les plus fragiles et les plus menacés à l'échelle mondiale.

L'espèce bénéficie dorénavant d'un statut de protection en France d'après l'Article 2 de la liste des insectes protégées sur l'ensemble du territoire français (Arrêté interministériel du 23 avril 2007). Il est donc notamment interdit de détruire ses œufs, de le mutiler, le tuer ou le capturer et de le perturber intentionnellement dans son milieu naturel. A l'échelle européenne, l'espèce est inscrite à l'annexe II de la Convention de Berne (1982) et aux annexes II et IV de la Directive 92/43/CEE (Directive Habitats Faune-Flore, 1992).

1.4 METHODE DE CARACTERISATION DE L'HABITAT FAVORABLE AU FADET DES LAICHES

La démarche globale

La démarche afin de caractériser l'habitat favorable à la reproduction du Fadet des Laïches a nécessité plusieurs étapes successives. La première étape a consisté à étudier les connaissances déjà existantes sur le sujet, que ce soit à la tourbière de Lourdes (Parde, 2014), en France (Bertolini et al., 2013) ou dans le monde. Puis, une pré-étude a été mise en place sur la Lande de Ger pour étudier in-situ quelles sont réellement les variables qui jouent un rôle dans la favorabilité de l'habitat pour le Fadet des Laïches. Suite à cette étude, le protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du papillon a pu être développé puis mis en œuvre sur la tourbière de Lourdes. La figure 9 résume cette démarche. L'ensemble de la démarche de cette étude a été présentée à un groupe de travail sur le Fadet des Laïches le 25 avril 2023. Ce groupe de travail se composait de David Soulet (Chef de projet entomologie - référent Hautes-Pyrénées au CEN Occitanie), Jean-Michel Parde (Chargé d'étude à l'AREMIP), Coraline Fillet (Chargée d'étude à l'AREMIP), Anne-Marie Develay (Chargée de mission Agroécologie et Biodiversité à la DREAL Occitanie) et Christelle Dejeanne (Chargée de mission Biodiversité à la DDT65). Le groupe de travail a validé la démarche globale et les propositions de protocoles. Puis, des contacts réguliers avec David Soulet ont permis d'affiner les protocoles et leurs mises en œuvre.

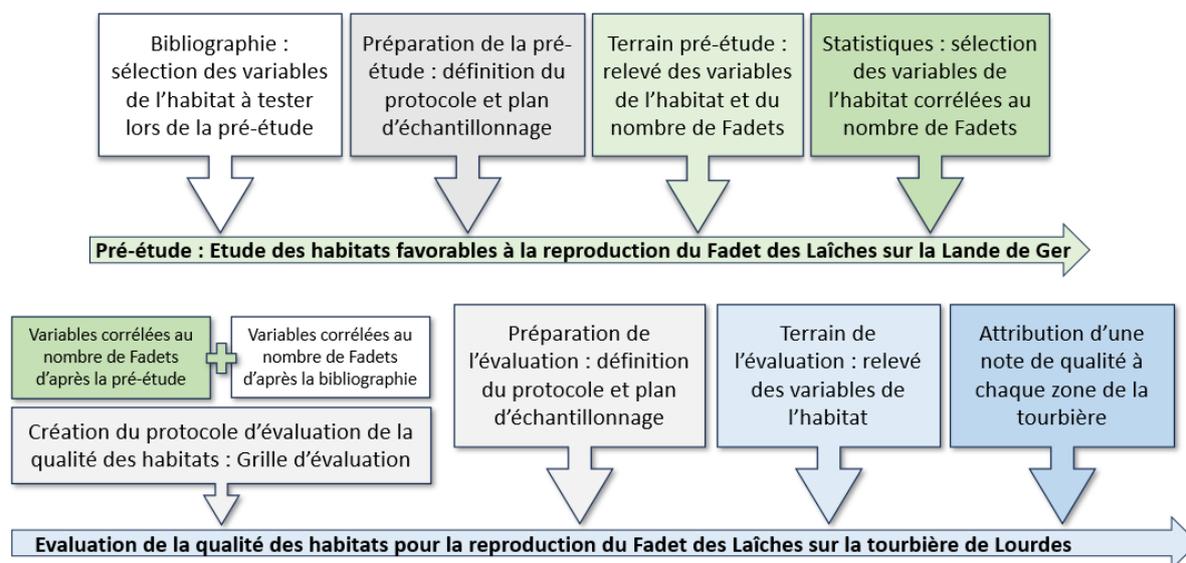


Figure 9 - Schéma de la démarche globale appliquée dans le cadre de cette étude

La démarche détaillée ci-dessus ne comprend pas une étape de l'étude qui est l'analyse par Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) de la présence du Fadet à la tourbière de Lourdes en fonction des habitats, des espèces présentes et des variables écologiques (partie 3.2). La raison est que cette partie était plus exploratoire et n'a pas été utilisée pour la création du protocole d'évaluation de la qualité des habitats mais les conclusions de cette analyse sont tout de même détaillées dans ce rapport.

Méthode utilisée pour chaque étape de la démarche

Une étude a été réalisée à la tourbière de Lourdes sur le comportement de ponte et de la reproduction du Fadet des Laïches en 2014 par l'association Action Recherche Environnement Midi-Pyrénées (AREMIP) (Parde, 2014). Cette étude est très intéressante car les caractéristiques des sites de ponte ont été étudiées. Les conclusions de cette étude concernant les sites de ponte sont résumées dans la partie 3.1 de cette étude. Malheureusement le fait que seules 7 pontes ont été observées ne permet pas un échantillon statistique suffisant pour affirmer que les habitats décrits sont la parfaite représentation de l'habitat favorable à la reproduction du Fadet des Laïches. De plus, l'habitat dans lequel a été observé les pontes est le bas-marais alcalin, or cet habitat est assez différent du reste de la tourbière où les Fadets sont aussi présents.

Il est possible de caractériser les habitats favorables à la reproduction du papillon à la tourbière de Lourdes en combinant les lieux où ont été observés la majorité des imagos avec les caractéristiques écologiques de ces sites. Dans la partie 3.2, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée ; cet outil statistique permet de visualiser sur un nombre limité de dimensions (ici 2 dimensions) un nombre élevé de variables. La position de chaque individu ou variable sur l'AFC permet de visualiser s'ils sont corrélés (individus ou variables proches) ou anticorrélés (individus ou variables de part et d'autre des axes). Cette AFC permet de valider certaines suppositions concernant les préférences écologiques du Fadet des Laïches mais les critères restent très larges et ne permettent pas réellement d'aboutir aux caractéristiques de l'habitat favorable à la reproduction du papillon.

Dans la littérature européenne, il existe peu d'études décrivant précisément l'habitat favorable à la reproduction du Fadet des Laïches. Certains critères de qualité de l'habitat pour la reproduction du Fadet des Laïches sont évoqués mais les populations étudiées correspondent souvent à des populations vivant en Europe de l'Est et les conclusions des études ne sont pas toujours identiques entre les études. La plupart des études de caractérisation de son habitat ont été réalisées par Tatjana Čelik (Čelik et al., 2009, 2014; Čelik & Verovnik, 2010; Slovenia et al., 2004) et une partie des observations portent sur des populations vivants en Slovénie dans des prairies sèches à Molinie, or ces populations correspondent probablement à un écotype différent de milieux secs (Caubet et al., 2019). En France, le bilan de la phase initiale (octobre 2010 - mars 2013) du Programme régional « Amélioration des connaissances et conservation de 5 espèces de papillons diurnes menacés des zones humides en Aquitaine » apporte des informations très intéressantes sur les populations de Fadets des Laïches en Nouvelle-Aquitaine et notamment des informations sur les critères d'habitat (Bertolini et al., 2013). Cependant, les habitats dans lesquels vivent les Fadets en Nouvelle-Aquitaine sont assez différents puisqu'ils sont surtout observés dans les landes humides et boisements de pins qui sont des habitats difficilement comparables à ceux de la tourbière de Lourdes.

Utiliser uniquement les critères trouvés dans la bibliographie afin de caractériser l'habitat favorable au Fadet des Laïches n'aurait donc pas été suffisamment robuste. Une pré-étude permettant de tester sur le terrain à la tourbière de Lourdes quels sont les critères de l'habitat qui sont favorables ou défavorables au Fadet a été développée dans le cadre de cette étude. Le but étant de tester sur le terrain, directement sur la population d'étude, les caractéristiques de l'habitat cités dans la bibliographie. Un état de l'art de tous les critères cités dans la bibliographie a été réalisé. Cet état de l'art a permis d'aboutir au tableau en annexe 1 et de déterminer la liste des variables qui seront testées sur le terrain.

1.5 METHODE DETAILLEE DE LA PRE-ETUDE DE CARACTERISATION DE L'HABITAT FAVORABLE AU FADET DES LAICHES

Afin d'étudier les habitats favorables à la reproduction du Fadet des Laïches il serait intéressant d'observer les habitats où sont pondus les œufs et où sont présentes les larves. Or, étant donné la petite taille de la population, l'observation des comportements de ponte, des œufs et des larves est très complexe et chronophage. Par exemple en 2014 une étude du comportement de ponte et de la reproduction du Fadet des Laïches sur la tourbière de Lourdes par l'AREMIP a été réalisée par 6 personnes qui ont participé à 3 jours d'observation et seulement une femelle a pu être observé en train de pondre (Parde, 2014). Or, en 2014, la population du papillon était assez importante car 94 Fadets avaient été observés en 3 jours. Une observation des œufs ou des larves aurait donc conduit à un échantillon statistique bien trop faible pour pouvoir réaliser des tests statistiques.

Il a donc été décidé d'étudier les imagos, en faisant l'hypothèse que les imagos se déplacent rarement loin de leurs habitats de reproduction. En effet, le Fadet des Laïches est peu mobile, il vole lentement et se déplace rarement sur de grandes distances. Une étude calculant les distances de déplacement des Fadets grâce à un inventaire par la méthode de Capture-Marquage-Recapture (CMR) sur les

tourbières de Mées (Landes – 40) a montré que la distance médiane de dispersion entre deux points de capture était de 150 mètres (Bertolini et al., 2013).

Le principe du protocole d'étude des habitats favorables à la reproduction repose sur l'étude conjointe de la présence des imagos ainsi que des caractéristiques de l'habitat sur les mêmes placettes. Ceci permettra ensuite de réaliser des analyses statistiques pour étudier s'il y a plus de Fadets lorsque certaines caractéristiques de l'habitat sont plus élevées. Les variables présentant des tests statistiques significatifs pourront être validées comme responsables de la favorabilité d'un milieu pour la reproduction du Fadet.

Pour réaliser cette étude, un échantillonnage aléatoire a été mis en place sur les zones potentiellement favorables au papillon de la Lande de Ger. 26 placettes ont été placées aléatoirement dans une zone de 9 ha où des Fadets des Laïches avaient été observés en 2010 et 2014 (Figure 10).

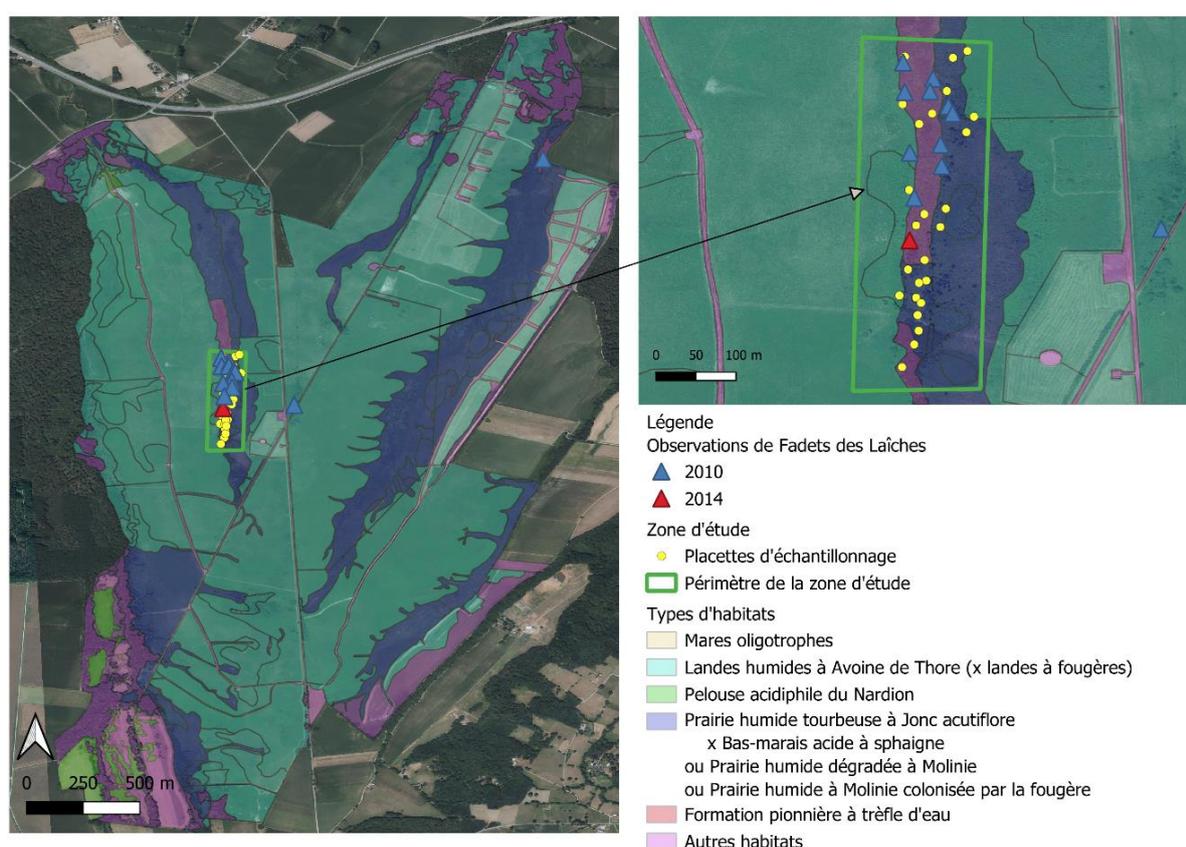
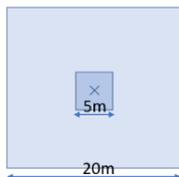


Figure 10 – Cartographies de localisation de la zone d'étude sur la Lande de Ger pour la pré-étude. Localisation des observations de Fadets, placettes d'échantillonnage et habitats principaux présents sur le site.

Une fois sur site, 8 des placettes initialement prévues ont été décalées car elles ne se trouvaient pas dans une zone potentiellement favorable. L'emplacement des placettes a été pensé de sorte qu'au moins 50% des placettes présentent un résultat positif de présence du papillon et que les placettes puissent être représentatives de la diversité des milieux de l'habitat. Le fait qu'au moins 50% des placettes présente un résultat positif est une règle empirique nécessaire pour assurer la viabilité statistique de l'analyse (Besnard & Salles, 2010).

Sur chacune des placettes, deux suivis sont réalisés. Le premier est réalisé au moment du pic de vol du Fadet et comptabilise le nombre de Fadets qui passent dans un carré de 20 mètres par 20 mètres autour du centre de la placette pendant 15 minutes. Le second suivi consiste à étudier les caractéristiques de l'habitat dans un carré de 5 mètres par 5 mètres autour du centre de la placette. Il est important que le quadrat de 5m*5m soit représentatif du quadrat de 20m*20m.



Les caractéristiques de l'habitat à étudier sont les suivantes :

- Homogénéité de la structure de la végétation : nombre de hauteurs de végétations différentes (à ne pas confondre avec le nombre de strates, ici une strate herbacée peut compter double si par exemple il y a *Erica tetralix* de 10 cm de haut et *Molinia caerulea* de 70 cm de haut)
- Strate herbacée :
 - o Pourcentage de recouvrement de la strate herbacée
 - o Hauteur moyenne de la strate herbacée
 - o Pourcentage de recouvrement *Molinia caerulea*,
 - o Pourcentage de la Molinie sous forme de touradons, hauteur moyenne de la base des touradons et largeur moyenne des touradons
 - o Pourcentage de recouvrement *Carex panicea*, de *Schoenus nigricans*, de *Phragmites australis*, de *Juncus acutiflorus* et de fougère
 - o Pourcentage de recouvrement en plantes nectarifères : *Potentilla erecta*, *Erica cinerea*, *Erica tetralix*, *Lythrum salicaria*, *Narthecium ossifragum*, *Mentha sp.* et *Rubus sp.*
 - o Pourcentage de recouvrement des dicotylédones (sans compter les plantes nectarifères)
- Strate arbustive
 - o Pourcentage de recouvrement des espèces arbustives
 - o Hauteur moyenne des espèces arbustives
 - o Pourcentage de recouvrement *Calluna vulgaris*, de *Salix sp.*, de *Alnus glutinosa*, de *Frangula alnus* et de *Frangula alnus* en fleur
- Litière
 - o Pourcentage de recouvrement de la litière
 - o Hauteur moyenne de la litière
- Sol nu ou dégradé
 - o Pourcentage de sol nu (à cause de la présence d'eau stagnante)
 - o Présence/absence de plaques de sol nu (pouvant permettre à la femelle de se reposer pendant la ponte)
 - o Pourcentage de sol perturbé par le piétinement
- Hauteur du niveau des eaux souterraines (mesuré en faisant des trous à la tarière)

La majorité des variables environnementales listées ci-dessus ont été choisies car citées dans la bibliographie comme importantes pour la reproduction ou pour la vie du Fadet plus globalement. Les sources des études dont proviennent les variables sont détaillées dans l'Annexe 1. D'autres variables ont été ajoutées mais n'apparaissent pas explicitement dans la bibliographie, il s'agit du pourcentage de recouvrement par la strate herbacée, de la hauteur moyenne de la base des touradons, du pourcentage de *Phragmites australis*, de *Juncus acutiflorus* et de fougère, de la hauteur de la strate arbustive et des variables concernant le sol nu ou dégradé. Ces variables à tester sur le terrain ont été présentées au groupe de travail sur le Fadet des Laïches et validées par celui-ci.

Une fois le nombre de Fadets des Laïches ainsi que les caractéristiques des habitats relevés, chacune des variables des caractéristiques des habitats est étudiée avec le logiciel R-Studio en réalisant des régressions linéaires (simple et multiples) et des tests de corrélation (test Spearman). A chaque fois, la variable de l'habitat est testée par rapport à la variable du nombre de Fadets observé. Il a aussi été testé de raisonner non pas en nombre de Fadets observés (allant de 0 à 4) mais uniquement en présence/absence (0 ou 1) et les résultats étaient identiques.

Les régressions linéaires permettent de tester les relations entre plusieurs variables et d'établir (ou non) une relation linéaire entre la variable de sortie et la ou les prédicteurs d'entrée. Ces régressions sont réalisées avec la fonction `lm()` du logiciel R-Studio. Des régressions multiples avec la fonction `glm()` ont également été réalisées pour certaines variables dont la réponse du nuage de point semblait ressembler à une gaussienne mais le principe reste le même que pour les régressions linéaires, c'est-à-dire d'évaluer une relation entre deux variables. Des tests de corrélation avec le test de Spearman ont également été réalisés grâce à la fonction `cor.test()` du logiciel R-Studio ; ces tests permettent d'étudier s'il existe une relation monotone (et pas forcément linéaire) entre deux variables. L'analyse de la p-value en sortie des régressions ou des tests de corrélation permet de valider ou non la significativité de la relation entre les variables, si la p-value est inférieure à 5% on peut dire, avec un risque de 5% de se tromper, que la relation entre les variables est significative.

1.6 METHODE DE CREATION DU PROTOCOLE D'ÉVALUATION DES HABITATS POUR LA REPRODUCTION DU FADET DES LAICHES

Le protocole d'évaluation des habitats se base sur le même principe que celui d'évaluation de l'état de conservation développé par Patrinat (*Méthodologies d'évaluation de l'état de conservation des habitats* | PatriNat, centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, s. d.) (Figure 11). Des paramètres de l'habitat sont évalués grâce à des indicateurs qui selon leurs valeurs par rapport aux seuils se voient attribués des notes. La note finale de chaque habitat correspond à la somme des notes des indicateurs.

Indicateurs	Valeurs seuils	Note
A	$0 < A < 3$	0
	$3 < A < 6$	-5
	$6 < A < 9$	-10
B	$100\% < B < 80\%$	0
	$80\% < B < 20\%$	-10
	$20\% < B < 0\%$	-20
C	$C > 10$	0
	$C < 10$	-15
Note finale		$100 - 0 - 20 - 15 = 65$



Figure 11 - Schéma présentant la méthode d'évaluation des habitats par Patrinat (Epicoco & Viry, 2015)

Grâce aux résultats de la pré-étude, les variables de l'environnement qui ont été prouvées comme corrélées au nombre de Fadets sont sélectionnées pour le protocole d'évaluation des habitats. Cependant, étant donné que le nombre de ces variables n'était pas suffisant, d'autres indicateurs décrits dans la bibliographie comme significativement corrélés à la présence de Fadet ont été sélectionnés. Une fois ces indicateurs sélectionnés, il est nécessaire de définir des seuils qui permettent de déterminer à partir de quel niveau un habitat peut être décrit comme favorable. Ces seuils sont assez difficiles à déterminer étant donné que la bibliographie ne détaille pas toujours les seuils des indicateurs.

3. RESULTATS

3.1. RESUME DE L'ETUDE DU COMPORTEMENT DE PONTE ET DE LA REPRODUCTION DU FADET DES LAICHES SUR LA TOURBIERE DE LOURDES A L'ETE 2014 PAR L'AREMIP

L'observation des pontes a été faite sur la partie nord-est de la tourbière, qui est la zone qui comptabilisait le plus d'observation de Fadets en 2014. Cette zone a la particularité d'être plus proche d'un bas-marais alcalin que d'une prairie à Molinie. En effet, la présence de Molinie y est moins forte que sur d'autres zones de la tourbière de Lourdes et les conditions moins acides conduisent à une diversité d'herbacées plus grande. 7 pontes sur 5 localisations différentes ont pu être observées (Parde, 2014). Sur les 5 plantes utilisées pour pondre, 2 étaient la Molinie bleue et 3 étaient le Choin noirâtre. Dans tous les cas la Molinie bleue se trouvait à proximité du lieu de ponte. Ce n'est pas étonnant que les œufs soient pondus sur une plante autre de la plante hôte (la Molinie bleue) car le choix de l'espèce sur laquelle est pondu l'œuf semble assez peu spécifique pour ce papillon et dépend plutôt de la plante majoritaire sur le site de ponte (Čelik et al., 2014). Les chenilles migrent ensuite dans presque tous les cas vers la Molinie pour s'en nourrir. Les observations de la feuille sur laquelle était pondu l'œuf ont montré que les œufs étaient pondus sur des feuilles vertes mais aussi sur des feuilles sèches donc la comestibilité de la feuille sur laquelle est pondu l'œuf ne semble pas être un critère. La végétation à proximité de la feuille de ponte était composée en moyenne de 41% de Molinie bleue (de 25 à 50) et 20% de Choin noirâtre (de 10 à 35%). D'autres espèces étaient également présentes sur certains des lieux de ponte, de façon décroissante en pourcentage de recouvrement : la bruyère cendrée (6.2% en moyenne), la marisque (6% en moyenne), l'eupatoire chanvrine (3.2% en moyenne), puis avec un très faible recouvrement, l'ossifrage, la cirse anglaise, la bourdaine, l'osmonde et la salicaire. Concernant la litière, elle était présente dans 3 des 5 lieux avec un pourcentage de recouvrement de 20 et 30%, soit en moyenne à 11% de recouvrement. Enfin, la hauteur moyenne de la végétation autour des sites de ponte était de 91 cm (de 55cm à 128cm). La grande différence entre 55cm et 128cm amène à se demander si la hauteur de la végétation est réellement un critère pour le Fadet. En effet, une étude a montré que le Fadet des Laïches s'accommode aux différentes hauteurs de la végétation herbacée pour pondre ses œufs puisque la hauteur de ponte des œufs est significativement corrélée à la hauteur de la végétation (Čelik et al., 2014).

Il est difficile de tirer des conclusions de ces observations étant donné qu'on ne connaît pas les caractéristiques des habitats sur lesquels les Fadets n'ont pas pondé. On ne peut donc pas savoir si ces paramètres sont plus ou moins élevés que la moyenne sur tout le site.

En comparant les caractéristiques de l'habitat sur lequel le Fadet pondait sur la partie nord-est de la tourbière de Lourdes en 2014 avec l'habitat de la Lande de Ger où les Fadets prospèrent, on observe que les habitats sont assez différents. Les différences concernent le pourcentage de recouvrement en Molinie, la hauteur des touradons, la présence de litière et la diversité des espèces végétales autre que la Molinie. Par exemple, les lieux d'observation de Fadets sur la Lande de Ger présentaient tous un recouvrement en Molinie supérieur à 80% (41% à Lourdes) et un pourcentage de recouvrement de litière toujours supérieur à 90% (11% à Lourdes). Aussi, les espèces autres que la Molinie représentent en moyenne à Lourdes 43% mais seulement 31% à la Lande de Ger. La hauteur de la végétation est par contre similaire puisqu'elle est de 104cm en moyenne sur les placettes où étaient observés des Fadets à la Lande de Ger et de 91cm à Lourdes.

Suite à cette comparaison, on peut donc déjà se demander si le choix du Fadet concernant ses habitats est si spécifique. Mais il faut prendre en compte le fait qu'il n'y a eu que 5 lieux de ponte observés sur la tourbière de Lourdes et qu'il est donc difficile d'en tirer des conclusions. Les deux sites semblent très différents car sur un site la Molinie domine fortement et dans l'autre non mais il suffit peut-être seulement de 25% de Molinie pour que l'habitat soit favorable à la reproduction du Fadet. La suite de l'étude tentera de déterminer ceci.

3.2. ANALYSE PAR AFC DE LA PRESENCE DU FADET A LA TOURBIERE DE LOURDES EN FONCTION DES HABITATS, DES ESPECES PRESENTES ET DES VARIABLES ECOLOGIQUES

Le Fadet des Laïches est majoritairement présent dans des habitats présentant sa plante hôte *Molinia caerulea*, mais il est intéressant d'étudier l'abondance du Fadet conjointement avec l'abondance des autres espèces végétales. En effet, les espèces végétales ayant souvent des exigences écologiques, elles sont indicatrices des caractéristiques écologiques du milieu. Ainsi, en observant les espèces végétales présentes dans les milieux où le Fadet des Laïches est présent, il peut être déduit les conditions écologiques favorables au papillon.

Pour cette analyse, la méthodologie est différente des autres analyses par régressions linéaires car le nombre de variables à étudier est élevé donc la méthode utilisée est l'AFC. Les données utilisées pour réaliser cette AFC sont les espèces végétales des relevés botaniques réalisés par Biotope dans le cadre de la cartographie des habitats d'intérêt communautaire en 2020. Pour les données de présence du Fadet, ce sont en 2020 les données de présence issues de la CMR et pour 2021 et 2022 les données de présence issues des transects.

La figure 12 présente sur la dimension 1 et 2 de l'AFC les habitats et les espèces de la tourbière ainsi que les variables supplémentaires correspondants aux observations de Fadets des Laïches.

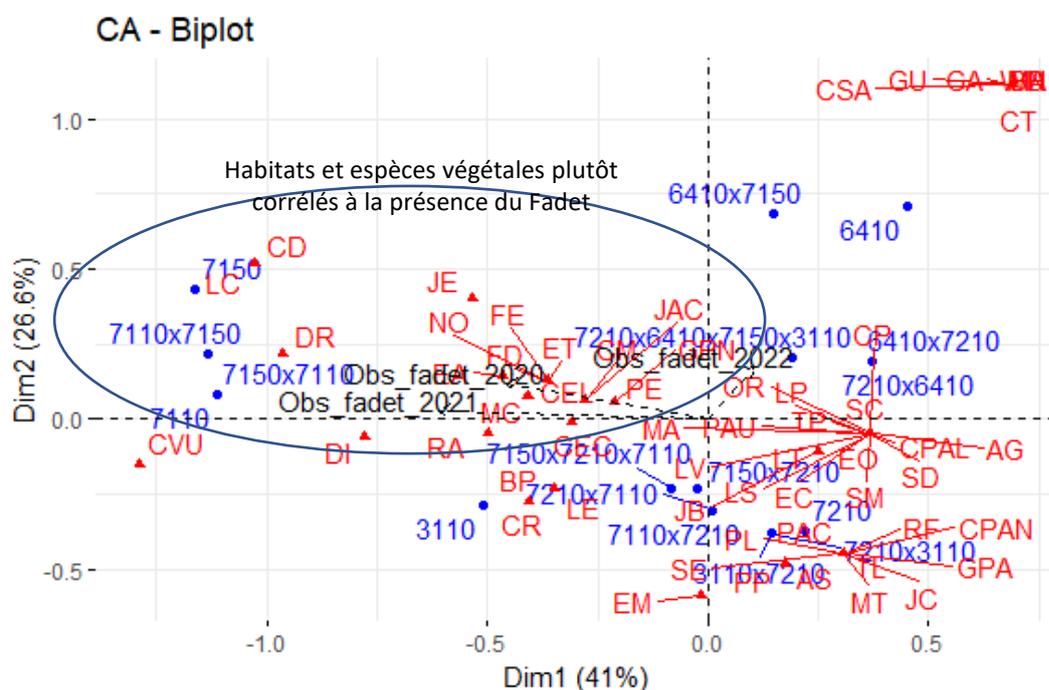


Figure 12 - AFC sur les dimensions 1 et 2 des habitats (Code N2000) et espèces végétales (Initiales du nom latin, détail des initiales en annexe 2) ainsi que les variables supplémentaires des observations Fadet 2020 (Obs_Fadet_2020), 2021 (Obs_Fadet_2021) et 2022 (Obs_Fadet_2022)

On y visualise des groupes d'habitats présentant des associations végétales similaires. On retrouve sur l'AFC qu'entre 2020 et 2022 les Fadets des Laïches sont plus souvent observés dans les habitats 7150 (Dépressions sur substrats tourbeux du Rhynchosporion) et 7110 (Tourbières hautes actives), car les flèches « Obs_fadet_2021/2022/2023 » sont proches des points représentant ces habitats, ce qui concorde avec les observations sur le terrain. Si on s'intéresse aux espèces végétales, on voit que les espèces qui déterminent le plus ces habitats 7110 et 7150 sont *Calluna vulgaris* (CVU), *Luzula campestris* (LC), *Carex demissa* (CD), *Drosera rotundifolia* (DR) et *Drosera intermedia* (DI). Cela ne signifie pas que le Fadet recherche ces plantes mais que ce sont des plantes propres aux habitats 7110 et 7150 et qu'on retrouve peu dans les autres habitats.

Aussi, on voit que les Fadets ne sont pas ou peu observés dans les habitats 7210 (Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du Caricion *davallianae*), 6410 (Prairie à *Molinia* sur sol calcaire, tourbeux ou argilo-limoneux) et 3110 (Eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines limoneuses).

Grâce aux indices de valence écologique par Julve (2005-2020) (indices propres à chaque espèce selon son autécologie) (Julve, 2011), il est possible de connaître pour chaque espèce végétale ses préférences écologiques concernant les variables lumière, température, continentalité, humidité atmosphérique, humidité édaphique, pH, niveau trophique, salinité, texture et matière organique. Il est donc possible pour chaque habitat de calculer la moyenne de ces variables et d'avoir un aperçu des conditions environnementales des habitats. Les valeurs moyennes des variables environnementales de chaque habitat ont été rentrées dans le tableau de données de l'AFC et les variables ont été ajoutées en tant que variables supplémentaires (ceci signifie que les variables ne servent pas à construire les axes de l'AFC mais sont seulement visualisées sur l'AFC). On obtient l'AFC suivante (Figure 13).

et de *Narthecium ossifragum*. Au final, 22 variables environnementales ont donc été testées statistiquement.

La zone de la Lande de Ger sur laquelle a été réalisée la pré-étude est particulièrement moins diversifiée en espèces végétales que la tourbière de Lourdes. La Molinie est très dominante et les zones où sont présentes d'autres espèces sont surtout sur le pourtour des dépressions où l'eau stagne, ou en bordure des zones où l'eau coule. De plus, la zone était assez homogène contrairement à la tourbière de Lourdes qui présente une diversité forte d'habitats à proximité les uns des autres. C'est pourquoi plusieurs paramètres se sont avérés être souvent nuls à la lande de Ger.

20 Fadets des Laïches ont été observés au total sur 9 des 26 placettes. 15 placettes n'ont pas fourni d'observation de papillon. Ceci conduit à avoir un échantillon statistique de présence assez faible et peut expliquer que peu de résultats se sont avérés significatifs.

Parmi les 22 variables environnementales testées, seule une variable montre un lien linéaire significatif avec le nombre de Fadets observés, il s'agit de la hauteur moyenne des espèces arbustives ($R^2 = 1.099$, $DF = 24$, p -value = 0.033). Par « espèces arbustives » il est sous-entendu les ligneux de moins de 7m tels que les saules, *Salix sp.*, l'aulne, *Alnus glutinosa*, la bourdaine, *Frangula alnus*, ou encore la callune, *Calluna vulgaris*. Plus les espèces arbustives sont hautes, moins on observe de Fadets des Laïches. Un test de régression linéaire a également été réalisé en prenant en compte uniquement les observations de Fadets qui étaient posés sur la végétation (et non ceux en vol) car ceci est plus représentatif de la qualité de l'habitat. La hauteur de la strate arbustive est également significativement liée linéairement avec le nombre de Fadets posés ($R^2 = 0.526$, $DF = 24$, p -value = 0.044). Les figures 14 et 15 présentent les représentations graphiques des deux régressions linéaires citées précédemment.

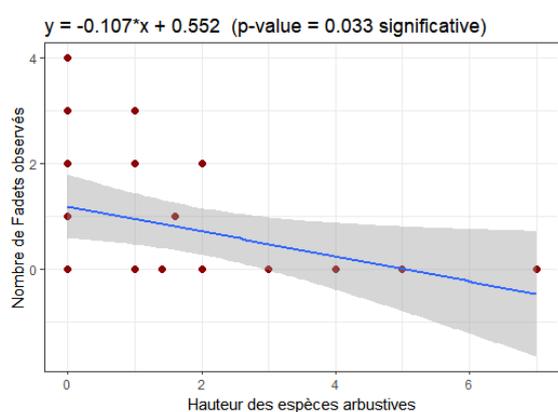


Figure 14 - Nombre de Fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives

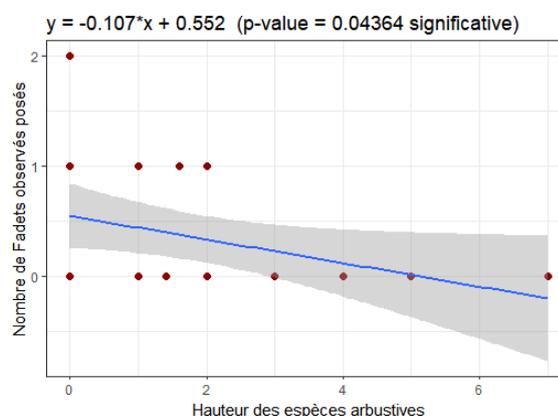


Figure 15 - Nombre de Fadets observés posés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives

La variable du pourcentage de recouvrement en espèces arbustives ne présente pas de relation linéaire significative avec le Fadet (p -value = 0.119 > 5%) par contre elle présente un lien monotone significatif avec le nombre de Fadets observés (Coef de corrélation = -0.456, p -value = 0.019). Puisque la corrélation de Spearman ne repose pas sur un modèle, il n'est pas possible de la représenter graphiquement. La figure 16 présente donc uniquement le nuage de points.

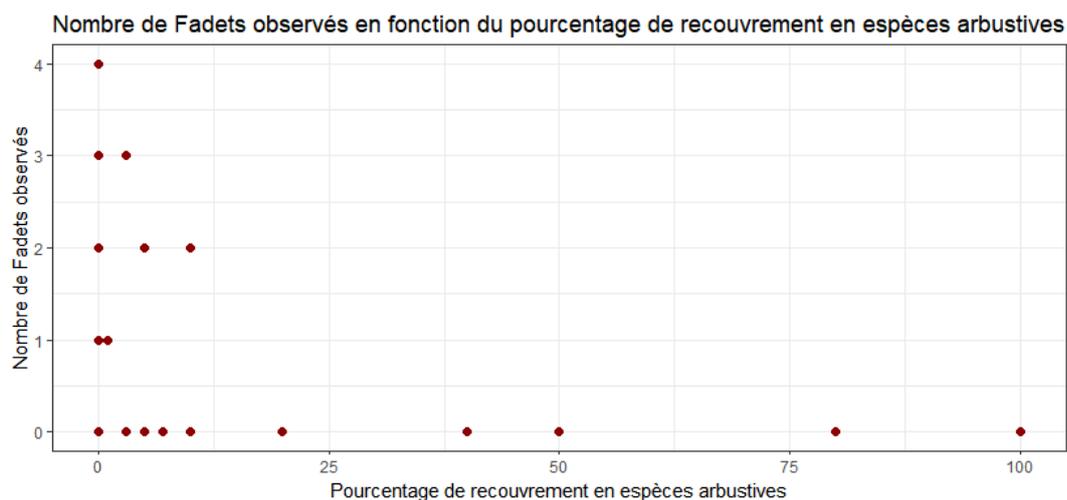


Figure 16 - Nombre de Fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction du pourcentage de recouvrement en espèces arbustives

Ces résultats de corrélation négative entre la hauteur moyenne des espèces arbustives et le recouvrement, et celle du Fadet des Laïches sont en accord avec la bibliographie. La prolifération des jeunes ligneux (ainsi que du roseau) est citée comme type de dégradation du milieu en défaveur du Fadet (Čelik & Verovnik, 2010) même si une faible présence d'espèces arbustive semble être favorable puisque cela fournit au papillon un meilleur microclimat pour les étés chauds (Örvössy et al., 2013). En Slovénie et en Italie les sites sur lesquels sont pondus les œufs sont préférentiellement ceux ayant un pourcentage de recouvrement des buissons moins élevé (Čelik et al., 2014).

3.4. CREATION DU PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES HABITATS POUR LA REPRODUCTION DU FADET

Grâce à la pré-étude on peut retenir deux variables pour le protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet sur la tourbière de Lourdes : la hauteur moyenne des espèces arbustives et le pourcentage de recouvrement. Une fois ces deux variables sélectionnées pour l'évaluation de la qualité des habitats, il faut définir les valeurs seuils des variables qui permettront d'attribuer une note de favorabilité.

- Hauteur moyenne des espèces arbustives (et de *Phragmites australis*)

Pour la hauteur des espèces arbustives, il a été décidé de considérer pour valeurs seuil d'un habitat favorable le point de croisement entre la ligne horizontale des abscisses où $y =$ le nombre de Fadets observés = 0 et la ligne grise extérieure représentant l'incertitude de 5% autour de la droite de régression. Ce seuil correspond à la limite à partir de laquelle il est très probable, avec un risque de 5%, de rencontrer plus de 0 Fadet. De plus, une autre valeur seuil plus élevée correspondant à un habitat très favorable peut également être définie par le croisement entre la ligne horizontale où $y =$ le nombre de Fadets observés = 0.5 et la ligne grise extérieure représentant l'incertitude de 5% autour de la droite de régression. Cette dernière valeur seuil correspond à une probabilité forte, au risque 5%,

de rencontrer plus de 0.5 papillon. Pour la hauteur moyenne de la strate arbustive, les deux seuils seront donc 1m et 3m (Flèches orange sur les figures 17 et 18).

Pour cet indicateur, les roseaux *Phragmites australis* seront aussi pris en compte dans le calcul de la hauteur car même si ce ne sont pas des arbustes, et qu'ils n'ont donc pas les mêmes effets sur les conditions microclimatiques, ils représentent un obstacle au déplacement du Fadet à cause de leur hauteur. Par exemple dans la partie nord de la tourbière nord-est le roseau est très présent et la végétation est proche des 2 mètres ce qui rend le milieu fortement défavorable pour le Fadet.

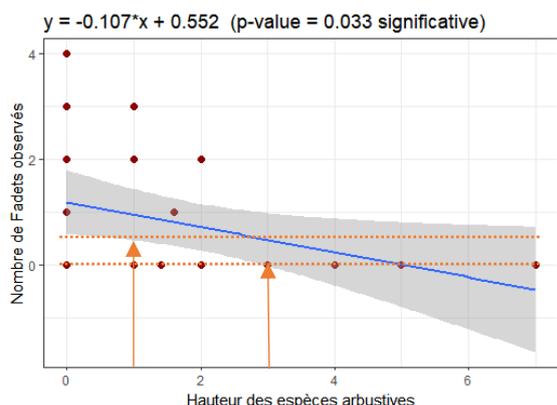


Figure 17 - Nombre de Fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives

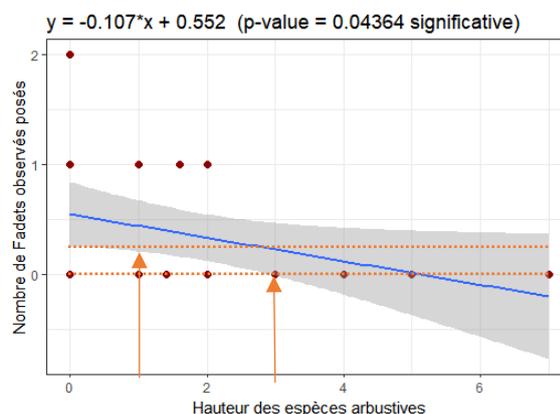


Figure 18 - Nombre de Fadets observés posés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction de la hauteur moyenne des espèces arbustives

Tableau 1 - Paramètre, indicateur « Hauteur moyenne des espèces arbustives (et de *Phragmites australis*) » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Paramètre	Indicateur	Seuil	Note
Présence d'espèces arbustives	Hauteur moyenne des espèces arbustives (et de <i>Phragmites australis</i>)	=< 1m	2
		Entre 1 et 3m	1
		>= 3m	0

- Pourcentage de recouvrement des espèces arbustives (et de *Phragmites australis*)

Pour le pourcentage de recouvrement des espèces arbustives, il est plus complexe de trouver comment définir les seuils étant donné qu'il n'y a pas de relation linéaire avec le nombre de Fadets observés mais seulement une corrélation. On observe sur la figure 18 qu'à partir de 10% de recouvrement, plus aucune placette n'a permis l'observation de papillon donc il a été choisi de sélectionner cette valeur comme seuil (ligne orange sur la figure 19).

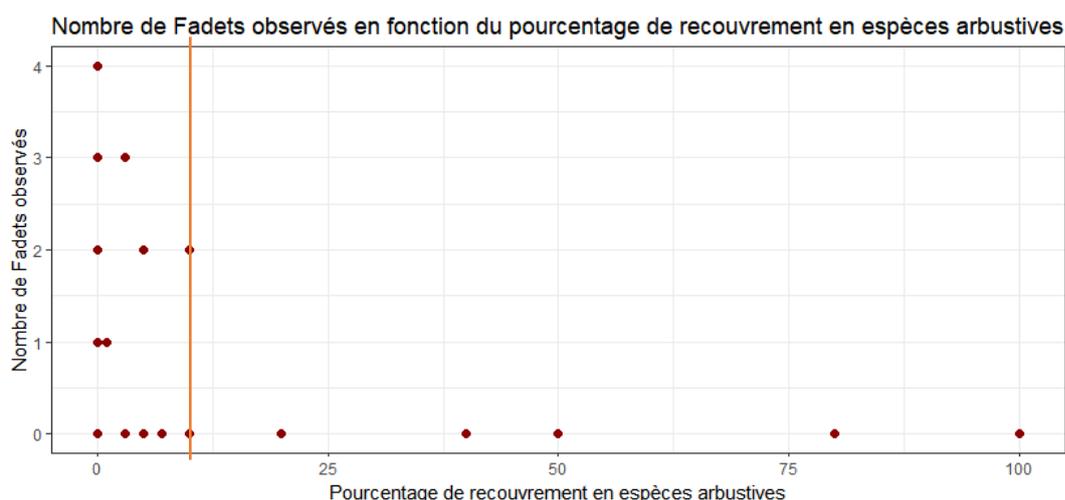


Figure 19 - Nombre de fadets observés dans chaque placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction du pourcentage de recouvrement en espèces arbustives

Pour cet indicateur, les roseaux *Phragmites australis* seront aussi pris en compte dans le calcul du pourcentage de recouvrement des espèces arbustives, même s'il ne s'agit pas à proprement parler d'une espèce arbustive.

Dans le cadre de l'étude des populations de toute la Nouvelle-Aquitaine par le CEN Nouvelle-Aquitaine, une étude des comportements du Fadet selon le pourcentage de fermeture du milieu et selon la hauteur de la végétation a été réalisée (Bertolini et al., 2013). Cette étude montre que pour des végétations de strate arbustive de 2m à 4m, les comportements de demi-tour vis-à-vis de cette végétation étaient fortement majoritaires (plus de 70% des comportements) au-delà de 50% de recouvrement de la strate arbustive. Entre 25 et 50% de recouvrement le comportement de contournement avait lieu dans 60% des cas et dans 10% des cas le Fadet faisait demi-tour. Ceci montre bien que lorsque la végétation de type arbustive est présente à plus de 25% les Fadets la traverse peu et ne passent pas souvent par-dessus mais la contournent ou font demi-tour. Un seuil de 25% a donc été rajouté.

Tableau 2 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement des espèces arbustives (et de *Phragmites australis*) » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Paramètre	Indicateur	Seuil	Note
Présence d'espèces arbustives	Pourcentage de recouvrement des espèces arbustives (et de <i>Phragmites australis</i>)	=<10%	2
		Entre 10 et 25%	1
		>= 25%	0

Malheureusement, aucune autre variable testée lors de la pré-étude n'a montré de lien significatif avec le nombre de Fadets observés. Ceci est soit lié au fait que le Fadet ne soit pas un papillon avec des fortes préférences, soit lié au fait que l'hypothèse selon laquelle les imagos ne se déplacent jamais loin des habitats qui sont favorables à leur reproduction soit fautive, soit lié au fait que l'échantillon de la pré-étude était trop petit et ne permettait pas de réelles conclusions sur les préférences du papillon.

La grille d'évaluation de la qualité des habitats pourrait se limiter à seulement ces deux critères, mais il est dommage qu'aucun autre critère ne prenne en compte la strate herbacée, car même si elle ne

s'est pas révélée corrélée à la présence de Fadet, celle-ci est importante. Par exemple, le critère « pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue » n'a pas été validé par la pré-étude alors qu'une étude réalisée sur les populations de Nouvelle-Aquitaine a montré qu'il existe une relation monotone statistique significative entre le pourcentage de Molinie et l'indice d'abondance moyen des Fadets (Bertolini et al., 2013). Il se peut que le fait que cette variable n'ait pas été significative lors de la pré-étude soit lié au fait qu'à la Lande de Ger l'habitat était très homogène concernant la Molinie.

Ainsi, en plus des deux critères validés par la pré-étude, d'autres critères évoqués dans la bibliographie seront également ajoutés.

Choix des critères selon la bibliographie

La sélection des critères d'après la bibliographie s'est faite selon plusieurs exigences. Premièrement, l'étude citant le critère devait avoir réalisé un test de significativité et ne pas être uniquement basée sur des dires d'expert. Ensuite, si plusieurs études différentes mentionnaient le critère, les résultats devaient être similaires. Enfin, le critère devait être applicable à la tourbière de Lourdes.

Les critères retenus sont présentés ci-dessous.

- Le pourcentage de recouvrement en plante hôte : Molinie bleue, *Molinia caerulea*

Une étude bibliographique a été réalisée afin de déterminer quelles sont les plantes hôtes du Fadet des Laïches. La plante hôte étant l'espèce végétale qui constitue à la fois l'aliment et le lieu de croissance du papillon de la ponte vers un nouveau stade. Une confusion peut être faite entre plante hôte, et plante où les œufs sont pondus mais dont les larves ne se nourrissent pas. Par exemple, des œufs sont parfois pondus sur *Calluna vulgaris* mais les larves se déplacent ensuite toujours vers *Molinia caerulea* car elles ne se nourrissent pas de *Calluna vulgaris* (Bonelli et al., 2010).

Dans la bibliographie, les espèces les plus souvent citées comme plantes hôtes pour le Fadet des Laïches sont *Molinia caerulea* et *Shoenus nigricans* (J. Lafranchis, 2004). D'autres espèces sont également citées comme plantes hôtes : *Carex davalliana* (Čelik et al., 2009, 2014; Sielezniew et al., 2010), *Carex distans* (Čelik, 2003; Slovenia et al., 2004), *Carex flava* (Čelik, 2003; Slovenia et al., 2004), *Carex hostiana* (Čelik, 2003; Slovenia et al., 2004), *Carex panicea* (Bräu, 2016; Bräu et al., 2010; Čelik et al., 2014), *Carex pilulifera* (Bräu et al., 2010), *Carex tomentosa* (Šašić, 2010), *Deschampsia caespitosa* (Bräu et al., 2010), *Eriophorum spp.* (Slovenia et al., 2004), *Lolium sp.* (Tshikolovets, 2003), *Poa annua* (Bensettiti & Gaudillat, 2002; Demergès & Luquet, 2007; LHONORÉ, 1998), *Poa palustris* (Demergès & Luquet, 2007; LHONORÉ, 1998), *Poa pratensis* (T. Lafranchis, 2000; Lhonoré, 1996) et *Pseudoarrhenatherum longifolium* (Dierks, 2006).

Certaines espèces, comme *Shoenus nigricans*, *Poa sp.*, *Carex panicea*, *Carex pilulifera* et *Deschampsia caespitosa* ont été considérées comme des plantes hôtes suite à des expériences ex-situ (Bräu et al., 2010; LHONORÉ, 1998) mais aucune observation sur le terrain n'a jamais prouvé que les chenilles en consomment. *Shoenus nigricans*, bien que très souvent citée dans la bibliographie, n'a pas été considéré comme plante hôte dans cette étude pour cette raison. En enlevant toutes les espèces n'ayant pas de preuves assez fortes d'observation sur le terrain, seule *Molinia caerulea* et *Carex*

panicea ont été considérées comme plantes hôtes dans cette étude. Sur la tourbière de Lourdes *Carex panicea* n'a pas été observé récemment donc seule *Molinia caerulea* est considéré comme une plante hôte pour le Fadet à la tourbière de Lourdes.

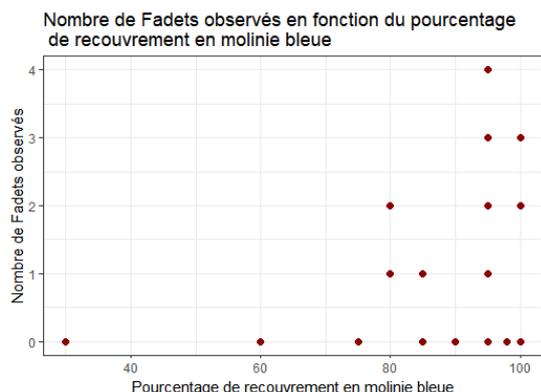


Figure 20 - Nombre de Fadets observés par placette pendant les 15 minutes d'observation en fonction du pourcentage de recouvrement en Molinie bleue

Même si dans la pré-étude sur la Lande de Ger le test de régression linéaire simple et multiple et le test de Spearman entre le pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue et le nombre de Fadets n'ont pas donné de relation significative, on observe visuellement avec le nuage de point que plus le pourcentage de Molinie est élevé plus le nombre de Fadets est grand (Figure 20).

De plus, la bibliographie cite très souvent ce paramètre comme déterminant dans la favorabilité de l'habitat. Par exemple, l'étude portant sur les populations de Nouvelle-Aquitaine a permis d'établir

un lien de corrélation entre le pourcentage de recouvrement en Molinie et l'abondance d'individus moyens contactés (test de Spearman, p-value = 0.004) (Bertolini et al., 2013).

Cette même étude présente aussi le cas particulier plus détaillé du Massif des Landes de Gascogne et de la Double Périgourdine et Bessède. Pour ces deux sites, les résultats sont représentés sur la figure 21. On voit qu'à partir de la classe de recouvrement 50-75 la probabilité d'observer un Fadet s'approche de 0.5 puisque le pourcentage de contacts positifs monte dans un cas à 40 et dans l'autre à 56%. La valeur de 50% de recouvrement a

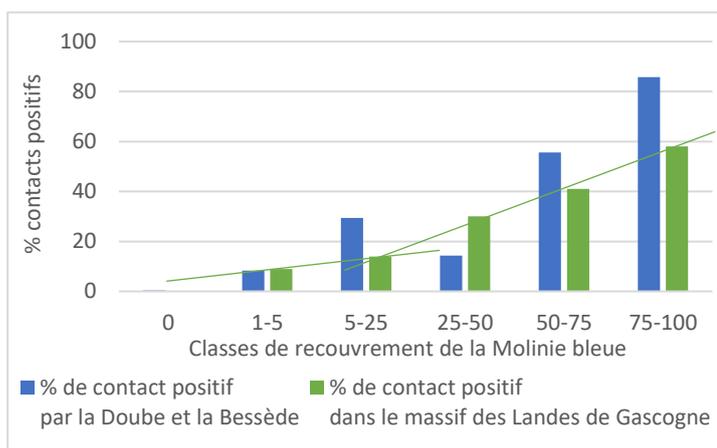


Figure 21 - Pourcentage de contacts positifs sur le site de la Doube et la Bessède et sur le site du massif des Landes de Gascogne en fonction du pourcentage de recouvrement en Molinie bleue (Bertolini et al., 2013)

donc été choisie comme valeur seuil pour cet indicateur. De plus, une valeur seuil plus basse, de 25% a été également été choisie car dans le cas du massif des Landes de Gascogne il y a moins de 15% de contact positif de contact de Fadet des Laïches en dessous de 25% de molinie, puis à partir de 25% la pente de probabilité d'observation du papillon en fonction du recouvrement de Molinie change et devient plus élevée (ligne de pentes en vert sur la Figure 21).

Tableau 3 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Paramètre	Indicateur	Seuil	Note
Présence de plante hôte	Pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue	>= 50%	2
		Entre 25 et 50 %	1
		<= 25%	0

- Le pourcentage de recouvrement en Molinie bleue, *Molinia caerulea*, qui se trouve sous la forme de touradons

Une distinction est faite entre le pourcentage de Molinie et le pourcentage de Molinie en touradons car sur la tourbière de Lourdes (contrairement à la Lande de Ger) il existe des zones avec un fort recouvrement en Molinie mais dont seulement une très petite partie est en touradons. Ainsi, la capacité d'accueil pour la reproduction n'est pas du tout la même, même si la Molinie est présente. Le fait que la Molinie soit à certains endroits sous forme de tapis plutôt que de touradons est lié au fait que le battement de la nappe phréatique y est plus faible, que la présence d'une nappe d'eau affleurante est moins courante et que le piétinement par les animaux est plus fort.

La présence de touradons est indispensable pour le cycle de vie des chenilles du papillon puisqu'elles utilisent la touffe de Molinie pour s'enfouir pendant l'hiver et pour monter et descendre selon le niveau d'eau de la tourbière (Lhonoré & Lagarde, 1999). Une étude réalisée en Hongrie a montré une corrélation significative entre la surface couverte par des touradons et la densité de population en Fadet (Örvösy et al., 2013). Cependant, l'étude ne précise pas les données brutes derrière ces affirmations. Il n'est donc pas possible d'établir une valeur seuil à partir de cette étude. Sans données de valeurs disponibles dans la bibliographie, il a été décidé de considérer la présence ou absence de touradons de Molinie. Mais étant donné l'incertitude concernant les valeurs seuils de cet indicateur, il a été décidé d'appliquer un poids plus faible qu'aux autres indicateurs en affectant des notes seulement de 0 à 1 et non de 0 à 2.

Lors de la phase de terrain sur la tourbière de Lourdes, la Molinie est considérée comme « Molinie en touradon » dès qu'elle présente une structure sous forme de touffe dont la surface est supérieure à la surface du sol de quelques centimètres. En règle générale, le terme « touradon » est utilisé pour décrire une structure en touffe de plus de 40 cm de hauteur (*Définition de Touradon*, s. d.) mais il a été ici décidé de considérer que la Molinie est en touradon même si la touffe est inférieure à 40 cm. Sur la tourbière de Lourdes de nombreuses touffes de Molinie sont inférieures à 40 cm (probablement à cause du pâturage) mais pourraient tout de même permettre de remplir la fonction d'accueil pour la reproduction du Fadet des Laïches.

Tableau 4 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement par les touradons » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Paramètre	Indicateur	Seuil	Note
Présence de plante hôte	Pourcentage de recouvrement par les touradons	> 0 % : présence	1
		= 0 % : absence	0

- Pourcentage de recouvrement par la litière

La litière désigne ici la couche de végétaux morts plus ou moins dégradés présents sur le sol. Le pourcentage de recouvrement par la litière était élevé sur quasiment toute la zone étudiée sur la Lande

de Ger (91 % en moyenne), il était donc plus complexe d'observer une corrélation. En revanche, sur la tourbière de Lourdes le pâturage a conduit à ce que la litière soit beaucoup moins présente. Une étude réalisée en Hongrie a démontré que la présence de litière est significativement corrélée positivement avec la taille de la population des papillons (Örvösy et al., 2013). Une autre étude synthétisant les données de préférences d'habitats en Allemagne, Italie et Slovénie a conclu que le pourcentage de litière est significativement plus élevé dans les zones où les larves se trouvent (Čelik et al., 2014). Pour ces 3 pays en dessous de 20% de litière aucune larve de Fadet n'était observée. On peut donc considérer 20% comme une valeur de seuil adéquate pour cet indicateur.

Tableau 5 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de recouvrement par la litière » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Paramètre	Indicateur	Seuil	Note
Présence de litière au sol	Pourcentage de recouvrement par la litière	> 20%	2
		=< 20%	0

- Pourcentage de sol visiblement perturbé

En prenant exemple sur les indicateurs utilisés dans les études de l'état de conservation, des indicateurs d'altération peuvent être pertinents. Dans le cas de tourbières pâturées ou très fréquentées par l'Homme, des zones peuvent être dénaturées et le sol mis à nu. Les raisons de ces dégradations du sol peuvent être le surpiétinement par l'Homme, par les machines (telles que le quad utilisé pour le déboisement en 2010) ou par les bêtes qui pâturent. Dans ces zones, aucune végétation ne pousse, non pas car les conditions ne sont pas favorables, mais uniquement à cause de perturbations. Même si le piétinement en lui-même n'a aucun effet sur le Fadet, il modifie les conditions du milieu et limite localement la croissance de la végétation. Une placette où l'habitat est de bonne qualité pour la reproduction du Fadet mais dont 20% de la surface est dégradée (par exemple par piétinement) devrait avoir une note de qualité plus faible afin d'alerter sur la situation d'altération en cours. La valeur seuil choisie est de 10% car il s'agit du seuil habituellement utilisé dans les études de l'état de conservation des prairies à Molinie (Maciejewski et al., 2013).

Tableau 6 - Paramètre, indicateur « Pourcentage de sol visiblement perturbé » et seuil pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Paramètre	Indicateur	Seuil	Note
Présence d'altération de l'habitat lié à une cause extérieure	Pourcentage de sol visiblement perturbé	< 10%	2
		>= 10%	0

- Autres variables non sélectionnées

D'autres caractéristiques de l'habitat sont dans certaines études considérées comme favorables mais n'ont pas été sélectionnées pour l'évaluation des habitats. Les raisons pour lesquelles ces indicateurs n'ont pas été sélectionnés sont résumées dans le tableau en annexe 1.

Grille d'évaluation finale

Le tableau 7 présente les indicateurs et seuils sélectionnés pour le protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.

Tableau 7 - Paramètres, indicateurs et seuils retenus pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches à la tourbière de Lourdes

Paramètre	Indicateur	Source indicateur	Seuils	Note	Source pour les valeurs seuils
Présence d'une strate arbustive	Pourcentage de recouvrement des espèces arbustives (et de <i>Phragmites australis</i>)	(Bertolini et al., 2013; Čelik et al., 2009, 2014; Čelik & Verovnik, 2010)	=<10% favorable Entre 10 et 25% peu favorable >= 25% défavorable	2 1 0	Pré-étude à la Lande de Ger
	Hauteur moyenne des espèces arbustives (et de <i>Phragmites australis</i>)	(Bertolini et al., 2013)	=< 1m favorable Entre 1 et 3m peu favorable >= 3m défavorable	2 1 0	
Présence de plante hôte	Pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue, <i>Molinia caerulea</i>	(Bertolini et al., 2013; Čelik et al., 2014)	>= 50% favorable Entre 25 (inclus) et 50 % peu favorable =< 25% défavorable	2 1 0	(Bertolini et al., 2013)
	Pourcentage de recouvrement par les touradons	(Örvössy et al., 2013)	Présence : Plus de 0 % favorable Absence : =< 0% défavorable	1 0	Pas de source pour les valeurs seuils
Présence de litière au sol	Pourcentage de recouvrement par la litière	(Bräu et al., 2010; Čelik et al., 2014; Örvössy et al., 2013)	>20% favorable =<20% défavorable	2 0	(Čelik et al., 2014)
Altérations de l'habitat	Pourcentage de sol visiblement perturbé	(Maciejewski et al., 2013)	< 10% favorable >=10% défavorable	2 0	(Maciejewski et al., 2013)

La somme des notes de tous les indicateurs conduit à une note finale sur 11 points. Il est difficile de déterminer à partir de quelle note il est possible d'affirmer que l'habitat est suffisamment favorable pour accueillir la reproduction du Fadet des Laïches. Les notes servent à comparer les zones entre elles ainsi que les zones entre les différentes années de suivi plutôt qu'à déterminer de façon binaire si oui ou non l'habitat est favorable puisqu'il s'agit plutôt d'une continuité entre peu favorable et très favorable.

3.5. APPLICATION DU PROTOCOLE D'ÉVALUATION DES HABITATS POUR LA REPRODUCTION DU FADET DES LAÏCHES

L'application du protocole d'évaluation sur la tourbière de Lourdes doit être réalisable en seulement une demi-journée voir une journée maximum par la chargée de mission Natura 2000 car ce protocole a pour objectif d'être réalisé tous les ans donc il doit être rapide. Ainsi, la zone étudiée ne peut pas être les 16 hectares de la tourbière. Il a été décidé de réaliser une première étude des zones qui sont potentiellement favorables, c'est-à-dire des zones qui présentent de la Molinie en touradons. Le but

étant d'exclure de l'étude d'évaluation des habitats les zones sans Molinie en touradons qui ne seront donc jamais favorables au Fadet.

Protocole ayant permis d'établir les zones potentiellement favorables pour la reproduction du Fadet des Laïches

Sur toute la surface de la tourbière, les 214 polygones d'habitats homogènes (issus de la cartographie des habitats d'intérêt communautaire réalisée en 2020 et en 2012) ont été parcourus et pour chacun des polygones le pourcentage de recouvrement de la Molinie, la hauteur moyenne de celle-ci, ainsi que le pourcentage de la Molinie qui se trouve en touradon ont été relevés. Ces polygones d'habitats homogènes sont ceux représentés en vert et orange sur la Figure 21. L'annexe 3 présente le résultat de cette campagne de terrain, et plus précisément les cartographies de pourcentage de Molinie et de pourcentage de touradons sur toute la tourbière. Suite à cette étape de prospection de terrain, les polygones ont été classés en potentiellement favorables s'ils présentaient plus de (ou exactement) 25% de recouvrement de Molinie et plus de 0% de recouvrement par des touradons.

Le seuil de 25% de recouvrement de Molinie a été choisi d'après une étude réalisée en Nouvelle-Aquitaine sur le site du massif des Landes de Gascogne qui analysait le nombre de contacts positifs et négatifs en fonction des classes de recouvrement de Molinie (Bertolini et al., 2013). Cette étude montre qu'en dessous de 25% de recouvrement de Molinie il y a moins de 15% de contact positif de contact de Fadet des Laïches puis à partir de 25% la pente de probabilité d'observation du papillon en fonction du recouvrement de Molinie change et devient plus élevée (Figure 21). Le seuil de 0% de touradons, c'est-à-dire présence de touradon, a été choisi car les touradons sont indispensables pour le cycle du papillon puisque les larves ont besoin des touradons pour hiverner (Bensettiti & Gaudillat, 2002). Cependant aucune information concernant une valeur seuil pour les touradons n'existe dans les études donc il a été choisi de raisonner uniquement en présence/absence.

Résultant de ce travail préalable, les polygones considérés comme potentiellement favorables sont ceux représentés sur la figure 22. Ces polygones seront ceux utilisés pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches.

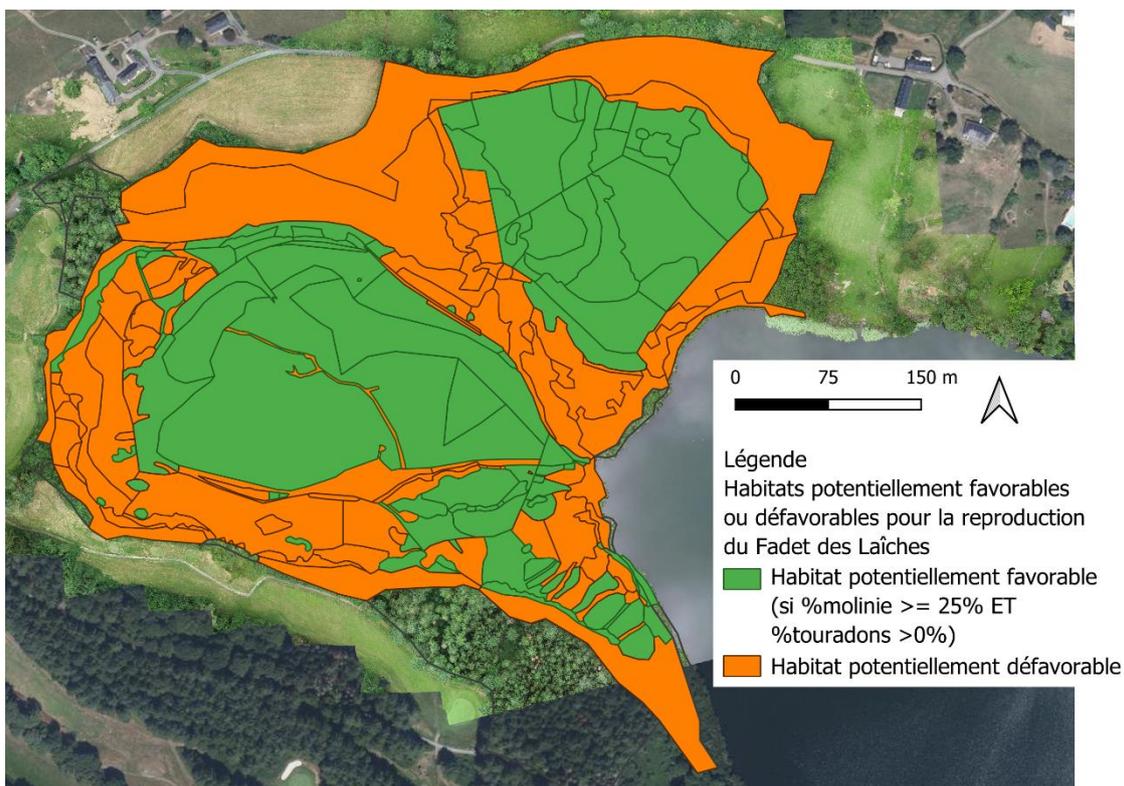


Figure 22 - Cartographie des polygones d'habitats homogènes de la tourbière potentiellement favorables ou défavorables pour la reproduction du Fadet des Laïches

Plan d'échantillonnage pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches

Les polygones d'habitats potentiellement favorables sont au nombre de 103, ce qui est encore beaucoup trop pour pouvoir être chacun évalué individuellement en une journée de terrain. Il faut donc agréger ces polygones en zones de plus grandes surfaces.

Le but du protocole d'évaluation étant notamment d'évaluer l'effet des pratiques de gestion sur la tourbière, il paraît intéressant d'étudier des polygones de gestion homogène. Ainsi, 10 zones de végétation homogène et de gestion homogène ont été tracées (Figure 23).

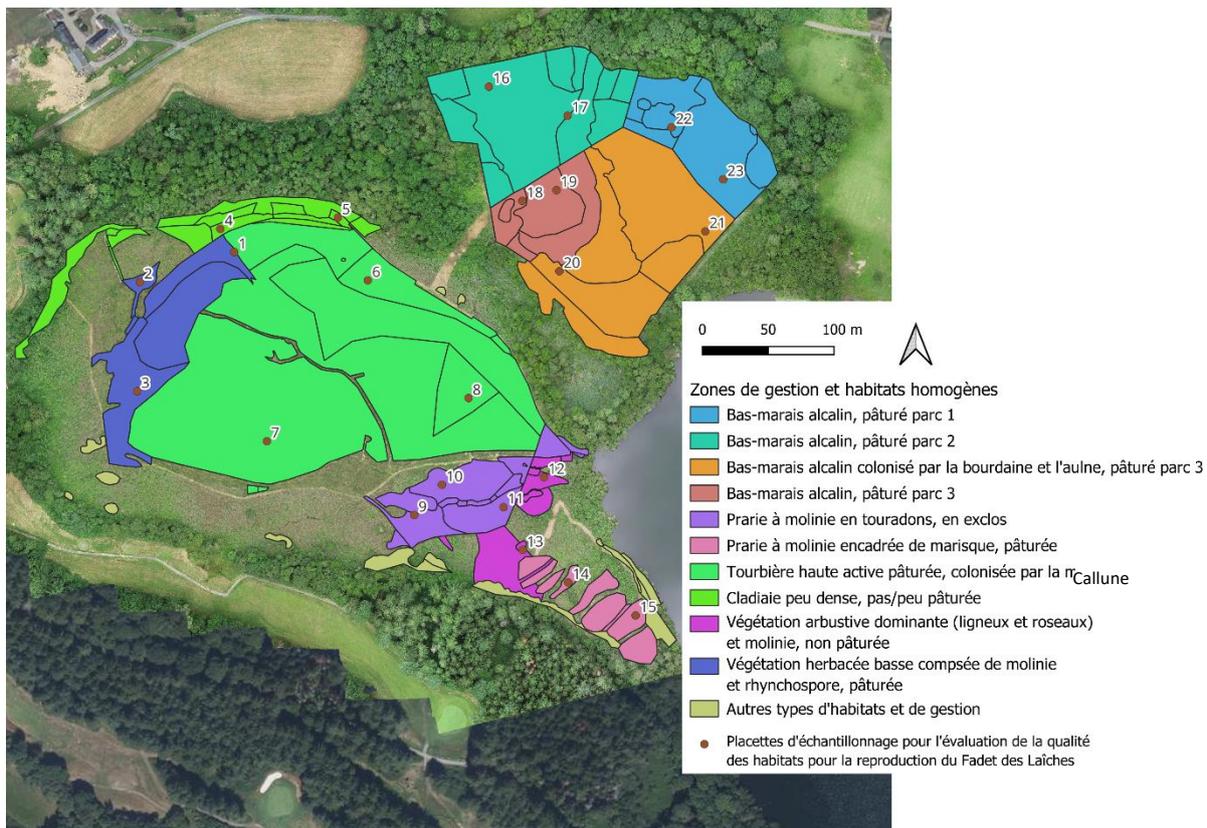


Figure 23 - Cartographie des zones d'habitats et de gestion homogène à la tourbière de Lourdes et placettes d'échantillonnage pour l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du papillon

Deux ou trois placettes sont placées aléatoirement dans chacune de ces zones selon leurs tailles. Les petits polygones (en beige sur la figure 23) ne faisant partie d'aucune des zones : ils ne pourront pas être évalués.

Relevés des variables environnementales sur le terrain et calculs des notes

Sur chaque placette sont relevés les 6 indicateurs de qualité : hauteur moyenne des espèces arbustives (et de *Phragmites australis*), pourcentage de recouvrement des espèces arbustives (et de *Phragmites australis*), pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue, pourcentage de recouvrement par les touradons, pourcentage de recouvrement par la litière, pourcentage de sol visiblement perturbé.

Une fois les données récoltées, chaque placette reçoit une note d'après la grille de notation détaillée dans le Tableau 7 ci-dessus. N'ayant pas de certitudes sur quel indicateur est le plus important pour le Fadet des Laïches, le choix a été fait de donner le même poids à tous les indicateurs. Pour chacune des zones d'habitat et gestion homogène, la moyenne des notes des 2 ou 3 placettes de la zone correspond à la note finale de la qualité de l'habitat pour la reproduction du Fadet des Laïches de la zone.

3.6. RESULTAT DE L'ÉVALUATION DES HABITATS POUR LA REPRODUCTION DU FADET DES LAÏCHES A LA TOURBIERE DE LOURDES

Le protocole a été appliqué sur la tourbière de Lourdes début août 2023. Le tableau des données brutes des calculs des notes se trouve en annexe 4.

La figure 24 présente les résultats de l'évaluation des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches à la tourbière de Lourdes.

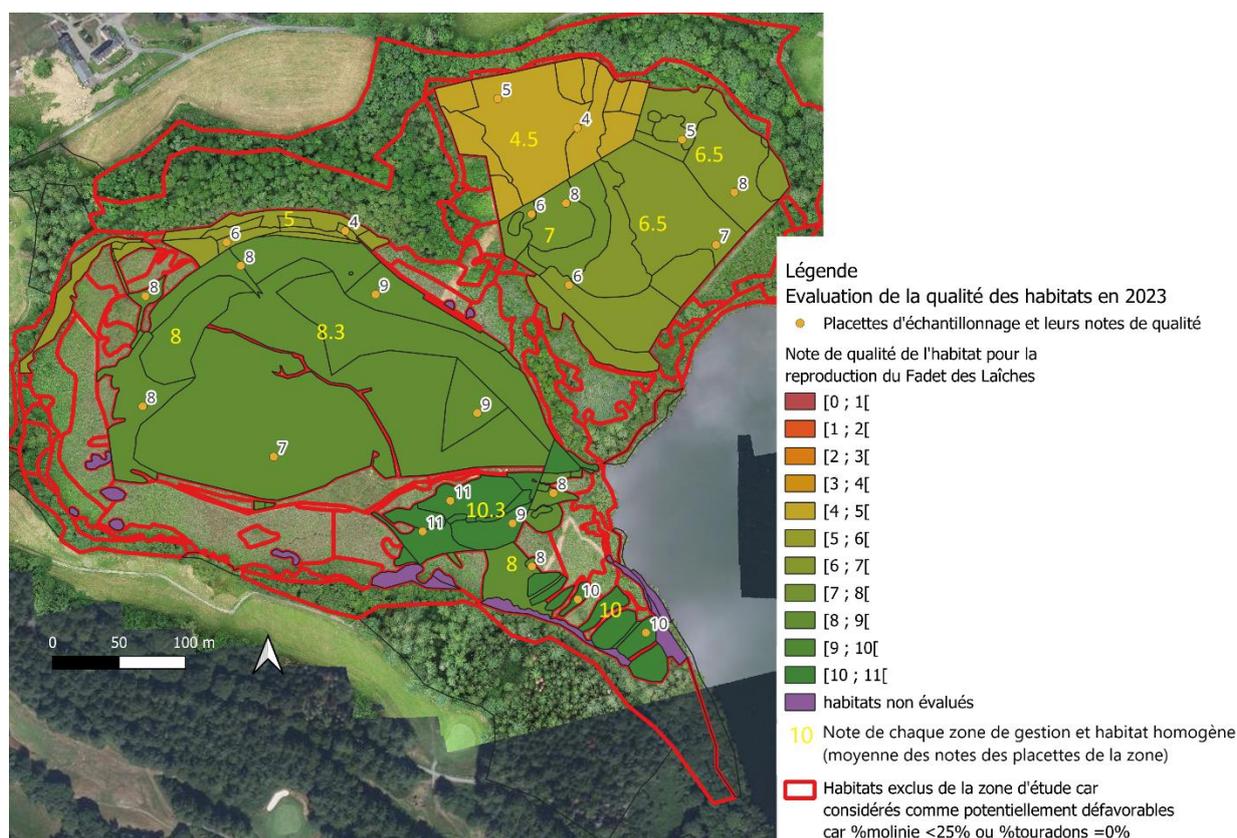


Figure 24 - Cartographie résultat de l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches en 2023

Les zones de meilleure qualité (notes supérieures ou égales à 10) sont la prairie à Molinie en touradons au sud-est de la tourbière centrale ainsi que les petits patches de prairies à Molinie entourés de cladiaie au niveau de l'extension sud-est de la tourbière. La prairie à Molinie en touradons est en effet une zone qui ressemble particulièrement à l'habitat préférentiel du Fadet et en pratique il s'agit bien de la zone qui abrite depuis quelques années le plus de Fadets (sauf en 2023). Quant aux patches de Molinie au sud-est, ceux-ci présentent un habitat avec des caractéristiques adaptées pour la reproduction du Fadet cependant chacun des patches est enclavé entre des franges de cladiaie et l'ensemble de la zone est déconnectée du reste de la tourbière par une zone fortement refermée. Donc, même si cette zone apparaît de bonne qualité, des actions de gestion doivent être menées pour permettre aux Fadets d'accéder à la zone.

La tourbière nord-est obtient des notes entre 4.5 et 7 à cause principalement de la présence de ligneux. On distingue que la zone de meilleure qualité est celle à l'ouest du parc 3 car cette zone ayant été traitée en tire-sève récemment, les espèces arbustives y sont donc moins présentes. Le parc 2 obtient une moins bonne note à cause du peu de litière au sol (probablement lié au fait qu'elle ait été pâturée l'été dernier) et de la présence de ligneux hauts.

La partie centrale obtient la note de 8, ce qui est plutôt favorable, mais limité en raison du peu de litière au sol dans sa partie nord à cause du pâturage et de la présence d'espèces arbustives avec un recouvrement de plus de 25% sur sa partie centrale.

La cladiaie au nord de la partie centrale possède des touradons de Molinie fonctionnels mais la présence de ligneux et le peu de litière au sol limitent la favorabilité du milieu et conduisent à une note assez faible de 5.

Le constat du résultat de l'évaluation de la qualité est rassurant car il correspond fortement aux observations sur le terrain lorsqu'il était évalué à dire d'expert de façon informelle la qualité de l'habitat pour le Fadet des Laïches. Par rapport à l'évaluation à dire d'expert, le protocole a pour intérêt de se baser sur des critères quantifiables dont la variation peut être évaluée dans le temps. Cette évaluation va également permettre de proposer des recommandations de gestion adaptées et localisées selon les zones et leur évaluation de favorabilité.

4. LES LIMITES DE L'ETUDE

L'étude présentée précédemment possède plusieurs limites à prendre en compte dans l'appréciation des conclusions du rapport. Les limites permettent aussi de réfléchir à des pistes d'améliorations pour de prochaines études sur le sujet.

Premièrement, il faut rappeler que la qualité de l'habitat n'est pas le seul paramètre responsable de l'état de la population de Fadets des Laïches. Il ne faut pas négliger d'autres paramètres comme les conditions météorologiques (influencées par le changement climatique), la diversité génétique de la population ou encore des perturbations externes causées par l'Homme sur la tourbière ou sur son bassin-versant, qui ont aussi une influence sur la dynamique de population du papillon. Cependant, le paramètre de qualité de l'habitat pour la reproduction du Fadet est, d'après l'analyse spatiale et temporelle de la présence du Fadet des Laïches sur la tourbière de Lourdes (PLVG, 2023), un paramètre qui semble être déterminant pour l'état de la population à Lourdes. De plus, il s'agit d'un paramètre contrôlable grâce à des actions de gestion.

Deuxièmement, la pré-étude qui visait à valider sur le terrain les corrélations entre la présence du Fadet et les variables environnementales n'a pas été aussi concluante que prévue car l'habitat étudié à la Lande de Ger était relativement homogène et car le papillon a été observé sur peu de placettes donc les analyses statistiques étaient peu fiables. De plus, l'hypothèse selon laquelle l'imago ne se déplace jamais loin des lieux favorables pour sa reproduction est probablement une hypothèse trop

forte. L'étude des habitats sur lesquels sont pondus les œufs ou sur lesquels se trouvent les chenilles serait plus pertinente mais compliquée à mettre en œuvre.

Aussi, le fait que la pré-étude soit réalisée sur la Lande de Ger et pas directement sur la tourbière de Lourdes rajoute un biais. Ce biais est lié au fait que les deux sites ont des végétations assez différentes et que les populations n'ont donc sûrement pas exactement les mêmes exigences.

Concernant le protocole d'évaluation de la qualité des habitats, une limite importante de l'application du protocole réside dans les zones évaluées et l'effort d'échantillonnage. Etant donné la nécessité de rapidité d'application du protocole en un jour maximum, il n'est pas possible d'évaluer chacun des polygones de végétation homogène donc ceux-ci doivent être agrégés en plus grandes zones qui sont par conséquent relativement hétérogènes. Afin de prendre en compte que chaque zone est hétérogène, plusieurs placettes ont été placées dans chacune des zones et la moyenne est faite entre ces placettes mais le nombre de placettes par zone (2 ou 3 selon les zones) reste assez faible pour refléter l'hétérogénéité des milieux.

5. CONCLUSION

La qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches est un critère important pour le bon état de la population. Actuellement, l'état de la population sur la tourbière de Lourdes est critique car en forte régression depuis plusieurs années. Il a donc été jugé nécessaire de créer un protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du papillon sur la tourbière de Lourdes afin de mieux comprendre où sont localisés les habitats de bonne ou de mauvaise qualité et pourquoi ceux-ci sont de bonne ou mauvaise qualité, dans le but de pouvoir mieux gérer le site en la faveur du papillon.

La première phase de la démarche a consisté à réaliser un état des lieux des connaissances actuelles sur les habitats favorables au Fadet des Laïches. Une étude a été réalisée sur la tourbière de Lourdes en 2014, elle donne des indications intéressantes sur les caractéristiques des lieux de ponte mais reste plutôt descriptive. D'autres études réalisées en Europe ont été analysées et les différents critères de qualité de l'habitat cités dans ces études ont été listés.

Ces variables environnementales décrites comme critères de qualité dans les études ont été testées sur le terrain via une pré-étude. Cette pré-étude a été réalisée sur la Lande de Ger et a analysé les liens de corrélation entre la présence des imagos et les différentes variables environnementales. A l'issue de cette pré-étude, seules 2 variables ont été démontrées comme corrélées à la présence du Fadet : la hauteur moyenne des espèces arbustives et le pourcentage de recouvrement des espèces arbustives.

Afin de réaliser la grille de notation du protocole d'évaluation de la qualité des habitats, des indicateurs doivent être choisis ainsi que des seuils de valeurs. Les deux variables, la hauteur moyenne des espèces arbustives et le pourcentage de recouvrement des espèces arbustives, sont sélectionnées grâce à la pré-étude. Le choix a été fait d'ajouter d'autres indicateurs qui n'avaient pas été prouvés par la pré-

étude mais qui présentent de fortes preuves dans la bibliographie. Ces indicateurs sont : le pourcentage de recouvrement de la Molinie bleue, le pourcentage de recouvrement par des touradons, le pourcentage de recouvrement par la litière et le pourcentage de sol visiblement perturbé.

Le protocole a ainsi été appliqué sur la tourbière de Lourdes en 2023 en relevant les 6 indicateurs de qualité sur 24 placettes réparties sur la tourbière. Après avoir appliqué la grille de notation aux résultats des relevés de terrain, une cartographie de la qualité des habitats est obtenue. Celle-ci permet de visualiser la favorabilité des différentes zones pour la reproduction du Fadet et d'en déduire des recommandations de gestion adaptées et localisées.

6. RECOMMANDATIONS DE SUIVIS ET D' ACTIONS DE GESTION

En prenant en compte les conclusions de cette étude des habitats favorables à la reproduction du Fadet des Laïches et du résultat de l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches à la tourbière de Lourdes, des recommandations de suivis et d'actions de gestion peuvent être proposées dans le but de favoriser la population du papillon.

Etant donné que la population de Fadets est très faible en 2023 (seuls 3 individus observés lors des prospections), il est possible que l'année 2023 soit la dernière année où le papillon est présent à la tourbière de Lourdes. Même si le Fadet venait à s'éteindre dans les prochaines années, il est intéressant de poursuivre les efforts de gestion pour que le milieu lui soit favorable car une réintroduction de l'espèce pourrait être envisageable. En effet, la population présente sur la Lande de Ger (à 10 km à vol d'oiseau de la tourbière de Lourdes) est en bon état de conservation et pourrait être utilisée pour réintroduire des individus sur la tourbière de Lourdes. Cependant, cette réintroduction ne serait envisageable que si le milieu de la tourbière de Lourdes est redevenu plus favorable au Fadet.

Mise en garde : Ces recommandations d'action de gestion ont pour objectif de favoriser la population de Fadets des Laïches mais elles peuvent aller à l'encontre d'autres objectifs de gestion de la tourbière. Par exemple, la présence de Molinie est considérée comme signe de mauvais état de conservation pour l'habitat 7110* « tourbières hautes actives » (Epicoco & Viry, 2015) alors que cette espèce est vitale pour le Fadet des Laïches. Un autre exemple est l'habitat 7210* « Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du Caricion davallianae », qui doit être conservé car il s'agit d'un HIC prioritaire cependant cet habitat est peu fréquenté par le Fadet et il représente souvent un obstacle à ses déplacements. Tout le travail du gestionnaire repose dans la réalisation de compromis entre les différents objectifs de gestion et dans la mise en œuvre d'actions de gestion qui soient favorables aux plus d'objectifs possibles.

6.1 SUIVI DE LA QUALITE DES HABITATS POUR LA REPRODUCTION DU FADET DES LAICHES

Le protocole développé dans le cadre de cette étude permet d'évaluer la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches. Le but de ce protocole est de pouvoir comprendre où sont les zones

plus ou moins favorables, pourquoi elles sont plus ou moins favorables et comment elles évoluent au cours du temps en fonction de la gestion menée.

Ce protocole sera présenté lors de la réunion du groupe de travail sur le Fadet des Laïches qui aura lieu en octobre 2023. Les variables indicatrices de la qualité de l'habitat retenues ainsi que les seuils choisis seront détaillés brièvement lors de la réunion et pourront être modifiés ultérieurement selon les remarques des experts.

Le protocole a l'avantage d'être simple car il ne nécessite pas de connaissances naturalistes poussées et le seul matériel nécessaire est un GPS ou téléphone pour retrouver les placettes et rentrer les données via l'application QField. De plus, le protocole est applicable en une journée : terrain (environ 5h), mise au propre des résultats (30 minutes) et analyse des résultats (1h30). Il est préconisé, de réaliser ce protocole annuellement, fin juillet ou début août après le pic de vol du Fadet.

Aussi, il sera important que dorénavant toutes les actions de gestion effectuées sur la tourbière soient enregistrées avec précision, que ce soit les dates de l'action de gestion, la localisation de l'action sur SIG, la pression de l'intervention (nombre d'agents, heures de travail, volume coupé, nombre de bêtes...), la surface affectée ainsi que des photographies avant et après l'intervention. Ceci permettra de pouvoir réellement conclure entre les années de l'impact sur la qualité des habitats selon la pression de l'action de gestion.

6.2 SUIVI DU FADET DES LAÏCHES

Lors du prochain suivi du Fadet des Laïches par transects en 2024, il serait intéressant de vérifier plusieurs fois pendant la période potentielle de vol du papillon si des individus sont présents dans la zone au sud-est de la tourbière centrale où pâturent les chèvres. Cette zone est de bonne qualité pour le Fadet, même si elle est isolée du reste de la tourbière, et il n'est pas impossible qu'une population isolée s'y soit maintenue.

6.3 ACTIONS DE GESTION POUR LIMITER LA FERMETURE DU MILIEU

La présence ponctuelle d'herbacées hautes (roseau et marisque) et de ligneux arbustifs est favorable au Fadet des Laïches car cela crée des zones de refuge contre les prédateurs et des zones où les conditions microclimatiques sont différentes (ombrage, humidité, température...) (Örvösy et al., 2010). Mais lorsque ces végétaux sont trop denses, ils peuvent représenter un obstacle pour les papillons qui évitent alors la zone. En effet, lorsque la végétation est dense et haute entre 1 et 4 mètres les comportements de contournement ou de demi-tour sont beaucoup plus nombreux (Bertolini et al., 2013). Aussi, la présence de plantes hautes rend difficile pour les mâles de repérer les femelles. Il faut donc trouver un compromis entre une végétation totalement ouverte et une végétation trop fermée. Malheureusement, il n'existe pas dans la bibliographie de données chiffrées concernant le pourcentage de recouvrement optimal de la strate arbustive ou arborescente pour le Fadet des Laïches.

La partie nord-est de la tourbière a une dynamique de fermeture du milieu très rapide et la lutte contre les ligneux doit se faire en continu si la volonté est de garder ce milieu ouvert. Cette partie de la tourbière est un bas-marais alcalin, c'est-à-dire une formation se développant sur un sol en permanence gorgé d'eau très alcaline, pauvre en nutriments, souvent calcaire. Le milieu est beaucoup moins acide que la tourbière centrale et il n'y a quasiment pas de turfigènese. Ceci explique la différence de reprise de la végétation entre les deux parties de la tourbière. De plus, les écobuages réguliers ayant été réalisés sur la tourbière depuis les années 1900 jusqu'aux années 2000 ont probablement contribué à enrichir le sol. L'effet des écobuages sur la modification des propriétés physico-chimiques des sols peut en effet avoir un effet à long terme. Par exemple, une étude scientifique réalisée en Pologne 12 ans après un feu ayant couru sur une tourbière a montré que la dynamique de croissance des saules a été accélérée par le feu car celui a libéré du potassium qui est encore présent dans le sol 12 ans après (Sulwiński et al., 2020). Ce potassium est habituellement un élément limitant dans la croissance des ligneux sur les tourbières et sa disponibilité soudaine a favorisé la dynamique des saules. On peut donc imaginer que les écobuages annuels ont progressivement contribué à enrichir le sol de la tourbière de Lourdes et que dès qu'ils ont stoppé, la végétation a repris rapidement.

Afin de limiter la fermeture par les ligneux de la partie nord-est de la tourbière, autrefois peuplée par le Fadet, des actions de coupe doivent être menées. La technique la plus efficace sur les jeunes ligneux semble être l'arrachage mécanique (Crassous & Karas, 2007) mais celui-ci est impossible étant donné la portance du sol qui ne pourrait pas tolérer le poids d'un engin mécanique et le fait que certains ligneux soient déjà de trop gros diamètres pour être arrachés. La coupe par la méthode dite de « tire-sève », qui permet de favoriser la mort naturelle et de limiter la pousse de rejets semble être celle à favoriser sur la tourbière de Lourdes. Cette méthode a déjà fait ses preuves sur la tourbière nord-est et la repousse semble moins forte que lorsque les troncs étaient coupés à ras la tourbe. La zone à traiter étant grande, l'opération de réouverture du milieu devra probablement se faire sur plusieurs années.

Dans la partie nord-est de la tourbière, la pression de pâturage pourrait être augmentée afin de limiter d'autant plus la colonisation par les roseaux et les jeunes ligneux. Cependant, les pressions de pâturage dans les tourbières doivent rester toujours faibles pour ne pas avoir un impact trop fort sur le sol et dans le cas du Fadet des Laïches, pour limiter la mortalité des œufs ou chenilles par piétinement ou par consommation par les animaux. Certaines études sur la gestion en faveur des papillons recommandent une pression de pâturage inférieure à 0.5 UGB/ha (Bubová et al., 2015). En réalité, l'effet du pâturage n'a jamais été évalué sur le Fadet des Laïches. Ces dernières années, le pâturage sur la partie nord-est correspondait à une pression moyenne entre 0.3 et 0.6 UGB/ha/an sur le parc 1, entre 0.08 et 0.35 UGB/ha/an sur le parc 2 et entre 0.08 et 0.30 UGB/ha/an pour le parc 3 (Figure 25). Ces valeurs de pressions de pâturage sont calculées en considérant que lorsque plusieurs parcs sont ouverts en même temps, la pression de pâturage est équilibrée sur les parcs mais ce n'est pas la réalité sur le terrain.

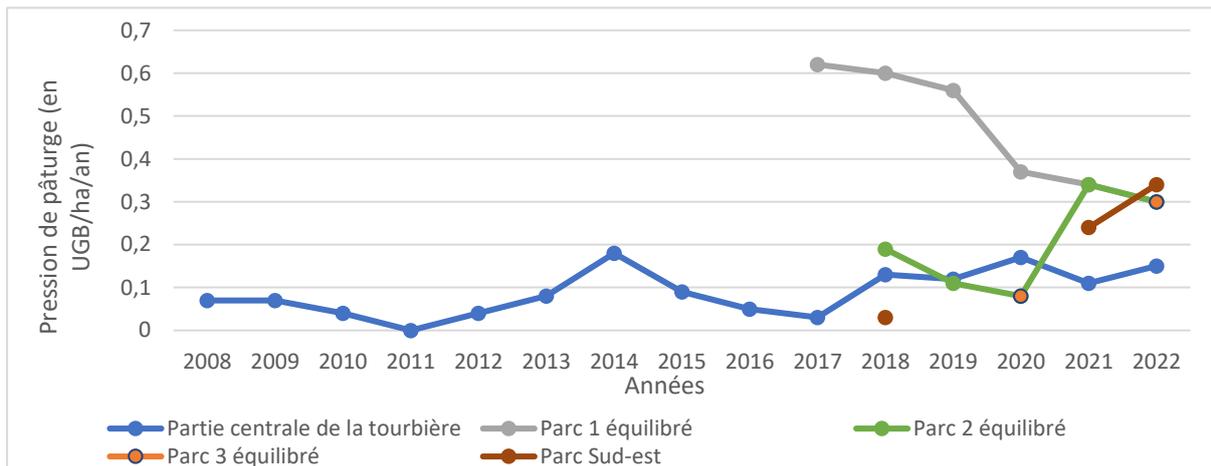


Figure 25 - Pression de pâturage (en UGB/ha/an) des différentes zones de la tourbière selon les années

En considérant ces pressions de pâturage, on peut proposer que la pression de pâturage soit augmentée sur les 3 parcs de la tourbière nord-est de sorte à s'approcher de 0.5 UGB/ha/an. Par exemple en 2022 si au lieu de 5 vaches et 2 jeunes vaches il y avait eu 7 vaches et 2 jeunes la pression serait montée à 0.39 UGB/ha/an, ce qui reste convenable. Il s'agit de trouver un compromis complexe entre surpâturage et gestion des ligneux et roseaux. Mais, étant donné l'incertitude sur l'effet du pâturage sur le papillon, une augmentation de la pression de pâturage n'est pour le moment pas envisagée sur la partie nord-est. De plus, afin de limiter l'impact du pâturage sur le papillon, il serait préférable que les animaux arrivent le plus tard possible. Certaines années, le pâturage a eu lieu avant le 15 août, or les chenilles peuvent être actives jusqu'à la fin de mois de septembre ou début octobre (Caubet et al., 2019). Heureusement, la zone où le Fadet semblait majoritairement se reproduire entre 2016 et 2022 est en exclos depuis 2021. Les animaux ne peuvent pas rester longtemps après la mi-octobre dans la tourbière car les conditions deviennent trop défavorables pour les bêtes donc si la date d'arrivée en pâture se fait trop tard, la pression de pâturage sera plus faible.

Comme expliqué précédemment, la fermeture du milieu par les roseaux est défavorable au Fadet des Laïches. En 1991, une cartographie des types de végétation ne faisait état de roselière qu'à la limite est du bas-marais alcalin mais en 2005 Biotope classait déjà toute la moitié est de la tourbière nord-est en phragmitaie sèche. En 2023, les roseaux ont colonisé les parcs 1 et 3 au nord-est et au sud-est du bas-marais alcalin. Pour limiter la colonisation du milieu par le roseau autrement que par le pâturage (détaillé ci-dessus), il est recommandé de réaliser une coupe printanière ou estivale manuelle de sorte à épuiser les rhizomes (Crassous & Karas, 2007). Les coupes hivernales sont par contre à proscrire puisqu'elles stimuleraient la croissance des roseaux et augmenteraient la densité des tiges l'année suivante.

Le brûlage dirigé pourrait être utilisé pour lutter contre la reprise des roseaux et des ligneux car les chenilles de Fadets semblent survivre aux incendies superficiels réalisés au printemps (Sielezniew et al., 2010). En effet, la fermeture du milieu est si forte et rapide sur la partie nord-est qu'un brûlage dirigé pourrait permettre une action de plus grande ampleur. Cependant, l'impact d'une telle action de gestion sur les composantes du biotope d'une tourbière n'est pas totalement connu, que ce soit l'impact sur sol ou sur les cortèges floristiques et faunistiques. Comme dit précédemment, il semblerait que dans certaines conditions le feu contribue à enrichir le sol, donc son effet efficace à court terme

lié à la destruction des ligneux peut entraîner un effet négatif à moyen/long terme en augmentant la fertilité du sol et donc la pousse des ligneux. Quant à l'impact sur les insectes en général, il semble être souvent négatif, par exemple dans les landes tourbeuses de Kalmthout (Belgique), gérées traditionnellement par écobuage, la diversité en insectes est très faible (Crassous & Karas, 2007). Une étude de l'impact du test d'écobuage à la tourbière de Lourdes sur le cortège d'araignées a été réalisée en 2015 (Déjean, 2015), celle-ci met en avant l'effet la disparition des espèces lucifuges sur la zone brûlée 1 an après l'écobuage et la plus faible densité d'individus au mètre carré sur la zone brûlée par rapport à la zone témoin 1 an après l'écobuage.

Un couloir de fauche de 10 mètres de large et de 70 mètres de long a été réalisé en 2008, 2012, 2013, 2014, 2021, 2022 et 2023 entre les deux parties de la tourbière. Le but de ce couloir étant de rouvrir les deux parties de la tourbière afin de permettre aux papillons de franchir cette zone qui est colonisée par les ligneux et la marisque. Pour l'instant aucun Fadet n'a jamais été observé traversant cette zone donc l'efficacité de cette action de gestion est pour le moment discutable. De plus, cette action affecte négativement un habitat d'intérêt communautaire (7210 Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du Caricion davallianae) et une espèce végétale protégée (*Cladium mariscus*).

6.4 ACTIONS DE GESTION POUR AUGMENTER L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DU MILIEU

Le rapport d'étude de l'analyse spatiale et temporelle de la présence du Fadet des Laïches à la tourbière de Lourdes (PLVG, 2023) a permis de mettre en évidence que l'hétérogénéité de l'habitat est un critère primordial pour les habitats du Fadet des Laïches. Les pratiques permettant d'augmenter cette hétérogénéité sont donc à privilégier sur la tourbière. Ces pratiques sont par exemple la fauche en mosaïque (aussi appelée fauche en damier) et le pâturage extensif.

Des tests de fauche en mosaïque de 5 placettes ont été réalisés entre 2008 et 2012 et les études par l'AREMIP du Fadet des Laïches en 2009, 2011 et 2012 ont montré que le papillon fréquente plus les zones ayant subi ce type de fauche (Parde, 2009, 2011, 2012). Concrètement, la fauche en mosaïque consistait sur la tourbière de Lourdes à faucher une placette d'environ 4m² et à exporter la matière organique. Une méta-analyse des effets des pratiques de gestion sur les papillons européens a montré que la fauche rotative en mosaïque était une des pratiques les plus efficaces pour la conservation des espèces de papillon en danger, et notamment pour le Fadet des Laïches (Bubová et al., 2015). Cette pratique implique quelques principes : l'intensité de fauche doit rester faible, c'est-à-dire que chaque zone ne doit pas être fauchée plus d'une fois par an et les zones doivent être fauchées à différents moments pour assurer une hétérogénéité de hauteurs des végétaux. Au marais de Montfort en Isère, une étude de la population de Fadets des Laïches a montré une préférence du papillon pour les milieux fauchés deux ans auparavant tandis que les zones fauchées annuellement présentent moins de papillons (Bellour, 2013). Une hypothèse avancée dans cette étude est qu'une fauche annuelle pourrait avoir un effet trop fort sur la mortalité directe des chenilles lors de la fauche ainsi que sur la perte en ressources alimentaires pour les chenilles. Une fauche en rotation tous les 2 ans serait donc un meilleur compromis pour le Fadet des Laïches. De plus, il a été prouvé en Hongrie que le Fadet des Laïches est plus présent dans des zones où la hauteur de litière au sol est plus importante (Örvösy et al., 2013) donc il est intéressant de laisser les végétaux fauchés au sol. Il serait impossible de réaliser une fauche en mosaïque sur toute la surface de la tourbière mais envisageable sur certaines zones de

la tourbière. Une étape de repérage des zones qui pourraient bénéficier de cette action de gestion est nécessaire. Ces zones pourraient être celles qui ne bénéficient actuellement pas de pâturage et qui se situent à proximité de zones favorables au Fadet. Par exemple, la zone fortement refermée qui se situe entre la prairie à Molinie en touradons au sud-est et la flèche sud-est où pâturent les chèvres (zone ayant une note de 8 sur la Figure 24) pourrait être fauchée manuellement en 2024 si les chèvres ne l'ont pas pâturé en 2023. Si elles ont pâturé la zone en 2023, le milieu pourra être entretenu par la suite grâce à de la fauche en mosaïque.

Le pâturage extensif peut aussi permettre de créer une certaine hétérogénéité du milieu, tout en limitant la fermeture du milieu. Cependant un pâturage trop intensif peut créer une végétation très homogène et rase. Par exemple, à l'entrée de la tourbière en sortie du ponton, la végétation porte les marques du surpâturage : la strate herbacée est rase et plutôt homogène et la strate arbustive est totalement absente. De plus, cette zone porte les marques du piétinement par les animaux et par les visiteurs de la tourbière. L'équilibre est complexe entre : limiter la pression de pâturage pour permettre d'éviter cet effet de milieu trop homogène à cause du pâturage et augmenter la pression de pâturage pour lutter contre la fermeture du milieu. Un système de pâturage rotatif par parcs peut permettre de limiter cet effet en étalant les dates de pâturage. Cette pratique de pâturage rotatif est appliquée dans la partie nord-est de la tourbière où on voit que les 3 parcs sont 3 milieux différents, cependant la pression de pâturage ne permet pas assez de limiter la fermeture du milieu.

La fauche du couloir entre les deux parties de la tourbière est depuis 2021 réalisée de façon très homogène, en coupant à quelques centimètres du sol toute la végétation. Cela crée une très grande zone ouverte qui rend les papillons particulièrement vulnérables à la prédation car ils ne possèdent pas de zone de refuge et beaucoup d'odonates empruntent ce couloir. De plus, cette zone étant très homogène, il est probable qu'ils ne soient pas intéressés par ce milieu. Une fauche plus hétérogène, en laissant quelques zones de refuge qui couvrent 10 à 20% de la zone, pourrait permettre une meilleure fonctionnalité de ce couloir pour les lépidoptères. Une étude réalisée en Suisse a montré que la mise en place des zones de refuge représentant 10 à 20% de la surface fauchée abritaient 60% d'espèces spécialistes (espèces mono- ou oligophages avec maximum deux générations par an) de plus que les zones témoins coupées entièrement (Humbert et al., 2018). Cette même étude montre aussi que les chenilles de lépidoptères étaient 2.7 fois plus nombreuses dans les prairies avec refuge que dans les autres prairies fauchées intégralement (mais pas de différence concernant la richesse spécifique) (Humbert et al., 2018). On pourrait donc imaginer pour les prochaines années un plan d'intervention sur le couloir de fauche laissant plus de zones non-fauchées ou fauchées moins rases.

6.5 CONSERVER LES ZONES ACTUELLEMENT FAVORABLES AU FADET

Depuis 2016, la prairie à Molinie au sud-est de la tourbière centrale est la zone qui accueille la plus grande population de Fadets, sauf en 2023. Il s'agit de la zone ayant reçu la note de qualité la plus haute de la tourbière lors de l'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du papillon en 2023. Cette zone doit à tout prix être conservée et protégée de toute action pouvant dégrader son état. Le fait que cette zone soit en exclos depuis 2021 est bénéfique car l'effet du pâturage sur la favorabilité des habitats vis-à-vis du Fadet n'a pas encore vraiment été évalué. Cependant, le fait que cette zone ne soit plus pâturée la rend plus vulnérable à la fermeture du milieu. Pour le moment cette

zone ne montre pas de colonisation forte par les ligneux. Mais une vigilance devra être appliquée sur le développement des ligneux et herbacées hautes, par exemple, un secteur en périphérie au sud-est de la prairie à Molinie commence progressivement à être colonisé par les roseaux donc ce secteur devra être surveillé et éventuellement subir une action de coupe estivale ou printanière.

La fréquentation de cette zone doit être la plus faible possible durant toute l'année pour éviter de déranger le papillon, même lorsqu'il n'est plus au stade d'imago. Ainsi, les animations devraient éviter de parcourir cette zone et plutôt privilégier une observation de loin. Il existe un point de vue en bordure à l'est de la zone où la cladiaie est coupée sur quelques mètres et où l'on voit assez bien la zone sans avoir besoin d'y pénétrer.

Une autre solution afin de limiter l'impact de la venue de visiteurs sur la tourbière serait de créer un cheminement via un ponton au nord de la partie centrale. Un projet de cheminement sur pilotis avait été étudié au début de l'animation du site par le PLVG pendant plusieurs années mais n'a malheureusement pas abouti à cause de son coût trop élevé.

Pour conclure la partie « Recommandations de suivis et d'actions de gestion », la figure 26 présente le bilan des recommandations pour la tourbière de Lourdes.

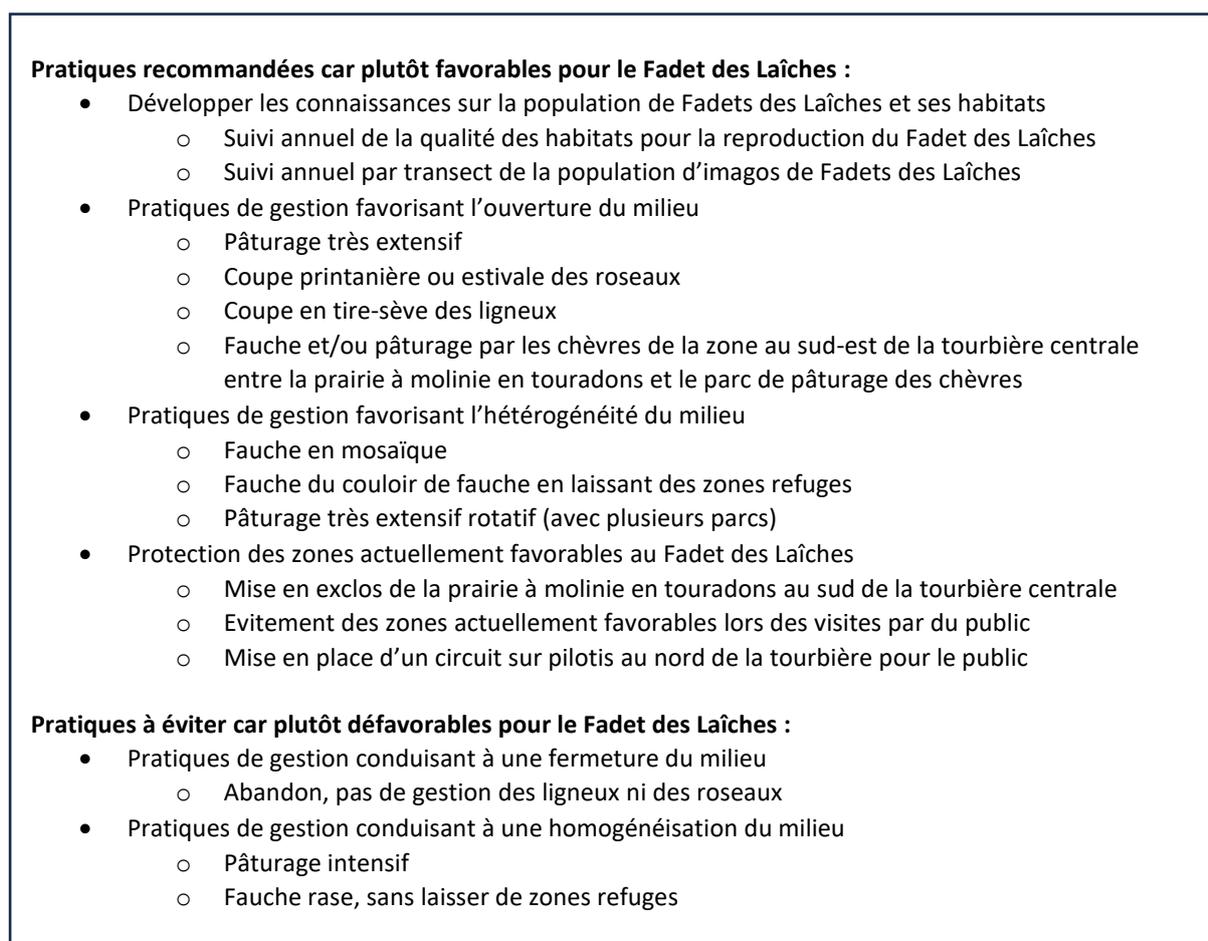


Figure 26 - Bilan des recommandations de suivis et d'actions de gestion

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- Atlas de la Biodiversité Départementale et des Secteurs Marins. (s. d.). *Carte de répartition du Fadet des Laïches à l'échelle de la France métropolitaine* [Carte]. <https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-abdsm>
- Bellour, S. (2013). *Etude conservatoire du Fadet des Laïches au sein de L'ENS du marais de Montfort*. Conseil général de l'Isère.
- Bensettiti, F., & Gaudillat, V. (2002). « Cahiers d'habitats » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire: Vol. Tome 7-Espèces animales*. (Éd. La Documentation française). MEDD/MAAPAR/MNHN.
- Bertolini, A., Leclère, M., Le Moal, T., Robinet, C., & Soulet, D. (2013). *Programme régional « Amélioration des connaissances et conservation de 5 espèces de papillons diurnes menacés des zones humides en Aquitaine »*. Bilan de la phase initiale du programme (octobre 2010—Mars 2013). Conservatoire d'Espaces Naturels d'Aquitaine (CEN Aquitaine).
- Besnard, A., & Salles, J.-M. (2010). *Suivi scientifique d'espèces animales—Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis—Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000*. DREAL PACA – Pôle Natura 2000.
- BIOTOPE. (2007). *Document d'Objectifs Natura 2000 du site. FR 7300936 « Tourbière et Lac de Lourdes »—Document de synthèse*.
- Bonelli, S., Canterino, S., & Balletto, E. (2010). Ecology of *Coenonympha oedippus* (FABRICIUS, 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae) in Italy. *Oedippus*, 26.
- Bräu, M. (2016). *Entwicklung von Managementstrategien für die FFH-Tagfalterart Moor-Wiesenvögeln (Coenonympha oedippus) in Bayern – Teil I: Forschungsergebnisse zur Ökologie der Art*.
- Bräu, M., Dolek, M., & Stettmer, C. (2010). Habitat requirements, larval development and food preferences of the German population of the False Ringlet *Coenonympha oedippus* (FABRICIUS, 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae) – Research on the ecological needs to develop management tools. *Oedippus*, 26, 41-51.
- Bubová, T., Vrabec, V., Kulma, M., & Nowicki, P. (2015). Land management impacts on European butterflies of conservation concern : A review. *Journal of Insect Conservation*, 19(5), 805-821. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9819-9>
- Caubet, S., Gourvil, P.-Y., & Soulet, D. (2019). *Coenonympha oedippus* (Fabricius, 1787) – Fadet des Laïches, *Oedippe*. *Référentiel technique du Plan Régional d'Actions en faveur des Lépidoptères d'Aquitaine*. <https://pral.cen-aquitaine.org/>
- Čelik, T. (2003). *Populacijska struktura, migracije in ogroženost vrste Coenonympha oedippus Fabricius, 1787 (Lepidoptera : Satyridae) v fragmentirani krajini. Doktorska disertacija Population structure, migration and conservation of Coenonympha oedippus Fabricius, 1787 (Lepidoptera : Satyridae) in a fragmented landscape, dissertation thesis*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.
- Čelik, T., Bräu, M., Bonelli, S., Cerrato, C., Vreš, B., Balletto, E., Stettmer, C., & Dolek, M. (2014). Winter-green host-plants, litter quantity and vegetation structure are key determinants of

- habitat quality for *Coenonympha oedippus* in Europe. *Journal of Insect Conservation*.
<https://doi.org/10.1007/s10841-014-9736-3>
- Čelik, T., & Verovnik, R. (2010). Distribution, habitat preferences and population ecology of the False Ringlet *Coenonympha oedippus* (Fabricius, 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae) in Slovenia. *Oedippus*, 26, 7-15.
- Čelik, T., Vreš, B., & Seliškar, A. (2009). Determinants of Within-Patch Microdistribution and Movements of Endangered Butterfly *Coenonympha Oedippus* (Fabricius, 1787) (Nymphalidae : Satyrinae). *Hacquetia*, 8(2), 115-128. <https://doi.org/10.2478/v10028-009-0007-x>
- CETRA. (2019). *Etude du fonctionnement hydrogéologique et de la qualité des eaux du site Natura 2000 « Tourbière et lac de Lourdes »*.
- Coenonympha oedippus* Fabricius, 1787. (s. d.). Consulté 10 septembre 2023, à l'adresse <https://www.gbif.org/species/1911093>
- Crassous, C., & Karas, F. (2007). *Guide de gestion [des] tourbières et marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale*. Pôle-relais Tourbières Fédération des conservatoires d'espaces naturels.
- Définition de Touradon*. (s. d.). Actu-Environnement; Actu-environnement. Consulté 28 août 2023, à l'adresse https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/touradon.php4
- Déjean, S. (2014). *Rapport d'étude – Plan de gestion du Camp de Ger – Février 2014*. Conservatoire d'espaces naturels de Midi-Pyrénées.
- Déjean, S. (2015). *Etude de l'impact de la pratique de l'écobuage sur le cortège d'araignées de la cladaie de la tourbière de Lourdes*.
- Demergès, D., & Luquet, G. (2007). *Coenonympha oedippus, le Fadet des laïches—Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables : Papillons de l'annexe IV de la Directive 92/43/CEE dite «Directive Habitats»*. Biotope.
- Dierks, K. (2006). *Beobachtungen zur Larvalbiologie von Coenonympha oedippus (Fabricius, 1787) im Südwesten Frankreichs (Lepidoptera : Satyridae)*. *Entomologische Zeitschrift*(116).
- Dusej, G., Wermeille, E., Carron, G., & Ziegler, H. (2010). Concerning the situation of the False Ringlet *Coenonympha oedippus* (FABRICIUS, 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae) in Switzerland. *Oedippus* 26, 26.
- Epicoco, C., & Viry, D. (2015). État de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Rapport d'étude. Version 1 – Mars 2015. *Rapport SPN 2015-57, Service du patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle / Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques*.
- Historique Météo des Pyrénées françaises*. (s. d.). Historique Météo. Consulté 23 août 2023, à l'adresse <https://www.historique-meteo.net/france/midi-pyrenees/>
- Humbert, J.-Y., Buri, P., Unternährer, D., & Arlettaz, R. (2018). Des régimes de fauche alternatifs pour favoriser la biodiversité des prairies. *Agrarforschung Schweiz*, 9, 314-321.

- Julve, P. (2011, janvier 1). *JULVE, Ph., 2011. Bioindication et valence de la flore de France. (Actes du colloque de Pau 2008).*
- Lafranchis, J. (2004). *Fiche Insectes protégés—Le Fadet des laïches.*
- Lafranchis, T. (2000). *Les Papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles.* (Biotope).
- Lhonoré, J. (1996). *Coenonympha oedippus. Nature and environment, 79.*
- LHONORÉ, J. (1998). *Biologie, écologie et répartition des 4 espèces de Lépidoptères Rhopalocères protégés (Lycaenidae, Satyridae) dans l'Ouest de la France (Vol. 2).*
- Lhonoré, J., & Lagarde, M. (1999). Biogéographie, écologie et protection de *Coenonympha oedippus* (Fab., 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae : Satyrinae). *Annales De La Societe Entomologique De France.* <https://www.semanticscholar.org/paper/Biog%C3%A9ographie%2C-%C3%A9cologie-et-protection-de-oedippus-%3A-Lhonor%C3%A9-La-garde/51fd16f55c464e0c169af2b114db93594e80de95>
- Maciejewski, L., Seytre, L., Van Es, J., Dupont, P., & Ben-Mimoun, K. (2013). *Etat de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2. Rapport SPN 2013-16.* Service du patrimoine naturel, Muséum national d'Histoire naturelle.
- Méthodologies d'évaluation de l'état de conservation des habitats | PatriNat, centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel.* (s. d.). Consulté 28 août 2023, à l'adresse <http://www.patriinat.fr/fr/methodologies-devaluation-de-letat-de-conservation-des-habitats-6072>
- Örvössy, N., Kőrösi, Á., Batary, P., Vozár, Á., & Peregovits, L. (2013). Potential metapopulation structure and the effects of habitat quality on population size of the endangered False Ringlet butterfly. *Journal of Insect Conservation, 17,* 537-547. <https://doi.org/10.1007/s10841-012-9538-4>
- Örvössy, N., Vozár, Á., Kőrösi, Á., Batary, P., & Peregovits, L. (2010). Structure and size of a threatened population of the False Ringlet *Coenonympha oedippus* (FABRICIUS, 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae) in Hungary. *Oedippus, 31-37.*
- Parde, J.-M. (2009). *Suivi du Fadet des Laïches Coenonympha oedippus sur la tourbière de Lourdes : Année 2009—AREMIP/Ville de Lourdes.* AREMIP.
- Parde, J.-M. (2011). *Suivi du Fadet des Laïches Coenonympha oedippus sur la tourbière de Lourdes : Année 2011—AREMIP/Ville de Lourdes.* AREMIP.
- Parde, J.-M. (2012). *Suivi du Fadet des Laïches Coenonympha oedippus sur la tourbière de Lourdes : Année 2012—AREMIP/Ville de Lourdes.* AREMIP.
- Parde, J.-M. (2014). *Etude du comportement de ponte et de la reproduction du Fadet des Laïches (Coenonympha oedippus) sur la tourbière de lourdes- Eté 2014.* AREMIP.
- PLVG. (2023). *Rapport d'étude—Analyse spatiale et temporelle de la présence du Fadet des Laïches (Coenonympha oedippus) sur le site Natura 2000 « Tourbière et lac de Lourdes » (65)—2023.*

- Šašić, M. (2010). False Ringlet *Coenonympha oedippus* Fab. in Croatia : Current status, population dynamics and conservation management. *Oedippus*, 26, 16-19.
- Sielezniew, M., Pałka, K., Michalczyk, W., Bystrowski, C., Hołowiński, M., & Czerwiński, M. (2010). False Ringlet *Coenonympha oedippus* (FABRICIUS, 1787) (Lepidoptera : Nymphalidae) in Poland : State of knowledge and conservation prospects. *Oedippus* (26), 20-24.
- Slovenia, B., Čelik, T., oedippus, C., dinamika, populacijska, popu, velikost, lacije, razmerje, spolno, preživetja, stopnja, & barje, L. (2004). *Population dynamics of endangered species Coenonympha oedippus Fabricius, 1787 (Lepidoptera : Satyridae) on the Ljubljansko*.
<https://www.semanticscholar.org/paper/POPULATION-DYNAMICS-OF-ENDANGERED-SPECIES-OEDIPPUS-Slovenia-%C4%8Celik/6aa17ba33cb76f5860e39fb4fa16438189c01fb3>
- Sulwiński, M., Mętrak, M., Wilk, M., & Suska-Malawska, M. (2020). Smouldering fire in a nutrient-limited wetland ecosystem : Long-lasting changes in water and soil chemistry facilitate shrub expansion into a drained burned fen. *Science of The Total Environment*, 746, 141142.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141142>
- Swaay, C., & Warren, M. (1999). Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera). In *Nature and Environment* (Vol. 99).
- Tshikolovets, V. (2003). *Butterflies of Eastern Europe, Urals and Caucasus*. Brno.

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des indicateurs listés dans la bibliographie comme importants pour la qualité de l'habitat pour la reproduction du Fadet des Laïches et justifications des choix de sélection des critères pour l'évaluation de la qualité des habitats

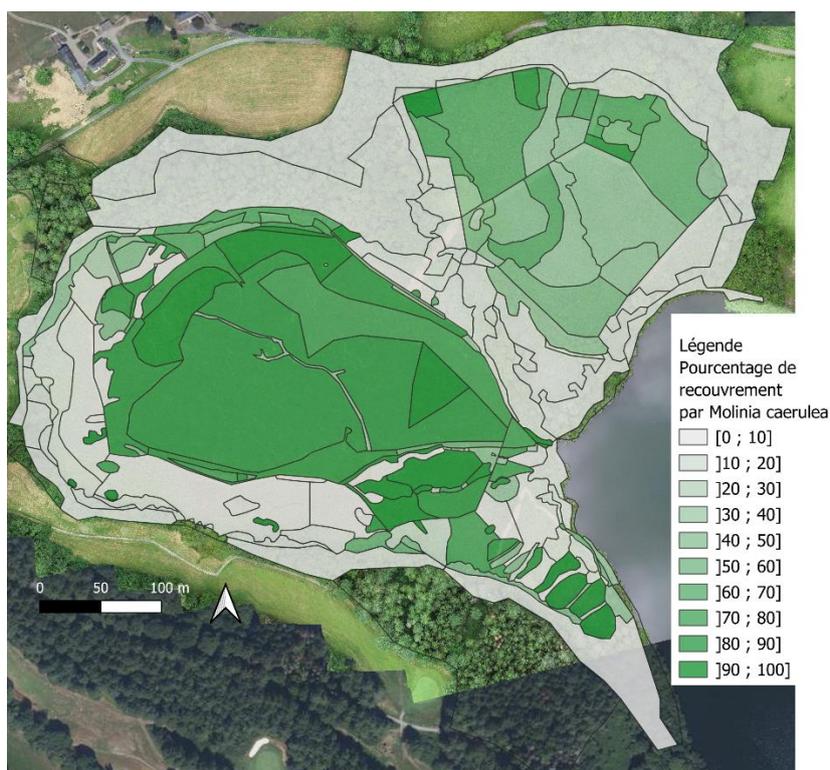
Paramètre	Indicateur	Corrélation et significativité	Critère sélectionné ou non
Surface du patch	Surface du patch de végétation homogène	Corrélation positive significative (Slovenia et al., 2004)	non sélectionné car en contradiction avec les études qui montrent que l'hétérogénéité est favorable au Fadet et critère complexe à mesurer sur le terrain
Structure de la végétation	Homogénéité de la structure	Corrélation négative mais pas de test de significativité (Bräu et al., 2010; Čelik et al., 2014)	non sélectionné car les études parlant de ce critère n'ont pas fait de test de significativité statistique et ne détaillent pas concrètement comment est calculée l'homogénéité de la structure
Structure de la végétation herbacée	Hauteur moyenne de la végétation herbacée	Corrélation négative significative pour les femelles (Čelik et al., 2009) et corrélation positive significative pour les lieux de ponte (Čelik et al., 2014)	non sélectionné car les résultats se contredisent entre l'étude de Čelik de 2009 et celle de 2014
	Ombre du sol (ou hauteur de la partie la plus basse de la strate herbacée)	Pas de corrélation, doit approcher un optimum mais pas de test de significativité (Čelik & Verovnik, 2010).	non sélectionné car l'étude citant ce critère n'ont pas fait de test de significativité
Structure de la végétation arbustive	Pourcentage de recouvrement de la strate arbustive	Corrélation négative mais pas de test de significativité (Čelik & Verovnik, 2010). Faible recouvrement de buissons est favorable au Fadet mais pas de test de significativité (Örvösy et al., 2013). Corrélation négative significative pour les lieux de ponte (Čelik et al., 2014)	oui car corrélation positive lors de la pré-étude sur la Lande de Ger
	Hauteur de la strate arbustive	Aucune étude n'a étudié cet indicateur	oui car corrélation positive lors de la pré-étude sur la Lande de Ger
Présence de litière	Pourcentage de recouvrement de la litière	Pas de corrélation, doit approcher un optimum, mais pas de test de significativité (Bräu et al., 2010). Corrélation positive significative pour les larves et pour les lieux de ponte (Čelik et al., 2014)	oui
	Hauteur de litière	Corrélation positive significative (Örvösy et al., 2013)	non sélectionné car il n'y a pas d'assez grosses différences de hauteur de litière sur la tourbière de Lourdes. La litière sera prise en compte par l'indicateur pourcentage de recouvrement de la litière.
	Pourcentage de recouvrement de <i>Calluna vulgaris</i> + litière	Corrélation positive significative pour les larves (Čelik et al., 2014)	non sélectionné, la litière sera prise en compte seule
Composition de la végétation herbacée	Homogénéité de la composition en plantes hôtes	Corrélation positive mais pas de test de significativité (Čelik & Verovnik, 2010)	non sélectionné car ce critère fait doublon avec le critère pourcentage de Molinie

	Pourcentage de recouvrement des plantes nectarifères	Corrélation positive significative (Slovenia et al., 2004) puis corrélation non significative (Čelik et al., 2009) et non significative (Örvössy et al., 2013)	non sélectionné car critère décrit comme non significatif par plusieurs études
	Pourcentage de recouvrement des dicotylédones (sauf les plantes nectarifères)	Corrélation négative significative (Čelik et al., 2009; Slovenia et al., 2004)	non sélectionné car pas applicable à la tourbière de Lourdes puisqu'il n'y a pas de dicotylédones autres que les plantes nectarifères
	Pourcentage de recouvrement des plantes hôtes	Corrélation non significative (Slovenia et al., 2004) car la composition en plante hôtes était très homogène. Corrélation positive mais pas de test de significativité (Čelik et al., 2009)	non sélectionné car fait doublon avec le pourcentage de recouvrement en Molinie
	Largeur des touradons de Molinie	Paramètre mesuré mais pas de test de significativité (Bertolini et al., 2013)	non sélectionné car les études parlant de ce critère n'ont pas réalisé de test de corrélation ni de significativité
	Pourcentage de recouvrement par <i>Carex panicea</i>	Corrélation positive significative en Allemagne pour les larves (Čelik et al., 2014)	non sélectionné car l'espèce <i>Carex panicea</i> n'est pas présente à la tourbière de Lourdes
	Pourcentage de recouvrement par <i>Schoenus nigricans</i>	Aucune étude n'a étudié cet indicateur	non sélectionné il ne s'agit ni d'une espèce nectarifère ni d'une plante hôte
	Pourcentage de recouvrement par <i>Molinia caerulea</i>	Corrélation négative significative en Allemagne pour les larves (Čelik et al., 2014). Corrélation positive significative en Italie pour les lieux de ponte (Čelik et al., 2014). Corrélation positive significative pour les imagos (Bertolini et al., 2013)	oui
	Pourcentage de recouvrement par des touradons	Corrélation positive significative (Örvössy et al., 2013)	oui
Conditions hydrologiques	Hauteur du niveau des eaux souterraines	Corrélation négative significative (Örvössy et al., 2013)	non sélectionné car le fait que les Fadets soient plus nombreux quand la nappe est plus profonde est en contradiction avec les études qui montrent que les zones plus humides sont plus favorables (Caubet et al., 2019)
	Humidité du sol (calculée via indice Ellenberg)	Corrélation positive significative (Bertolini et al., 2013)	non sélectionné car compliqué à mesurer sur le terrain car nécessite un inventaire de la flore puis un calcul avec les indices d'Ellenberg
Altérations de l'habitat	Sol nu ou perturbé (à cause d'altérations non naturelles)	(Maciejewski et al., 2013)	oui

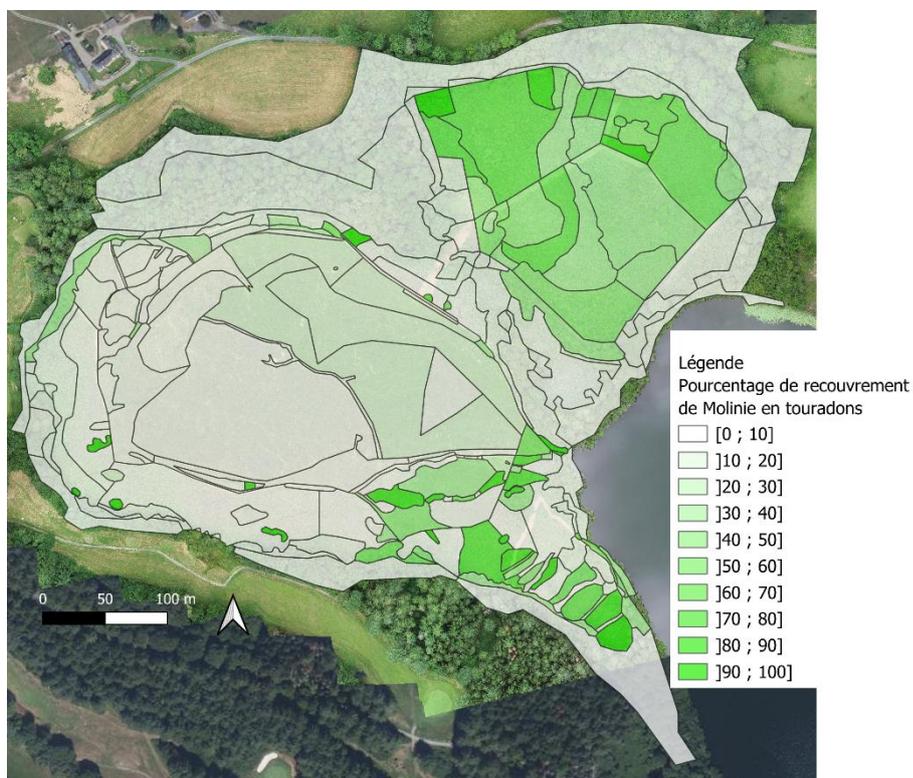
Annexe 2 : Noms des espèces végétales correspondant aux initiales sur l'AFC

Nom latin des espèce végétales présentes sur la tourbière de Lourdes	Initiales sur l'AFC	Nom latin des espèce végétales présentes sur la tourbière de Lourdes	Initiales sur l'AFC
<i>Alnus glutinosa</i>	AG	<i>Juncus acutiflorus</i>	JAC
<i>Angelica sylvestris</i>	AS	<i>Juncus articulatus</i>	JAR
<i>Arum italicum</i>	AI	<i>Juncus bulbosus</i>	JB
<i>Betula pendula</i>	BP	<i>Juncus conglomeratus</i>	JC
<i>Calluna vulgaris</i>	CV	<i>Juncus effusus</i>	JE
<i>Cardamine pratensis</i>	CP	<i>Leersia oryzoides</i>	LO
<i>Carex acuta</i>	CA	<i>Lotus pedunculatus</i>	LP
<i>Carex demissa</i>	CD	<i>Luzula campestris</i>	LC
<i>Carex echinata</i>	CEC	<i>Lycopus europaeus</i>	LE
<i>Carex elata</i>	CEL	<i>Lysimachia tenella</i>	LT
<i>Carex panicea</i>	CPAN	<i>Lysimachia vulgaris</i>	LV
<i>Carex paniculata</i>	CPANTA	<i>Lythrum salicaria</i>	LS
<i>Carex pseudocyperus</i>	CPS	<i>Mentha aquatica</i>	MA
<i>Carex rostrata</i>	CR	<i>Menyanthes trifoliata</i>	MT
<i>Carex viridula</i>	CV	<i>Molinia caerulea</i>	MC
<i>Cirsium palustre</i>	CPAL	<i>Narthecium ossifragum</i>	NO
<i>Cirsium tuberosum</i>	CT	<i>Osmunda regalis</i>	OR
<i>Cladium mariscus</i>	CM	<i>Phragmites australis</i>	PA
<i>Convolvulus sepium</i>	CSE	<i>Pinguicula lusitanica</i>	PL
<i>Cornus sanguinea</i>	CSA	<i>Poa trivialis</i>	PTRI
<i>Drosera intermedia</i>	DI	<i>Polystichum aculeatum</i>	PA
<i>Drosera rotundifolia</i>	DR	<i>Populus tremula</i>	PTRE
<i>Eleocharis multicaulis</i>	EM	<i>Potamogeton polygonifolius Pourr.</i>	PP
<i>Epilobium obscurum</i>	EO	<i>Potentilla erecta</i>	PE
<i>Epipactis palustris</i>	EP	<i>Pulicaria dysenterica</i>	PD
<i>Erica tetralix</i>	ET	<i>Quercus robur</i>	QR
<i>Eriophorum angustifolium</i>	EA	<i>Ranunculus flammula</i>	RF
<i>Eupatorium cannabinum</i>	EC	<i>Rhynchospora alba</i>	RA
<i>Frangula dodonei</i>	FD	<i>Salix cinerea</i>	SC
<i>Fraxinus excelsior</i>	FE	<i>Schoenus nigricans</i>	SN
<i>Galium aparine</i>	GA	<i>Scorzonera humilis</i>	SH
<i>Galium palustre</i>	GPA	<i>Scutellaria minor</i>	SM
<i>Galium uliginosum</i>	GU	<i>Solanum dulcamara</i>	SD
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	GPN	<i>Sparganium erectum</i>	SE
<i>Hypericum androsaemum</i>	HA	<i>Thelypteris palustris</i>	TP
<i>Hypericum elodes</i>	HE	<i>Typha latifolia</i>	TL
		<i>Wahlenbergia hederacea</i>	WH

Annexe 3 : Cartes présentant le résultat du terrain de cartographie des zones potentiellement favorables en 2023



27 : Carte du pourcentage de recouvrement de *Molinia caerulea* sur les différents polygones d'habitats homogène de la tourbière de Lourdes en 2023



28 - Carte du pourcentage de recouvrement en touradons de Molinie sur les différents polygones d'habitats homogène de la tourbière de Lourdes en 2023

Annexe 4 : Tableau des données brutes et des calculs des notes issues de l'application du protocole d'évaluation de la qualité des habitats pour la reproduction du Fadet des Laïches en 2023

nouv_id	Zone	%_molinie	Note	%_touradon	Note	%_esp_arbu	Note	H_esp_arbu	Note	%_litier	Note	%_sol_degr	Note	Somme	Zone
1	9	80	2	0	0	0	2	0	2	1	0	0	2	8	9
2	9	75	2	0	0	0	2	0	2	10	0	5	2	8	9
3	9	70	2	10	1	15	1	50	2	10	0	0	2	8	9
4	7	75	2	10	1	50	0	110	1	15	0	0	2	6	7
5	7	70	2	30	1	70	0	200	1	15	0	10	0	4	7
6	6	95	2	90	1	30	0	60	2	51	2	0	2	9	6
7	6	80	2	20	1	35	0	80	2	10	0	5	2	7	6
8	6	95	2	5	1	30	0	60	2	70	2	0	2	9	6
9	4	95	2	80	1	5	2	80	2	75	2	5	2	11	4
10	4	95	2	5	1	7	2	50	2	100	2	0	2	11	4
11	4	95	2	5	1	60	0	90	2	100	2	0	2	9	4
12	8	95	2	95	1	70	0	200	1	98	2	0	2	8	8
13	8	60	2	60	1	65	0	280	1	90	2	0	2	8	8
14	5	55	2	20	1	10	2	120	1	80	2	0	2	10	5
15	5	95	2	95	1	5	2	200	1	95	2	0	2	10	5
16	2	95	2	90	1	35	0	300	0	5	0	5	2	5	2
17	2	95	2	50	1	50	0	170	1	20	0	10	0	4	2
18	10	25	0	25	1	40	0	200	1	100	2	5	2	6	10
19	10	50	2	50	1	40	0	120	1	100	2	6	2	8	10
20	3	20	0	15	1	99	0	200	1	60	2	0	2	6	3
21	3	50	2	45	1	90	0	300	0	80	2	0	2	7	3
22	1	95	2	90	1	35	0	300	0	5	0	5	2	5	1
23	1	70	2	55	1	70	0	120	1	60	2	2	2	8	1
Somme			2		1		2		2		2		2	11	

Zone	Nom de la zone	Note finale d'évaluation, moyenne par zone
1	Bas-marais alcalin, pâturé parc 1	6,5
2	Bas-marais alcalin pâturé parc 2	4,5
3	Bas-marais alcalin, pâturé parc 3	6,5
4	Prairie à Molinie en touradons, en exclos	10,3
5	Prairie à Molinie encadrée de marisque, pâturée	10
6	Tourbière haute active pâturée, colonisée par la Callune	8,3
7	Cladiaie peu dense, pas/peu pâturée	5
8	Végétation arbustive dominante (ligneux et roseaux) et Molinie, non pâturée	8
9	Végétation herbacée basse composée de Molinie et rhynchospore, pâturée	8
10	Bas-marais alcalin colonisé par la bourdaine et l'aulne, pâturé parc 3	7