

L'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 3180* Turloughs est-il présent en Franche-Comté ?

par Marc Mangeat

Marc Mangeat, CBNFC-ORI, 9 rue Jacquard - BP 61738 - F-25043 Besançon Cedex
courriel : marc.mangeat@cbnfc.org

Résumé – La rédaction de la seconde version du cahier d'habitats « Habitats des eaux douces » (Gaudillat, 2023) par le réseau des CBN a soulevé la question de la présence en France de l'habitat d'intérêt communautaire (HIC) prioritaire 3180* Turloughs (lacs temporaires issus de résurgences karstiques), habitat qui n'avait pas été intégré à la première version du cahier d'habitat. Cet habitat, initialement décrit en Irlande, a été désigné dans les deux dernières décennies dans plusieurs autres pays européens. En France, et en Franche-Comté plus particulièrement, les conditions de présence de cet habitat sont, a priori, présentes. Cet article synthétise le travail d'analyse bibliographique qui a été réalisé pour mieux appréhender la définition des turloughs. Les caractéristiques écologiques et biologiques propres aux turloughs sont présentées dans une première partie. Plusieurs sites francs-comtois, qui sont ou semblent conformes à la définition des turloughs, sont ensuite présentés.

Abstract – The writing of the second French version of the European habitat manual “Freshwater habitats” (Gaudillat, 2023) by the CBN working group lead to wonder about the presence in France of the European habitat (HIC) 3180* Turloughs (temporary lakes resulting from karst resurgences), a habitat which had not been integrated into the first version of the French habitat manual. This habitat, initially described in Ireland, has been designated in the last two decades in several other European countries. In France and Franche-Comté more particularly, the conditions for the presence of this habitat are a priori present. This article summarizes the bibliographic analysis work that was carried out to better understand the definition of turloughs. The ecological and biological characteristics specific to turloughs are presented in the first part. Several Franche-Comté sites which are or seem to conform to the definition of turloughs are then presented.

Mots-clés : habitat d'intérêt communautaire, communautés végétales de zones humides, turloughs, 3180*, hydrogéologie, estavelles, karst

Keywords : Annex I European Habitats Directive, wetlands plant communities, turloughs, 3180*, hydrogeology, estavelles, karst

Référentiel nomenclatural utilisé : TaxRef v16.0 (Gargomigny *et al.*, 2022).

Référentiel syntaxonomique utilisé : CatVeg (Lafon *et al.*, 2024) sauf mention contraire.

Définitions et caractéristiques de l'habitat 3180* Turloughs

Définition du manuel d'interprétation des habitats

L'habitat n'ayant pas été retenu dans les cahiers d'habitats français, il faut se référer à la définition indiquée dans le manuel d'interprétation des

habitats de l'Union européenne de 2013 (EUR28). Celui-ci donne les grands principes de l'interprétation de l'habitat, permet de préciser sa délimitation et indique les principales références bibliographiques à consulter.

La définition donnée est la suivante (traduction française : manuel d'in-

interprétation des habitats de l'Union européenne basée sur EUR15/2 de 1999) :

« 3180 * Turloughs

PAL. CLASS. : -

Lacs temporaires principalement alimentés par des eaux souterraines et en particulier aux roches calcaires karstiques. La plupart se remplissent d'eau en automne et s'assèchent entre avril et juillet. Certains peuvent se remplir avec les fortes pluies et s'assécher en quelques jours et cela de manière cyclique; d'autres, proches de la mer, peuvent être affectés par celle-ci lors des marées d'été. Ces lacs possèdent des lieux précis d'arrivée et de sortie d'eau. La nature du sol est très variable : roche calcaire, marne, tourbe, argile et humus; les conditions aquatiques varient de l'ultra-oligotrophe à l'eutrophe. La végétation appartient principalement à l'alliance du *Lolio-Potentillion anserinae* Tx. 1947 mais également au *Caricion davalliana* Klika 1934.

Plantes: *Cinclidotus fontinaloides*, *Fontinalis antipyretica* (Bryophyta).

Animaux: *Tanymastix stagnalis* (phase humide) et les coléoptères *Agonum lugens*, *A. livens*, *Badister meridionalis*, *Blethisa multipunctata* et *Pelophila borealis* (phase asséchée) *.

*Les espèces animales mentionnées ne doivent pas être considérées comme caractéristiques au sens strict; autant la faune que la flore des turloughs sont caractéristiques des zones inondées périodiquement. »

Pour débiter, remarquons que la définition présentée dans le manuel d'interprétation a l'inconvénient de ne pas préciser davantage les conditions hydrogéologiques associées à l'habitat. Elle ne précise pas, par exemple, à quoi correspondent ces « lieux précis » par lesquelles

se remplissent les lacs. Le fait que la définition indique « principalement alimentés » sous-entend que d'autres sources d'inondation sont possibles. Enfin, seules deux bryophytes et deux alliances végétales y sont citées. Quoique toutes deux caractéristiques de zones humides, la composition végétale et l'écologie des deux syntaxons sont différentes. Cela laisse supposer une variabilité assez importante des conditions écologiques que l'on peut retrouver au sein de cet HIC.

De plus amples descriptions ont donc été recherchées dans la littérature scientifique. Hormis une référence (Praeger, 1932), la bibliographie indiquée dans le cahier d'interprétation n'a pas pu être consultée. Toutefois, du fait de leur spécificité, les turloughs ont fait l'objet de nombreuses études, par les scientifiques irlandais notamment. De nombreuses informations ont donc

pu être rassemblées avec d'autres références bibliographiques.

Répartition géographique actuelle

Plus de 400 turloughs sont dénombrés en Irlande. Tous ceux de plus de dix hectares y ont été désignés en site N2000. Des turloughs ont également été désignés en Allemagne, Angleterre, Croatie, Estonie, Italie, Pays de Galles, Slovaquie et Slovénie (figure 1). Des turloughs ont donc été identifiés sur les domaines atlantique, continental, alpin et boréal (Estonie).

Caractéristiques hydrogéologiques

Le terme turlough, d'origine irlandaise, peut se traduire en français par lac (loch ou lough = lake) asséché (tuar ou tur = dry). De nombreuses localités en Irlande sont basées sur le terme de turlach ou turlaigh ce

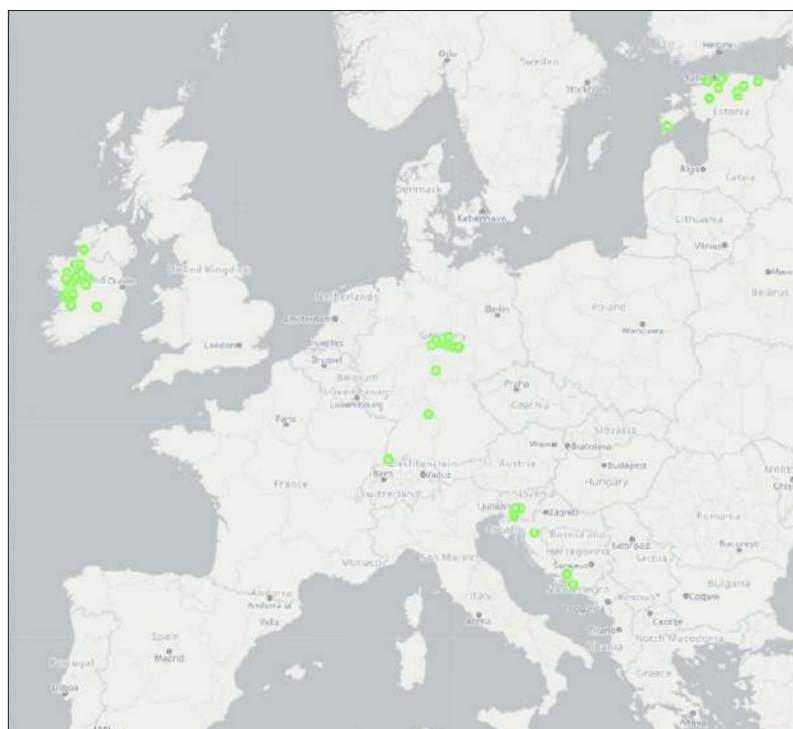


Figure 1 : carte de répartition des sites Natura 2000 intégrant l'habitat de turlough (3180*) au sein de l'UE. Les sites italiens décrits en 2021 n'apparaissent pas, visiblement à cause de la date des données prises en compte dans la cartographie (2022). Source: N2000 Viewer: <https://natura2000.eea.europa.eu/>.

qui traduit une fréquence importante de cet habitat dans ce pays, essentiellement dans le quart nord-ouest : Burren, comté de Mayo et de Galway. Ces zones sont le plus souvent pâturées en Irlande d'où la citation suivante de Dutton (1824) : « horse and boat races are held on the same ground, but at different seasons » ce qui se traduit par « les courses de chevaux et de bateaux ont lieu au même endroit mais à des saisons différentes ».

La principale caractéristique des turloughs est d'avoir une ou des entrées d'eau d'origine souterraine karstique (Sheehy Skeffington *et al.*, 2006 ; Waldren, 2015 ; European Environment Agency, 2013). Cela peut être une source (résurgence) ou une estavelle. Lorsque le passage souterrain assure à la fois l'alimentation (la charge en eau) et l'évacuation des eaux (perte), il s'agit d'une estavelle (le terme d'inversac est synonyme). Selon Coxon & Drew en 1986 (*in* Waldren, 2015), les turloughs se remplissent principalement par une hausse des niveaux d'eau souterrains via des estavelles et des sources en plus de quelques ruissellement de surface et se vident finalement par les estavelles et les pertes.

Le second critère est que le système doit être fermé vis-à-vis du système hydrologique superficiel, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de sortie d'eau en surface (via un ruisseau ou une rivière par exemple). Si la décharge du plan d'eau n'est pas assurée par une estavelle, il faut que des pertes soient présentes. Les anglais utilisent le terme de « swallow hole » ou de « sinkhole » qui se traduit littéralement par « trou par lequel est avalé ». Les termes de ponor ou embut sont aussi utilisés en français. La forme et la dimension des pertes des turloughs sont variables.

Comme indiqué, l'alimentation d'un turlough doit provenir d'un sous-sol karstique. Une dépression inondée annuellement par la crue d'une rivière et dont les eaux seraient ensuite évacuées par une perte, ne peut donc pas être considérée comme un turlough. De la même façon, une dépression topographique inondée par une remontée de la nappe phréatique à travers une couche géologique perméable comme les sols sablo-limoneux alluviaux par exemple ne peut pas être considérée comme un turlough.

De même, il faut différencier, même si les différences sont parfois ténues, les turloughs des lacs temporaires se formant dans les poljés¹. Dans le cas où la perte d'une rivière ou d'un ruisseau temporaire s'écoulant dans une vallée ne peut pas absorber tout le volume d'eau lors d'un fort épisode orageux par exemple, il peut se former un lac temporaire. L'origine de l'eau formant le lac temporaire étant alluviale (issue du ruissellement) et non souterraine, ce cas de figure, assez courant lors des épisodes cévenols dans les parties karstiques de méditerranée ne peut pas être considéré comme un turlough. L'embut de Caussols (à dix kilomètres au nord de Grasse, dans les Alpes-Maritimes) en est un exemple caractéristique (Tennevin, 2011 ; un lien indiqué dans la bibliographie renvoie sur une vidéo de présentation du phénomène).

La définition du turlough peut toutefois être étendue aux vallées intégrant un ruisseau à condition que le lac temporaire ait pour origine principale les eaux souterraines. Sheehy Skeffington *et al.* (2006 ; p. 269), mentionnent que certains turloughs peuvent agir comme un

1. Dépression fermée d'origine karstique, de grandes dimensions (quelques kilomètres, ou même quelques dizaines de kilomètres de longueur), à fond plat et à bordures escarpées, généralement parcourue par un cours d'eau.

puits pour un ruisseau venant de l'extérieur du bassin. Il semble que certains poljés, notamment celui du lac Cerknica en Slovénie, ont été inclus à l'habitat 3180* Turloughs dans ce contexte. La description de ce site précise que l'origine de l'eau du lac temporaire est à 80 % souterraine et à 20 % fluviale. La définition donnée dans le rapportage de l'état de conservation des HIC en Irlande de 2019 (NPWS, 2019) indique toutefois que les turloughs intègrent rarement des rivières. Naughton *et al.* (2024) décrivent les turloughs comme des sous-types de poljés, caractérisés par une mise en eau issue majoritairement d'un apport d'eau souterraine. Ils décrivent les turloughs comme les plaines inondables ou les espaces d'expansion des crues des eaux souterraines du système karstique.

Les turloughs se remplissent annuellement, généralement, à partir de l'automne jusqu'au printemps (inondation de plusieurs mois). Des inondations de courte durée peuvent également se produire en été lors de forts épisodes pluvieux. Certains lacs s'assèchent complètement en été. La majorité peuvent garder quelques mares ou canaux, notamment au niveau des estavelles. Enfin certains ne s'assèchent que pendant les étés très secs.

Les modalités d'approvisionnement et de décharge restent complexes à étudier dans les systèmes karstiques. De nombreuses configurations existent dans les turloughs. Naughton *et al.* (2012 et 2018) les résument en deux grands concepts :

- Le modèle à flux continu : l'approvisionnement et le retrait des eaux se réalisent conjointement. Par exemple, le turlough est alimenté par des sources périphériques de la dépression qui s'écoulent à des

volumes plus faibles dans une ou plusieurs pertes situées en point bas ou sur les bordures du turlough ;

– Le modèle de surcharge: dans ce système, l'alimentation et le retrait sont réalisés par les mêmes conduits et ne peuvent donc pas être synchrones. Le cas le plus typique est un turlough alimenté par une remontée de nappe ou une accumulation d'eau dans les souterrains via l'estavelle et dont la vidange s'effectue une fois l'arrêt des précipitations et la décharge du système souterrain par l'estavelle.

La vitesse de montée des eaux dépend des caractéristiques géomorphologiques, des spécificités du système karstique et du type de sol présent et est donc différente d'un site à un autre. L'étude de Bhatnagar *et al.* (2021) qui résume le suivi hydrologique sur 28 ans de quatre turloughs irlandais indique des variations interannuelles importantes de l'étendue et de la profondeur des inondations. La forte hétérogénéité des amplitudes et des vitesses de montée et de descente des eaux est également indiquée par Proctor (2010).

La profondeur des plans d'eau temporaires analysés par Coxon (1978 ; *in* Sheehy Skeffington *et al.*, 2006) varie d'un demi à six mètres de profondeur avec une médiane d'un mètre et demi. Les profondeurs maximales mesurées sur 21 turloughs par Naughton *et al.* (2012) varient de 3 m à 15,4 m.

La plus grande surface de turlough connue en Irlande est d'un peu plus de 400 ha. Le lac Cerknica en Slovénie couvre une surface en moyennes eaux de 2000 ha alors qu'il couvre dix hectares en basses eaux. La plus petite surface indiquée dans la liste publiée dans Sheehy Skeffington *et al.* (2006) est de trois hectares. Sheehy Skeffington

& Gormally, (2007) et Castello *et al.* (2021) indiquent que de nombreux turloughs font moins d'un hectare. Les turloughs de vingt, trente ou quarante hectares sont courants et la grande majorité des turloughs ont une surface inférieure à quarante hectares dans l'étude de Sheehy Skeffington & Gormally (2007). Les scientifiques s'accordent pour dire que la délimitation des turloughs n'est pas facile à réaliser étant donné les fortes fluctuations intra et interannuelles du niveau d'eau.

Deux hypothèses sur l'origine géomorphologique des turloughs existent (Sheehy Skeffington *et al.*, 2006) :

– Ils résultent des processus de karstification de la période tertiaire plus ou moins remaniés par les glaciations du quaternaire ;

– Ils seraient directement issus des processus glaciaires plus récents du quaternaire.

La moitié des turloughs étudiés par Coxon (*in* Sheehy Skeffington *et al.*, 2006) contiennent des roches marno-calcaires ou des craies lacustres. Ces dernières indiquent que certains turloughs ont été des lacs permanents pendant un certain temps dans le passé après les dernières glaciations. La présence de rochers champignons, mushrooms stones en anglais, (photographies présentées dans Proctor, 2010) dans un certain nombre de sites indique également que des surfaces d'eau stagnante ont été présentes sur une longue période à un niveau constant. L'augmentation de la karstification avec l'apparition de pertes et une plus forte perméabilité des calcaires expliqueraient en partie le changement de régime hydraulique qui s'est opéré depuis. La présence d'un dépôt sédimentaire de calcium sur les végétations

après une période d'inondation est indiquée par Sheehy Skeffington *et al.* (2006) comme caractéristique du turlough.

Flore et communautés végétales

Végétation indicatrice et associée

La composition phytosociologique précise des turloughs irlandais est assez peu renseignée dans la bibliographie que nous avons consultée. Les références renvoient à des études assez anciennes (entre les années 1980 et 2000 principalement), souvent locales ou à des thèses non publiées ou qui n'utilisent ni la nomenclature phytosociologique ni la classification EUNIS (Regan *et al.*, 2007 ; McIntyre, 2017 ; Bhatnagar *et al.*, 2021). L'absence d'un référentiel phytosociologique irlandais basé sur le code de nomenclature phytosociologique (<https://biodiversityireland.ie/ivc-classification-explorer>) ne facilite pas la compréhension des communautés présentes dans les turloughs.

Praeger (1923) décrit la composition floristique de trois turloughs irlandais selon le gradient d'humidité. Les listes d'espèces inventoriées traduisent la présence de végétation des *Littorelletea uniflorae*, des *Agrostietea stolonifera*, des *Scheuchzerio-Caricetea* et des *Charetea*. D'autres communautés semblent présentes d'après les listes d'espèces indiquées : il s'agit de fruticées des *Rhamno-Prunetea*, d'herbiers des *Potametea* et de roselières basses des *Glycerio-Nasturtietea*.

Sheehy Skeffington *et al.* (2006) mentionnent deux principales classes de végétation caractéristiques des turloughs :

– les *Scheuchzerio-Caricetea* pour les secteurs hygrophiles à hydro-

philes, classe qui est essentiellement représentée par l'alliance du *Caricion davallianae* (alliance mise en synonymie du *Caricion canescentinigræ* Nordhagen 1937 nom. inval. (45) et donc du *Caricion fuscae* par les auteurs) ;

– Les *Plantaginetea majoris* Tüxen et Preising ex von Rochow 1951 qui correspondent actuellement pour partie aux *Agrostietea stoloniferae*, aux *Polygono arenastri-Poetea annuae* et aux *Arrhenatheretea elatioris*. Ce type de végétation se rencontre selon Sheehy Skeffington *et al.* (2006) sur les surfaces plus rapidement ressuyées et sur lesquelles peut se pratiquer une activité agro-pastorale. Deux alliances sont mentionnées : l'*Agropyro-Rumicion crispis* auct. non Nordhagen 1940 nom. inval. et le *Lolio-Potentillion anserinae* Tüxen 1947 nom. inval. L'*Agropyro-Rumicion* est décomposée en plusieurs alliances dans Cat Veg (Lafon *et al.*, 2024) : l'*Oenanthion fistulosae* et le *Potentillion anserinae* des *Agrostietea stoloniferae* et l'*Agropyron pungentis* des *Juncetea maritimi*. Le *Lolio-Potentillion* est synonyme du *Potentillion anserinae*.

La présence de communautés de charophytes et des *Littorelletea uniflorae* au niveau des zones les plus longuement en eau est également indiquée dans cet article de Sheehy Skeffington *et al.* (2006).

Les auteurs précisent par ailleurs qu'aucune végétation n'est inféodée aux turloughs car les communautés inventoriées se retrouvent dans d'autres types de milieux, inondés temporairement et périodiquement (tourbières, queues d'étang, grèves exondées, prairies inondables, etc.).

Il est toutefois fait mention du *Potentillo anserinae-Drepanocladus lycopodioides nodum* d'Ivimey-Cook & Proctor (1966) qui est visible-

ment décrit quasi uniquement de turloughs.

Dans le tableau présentant des relevés de ce groupement, les espèces les plus fréquentes sont *Agrostis stolonifera*, *Scorzoneroides autumnalis*, *Lotus corniculatus*, *Potentilla erecta*, *Carex flacca*, *Juncus articulatus*, *Carex hostiana*, *Viola stagnina*, *Carex panicea*, *Galium palustre*, *Mentha aquatica* et *Argentina anserina*.

Ivimey-Cook & Proctor (1966) décrivent également un groupement à *Carex demissa* et une association à *Carex nigra* et *Argentina anserina* citée sous *Carex fusca-Potentilla anserina* Ges. Tx. 1952 qui paraissent proches floristiquement et qui sont aussi essentiellement inventoriées au sein des turloughs du Burren.

Ivimey-Cook & Proctor (1966) placent ces trois communautés végétales accompagnées de communautés hygrophiles à *Schoenus nigricans*, *Cirsium dissectum*, *Carex elata* et *Molinia caerulea* dans le *Caricion davallianae*.

Elles sont étonnamment composées à la fois d'espèces plutôt eutrophiles comme *Agrostis stolonifera*, *Ranunculus repens*, *Mentha aquatica* ou *Argentina anserina* et d'espèces plus oligotrophiles des bas-marais alcalins à acidiclinales comme *Cirsium dissectum*, *Carex hostiana* et *Carex nigra*. Leur rattachement à une alliance des *Scheuchzerio-Caricetea* pose question. D'ailleurs Ivimey-Cook & Proctor (1966) indiquent que des variations floristiques sont observées (notamment la présence et le recouvrement d'*Argentina anserina*) en fonction du type et de l'intensité du pâturage. De fait, Proctor (2010), revient sur la position de son association à *Carex nigra* et *Potentilla anserina* qu'il intègre alors aux *Plantaginetea majoris* (*Agrostietea stoloniferae*).

Un rapide regard vers les catalogues de végétation des CBN du domaine atlantique (Catteau *et al.*, 2021 ; Delassus, Magnanon *et al.*, 2014) permet d'envisager un rapprochement de cette association au *Junco articulati-Caricetum fuscae*, actuellement placé dans le *Caricion fuscae* mais dont le rattachement aux *Agrostietea* serait à envisager selon Catteau *et al.* (2021).

Ivimey-Cook & Proctor (1966) indiquent par ailleurs qu'un groupement à *Rumex crispus* et *Alopecurus geniculatus* est régulièrement représenté dans les turloughs. Ils rapprochent cette communauté de l'association à *Rumex crispus* et *Alopecurus geniculatus* de Tüxen 1950. Au regard de sa composition, il semble bien correspondre au *Potentillo anserinae-Alopecuretum geniculati* Tüxen 1947 du *Potentillion anserinae*.

La présence des groupements suivants dans les turloughs est également citée dans l'étude d'Ivimey-Cook & Proctor (1966) :

– communautés des *Bidentetea tripartitae* à proximité des estavelles ou des pertes lors des assècs ;

– communautés hydrophiles des pièces d'eau les plus pérennes des *Charetea*, *Potametea*, *Littorelletea* et des *Phragmitetalia* (communautés à *Schoenoplectus lacustris* ou à *Phragmites australis*).

Dans une étude comparative des végétations des lacs, marais et turloughs du Burren, Proctor (2010) indique que ce sont les communautés des *Bidentetea tripartitae* et du *Potentillion anserinae* (*Potentillo anserinae-Alopecuretum geniculati* et *Carex nigra-Potentilla anserina* association) qui sont les plus caractéristiques des turloughs car elles sont adaptées à une fluctuation annuelle importante du niveau d'eau.

Il indique par ailleurs que le *Potentillo anserinae-Drepanocladus lycopodioides nodum* Ivimey-Cook & Proctor (1966) et le groupement à *Carex demissa* qu'il maintient tous deux dans les *Parvocaricetea* A. Held et V. Westhoff 1969 (synonyme des *Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae*) ne sont pas caractéristiques des turloughs mais se retrouvent globalement dans les biotopes tourbeux.

Goodwillie (1992) décrit 32 types de végétation inventoriés sur 61 turloughs de plus de dix hectares. Il les classe selon un gradient d'hydromorphie et un gradient de niveau trophique. Il donne des éléments phytosociologiques ce qui permet de réaliser partiellement des correspondances avec le synsystème actuel.

Dans cette étude :

- La classe des *Agrostietea stoloniferae* recouvre quasi 38 % de la surface totale des sites. Les groupements à *Carex nigra* et *Argentina anserina* (types 5B, 6A et 6B) similaires à ceux décrits par Ivimey-Cook & Proctor (1966) occupent à eux seuls 22 % de la surface cumulée. Les groupements rattachés au *Potentillion anserinae* (types 4B, 5A et 7A) complètent le pourcentage ;
- la classe des *Scheuchzerio-Caricetea* (types 2B, 2D, 3B, 4D, 5D, 5E et 6D), recouvre 27 % de la surface cumulée des sites inventoriés ;
- la classe des *Phragmito-Magnocaricetea* occupe 10 % de la surface totale des turloughs avec une proportion équivalente entre *Phragmitetalia* (types 10A, 11A et 11B) et *Magnocaricetalia* (types 7B et 8C) ;
- 7 % de la surface cumulée des turloughs sont occupés par des

groupements pâturés du *Cynosurion cristati* (type 2A et 2C) ;

- les végétations des *Littorelletea uniflorae* (types 9B et 9C) recouvrent 5 % (des communautés d'annuelles à *Limosella aquatica* y sont incluses) ;
- les groupements des mares temporaires (type 9A) et des canaux (type 10B) des *Glycerio-Nasturtietea* recouvrent 2,8 % ;
- les mégaphorbiaies du *Filipendulion ulmariae* (type 3A) occupent 2,2 % et les communautés annuelles du *Bidention tripartitae* 0,8 % (type 8B).

Au sein des turloughs, les communautés végétales se répartissent généralement de manière circulaire autour de la source d'inondation et de la perte puisque la durée et la hauteur d'inondation sont des facteurs d'influence majeure pour les végétaux. La nature du substrat est un facteur supplémentaire de variation de la végétation entre turloughs mais aussi au sein d'un même turlough. Si certains sites sont constitués de marnes, argiles ou tourbes, d'autres sont plus minéraux (pavements calcaires) ou composés d'alluvions.

En Irlande, le pâturage pendant les derniers siècles a fortement limité la colonisation arbustive et arboré au sein des turloughs. L'immersion pendant les mois d'hiver est également un facteur limitant l'implantation des arbustes et des arbres dans les turloughs. Les végétations arbustives ou arborées se répartissent donc dans les secteurs les moins longtemps inondés ou resuyés rapidement. Sur les 61 sites inventoriés par Goodwillie (1992), les surfaces de fourrés hauts représentent 1,2 % de la surface cumulée des sites étudiés et se retrouvent notamment dans les zones rocailleuses. Les fourrés bas à ajoncs et à

potentille arbustive (*Dasiphora fruticosa*) délimitent souvent la zone de plus hautes eaux en Irlande. Leur répartition permet alors parfois de circonscrire les turloughs.

Cette quasi-absence de formations hygrophiles à mésohygrophiles arbustives et arborées semble être une spécificité irlandaise car les formations de phanérophytes sont régulièrement mentionnées dans les turloughs des autres pays européens. En Slovénie par exemple, des fourrés des *Salicetea purpureae* et des *Rhamno-Prunetea* sont indiqués comme présents dans les turloughs. L'activité agricole principale y étant la fauche, les zones plus accidentées par des affleurements rocheux notamment, sont évitées si bien que la végétation arbustive peut s'y développer.

Autre point de divergence : les turloughs décrits de Slovénie n'ont pas été impactés par les dernières glaciations du quaternaire. Ainsi, aucun dépôt morainique perméable n'y est présent, les dépôts de sédiments sont plus faibles, leur fond est plus régulier et leurs flancs sont plus escarpés. Les conditions météorologiques moins douces limitent également la saison de végétation et accélèrent l'assèchement estival. Les turloughs identifiés en Slovénie sont composés essentiellement de végétations herbacées des *Festuco-Brometea* et du *Molinion caeruleae* (Sheeny Skeffington & Scott, 2008).

Le lac italien Doberdò qui a été proposé comme un site à intégrer au 3180* en 2021 a fait l'objet d'une étude de ses communautés végétales (Castello *et al.*, 2021). Ce site d'environ 35 ha est situé à soixante kilomètres du lac de Petelinjsko en Slovénie. Contrairement à ce dernier, il est constitué de très nombreuses associations végétales hygrophiles à hydrophiles appartenant aux

classes des *Lemnetea minoris*, *Potametea pectinati*, *Bidentetea tripartitae*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Agrostietea stoloniferae*, *Molinio-Arrhenetheretea* (*sensu* Mucina *et al.*, 2016), *Filipendulo-Convolvuletea*, *Alnetea glutinosae* et *Populetalia albae*. Le bassin est alimenté par plusieurs sources d'eau dont certaines sont permanentes, qui créent des canaux très rarement asséchés.

Les turloughs sont désignés par le code EUNIS C1.67 « Turloughs et prairies des fonds des lacs », le niveau C1.6 étant « lacs, étangs et mares temporaires ». La classification indique sous le code C1.67 que les codes EUNIS suivants peuvent caractériser tout ou partie de la végétation d'un turlough (les classes de végétation potentiellement concernées sont rajoutées entre parenthèses) :

- C1 : eaux dormantes de surface (*Charetea fragilis* + *Potametea pectinati* + *Lemnetea minoris* + *Utricularietea intermedio-minoris*) ;
- C3.41 : communautés amphibies vivaces eurosibériennes (*Littorelletea uniflorae*) ;
- C3.51 : gazons ras eurosibériens à espèces annuelles amphibies (*Juncetea bufonii*) ;
- C3.52 : communautés à *Bidens spp.* des rives des lacs et des étangs (*Bidentetea tripartitae*) ;
- C3.64 : sables et galets exondés et nus des lacs d'eau douce ;
- C3.65 : vases exondées nues des lacs d'eau douce ;
- D2 à D5 : tourbières de vallées, bas-marais acides et tourbières de transition, bas-marais riches en bases et tourbières des sources calcaires (*Scheuchzerio-Caricetea*), rose-lières sèches et cariçaies normale-

ment sans eau libre (*Phragmito-Magnocaricetea*) ;

- E2 et E3 : prairies mésiques (*Arrhenatheretea elatioris*) et prairies humides et prairies humides saisonnières (*Agrostietea stoloniferae*). Proctor (2010) précise que les codes E3.442 Gazons inondés et notamment E3.4421 Gazons inondés à vulpin genouillé et E3.4422 Gazons inondés à agrostide blanche (*Agrostis stolonifera*) sont particulièrement concernés.

Les végétations indicatrices indiquées dans la définition EUR28 correspondent à des prairies humides perturbées piétinées ou pâturées du *Potentillion anserinae* et à des bas-marais neutro-alcalins du *Caricion davalliana* (rattachement à modérer et à placer plutôt au niveau de la classe à la vue des différents articles consultés). Les communautés végétales identifiées dans les turloughs apparaissent finalement plus diversifiées même si ces deux communautés dominent. Il existe en effet un enchaînement de groupements végétaux selon le gradient hydrique, de la source d'alimentation en eau, généralement le secteur le plus humide jusqu'aux périphéries les moins longuement inondées.

La durée, la fréquence et la vitesse d'inondation, les types de sol, la topographie et le type de gestion agricole sont autant de facteurs qui contribuent à la diversité des communautés. Si une partie du lac est très rarement à sec, une végétation aquatique pourra se développer, si le lac est ancien et que des tourbes se sont accumulées, des communautés de tourbières basses alcalines à acidiclinales seront présentes. A l'inverse, si la durée d'inondation est relativement courte, que les vitesses de montée et de descente des eaux sont rapides et que le sol est mince, alors le nombre et

la surface des groupements végétaux hygrophiles seront réduits.

En Irlande les turloughs sont essentiellement pâturés ce qui limite la présence de certaines communautés, notamment celles qui sont fauchées ou qui évoluent naturellement (uniquement par la contrainte naturelle, ici l'immersion) comme les mégaphorbiaies ou les saulaies. Goodwillie (1992) indique d'ailleurs que certaines communautés des *Agrostietea stoloniferae* ou des *Scheuchzerio-Caricetea* évoluent en mégaphorbiaie en absence de pâturage. Ces végétations sont par ailleurs inventoriées dans les turloughs des autres pays européens.

Le rapport réalisé par l'Irlande dans le cadre du rapportage de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire de 2019 (NPWS, 2019) indique qu'un turlough contient typiquement une végétation de zone humide dans les bas niveaux (végétation indicatrice) et des communautés des sols secs calcaires dans les niveaux supérieurs (végétation associée).

Superposition avec d'autres habitats d'intérêt communautaire

L'habitat 3180 peut se superposer aux HIC suivants selon le NPWS (2019) :

- 3140 Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara spp.* ;
- 7230 Tourbières basses alcalines ;
- 8240 Pavements calcaires qui intègrent potentiellement l'habitat 6110 Pelouses pionnières des dalles calcaires planitiaires et collinéennes et 6210 Pelouses sèches semi-naturelles et faciès d'embuisonnement sur calcaires (*Festuco-Brometalia*).

Il est également probable, étant donné les communautés végétales indiquées précédemment que les HIC suivants puissent se superposer au 3180* :

- 3150 Lacs eutrophes naturels avec végétation du *Magnopotamion* ou de l'*Hydrocharition* ;
- 3110 Eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses (*Littorelletalia uniflorae*) ;
- 3130 Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des *Littorelletea uniflorae* et/ou des *Isoeto-Nanojuncetea* ;
- 7210* Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae*.

L'habitat 3270 Rivières avec berges vaseuses et végétation du *Chenopodion rubri p.p.* et du *Bidention p.p.* est également mentionné mais selon la dernière fiche d'interprétation de ce HIC (Le Gloanec & Gaudillat *in* Gaudillat, 2023) la désignation en 3270 est à réserver aux systèmes alluviaux. Cela ne serait donc possible que pour les turloughs qui intègrent (de manière limitée par définition) une rivière ou un ruisseau et seules les communautés rivulaires pourront être rattachés au 3270.

Il faut noter par ailleurs que la fiche de l'habitat 3170* Mares temporaires méditerranéennes indique que l'alimentation de ces mares peut parfois être d'origine souterraine. Cet habitat doit présenter des végétations des *Isoëtetea velatae*, *Juncetea bufonii* ou des *Agrostietea stoloniferae*, syntaxons cités, au moins en partie, comme présents dans le 3180*. Une étude de certains sites de mares temporaires pourrait donc être poursuivie pour appréhender la superposition de ces deux HIC.

Espèces végétales patrimoniales

Plusieurs espèces végétales patrimoniales sont inventoriées dans les turloughs. Le statut patrimonial des espèces étant différent d'un pays à un autre, il est néanmoins difficile de généraliser sur la présence d'espèces à enjeu dans cet habitat.

Nous pouvons toutefois citer :

- *Viola stagnina* (= *Viola persicifolia* Schreb.), *Dasiphora fruticosa* et *Limosella aquatica* en Irlande ;
- *Allium angulosum*, *Gladiolus illyricus*, *Dorycnium germanicum* et *Veronica longifolia* en Slovénie ;
- *Allium angulosum*, *Gratiola officinalis*, *Leucosium aestivum* et *Viola elatior* en Italie.

Espèces de bryophytes caractéristiques

Deux espèces de bryophytes sont citées par Praeger (1932) et reprises dans le manuel d'interprétation comme caractéristiques de l'habitat : *Cinclidotus fontinaloides* et *Fontinalis antipyretica*. Ces deux espèces ont été utilisées par Coxon (1987) pour délimiter les zones de plus hautes eaux (limite supérieure du turlough) et les zones les plus fréquemment inondées sur un échantillon de turloughs. Ces deux mousses sont typiques des zones périodiquement immergées d'où leur utilisation pour caractériser les turloughs. Toutefois elles sont fréquentes (plus faiblement en montagne d'après Hugonnot *et al.*, 2017) et ont une large répartition en France (Celle *et al.*, 2024) notamment sur les berges du lit mineur des cours d'eau. Leur valeur d'espèce indicatrice des turloughs ne peut donc pas être retenue même si elles sont fréquemment présentes dans cet habitat et qu'elles peuvent

permettre de réaliser une cartographie des plus hautes eaux.

Intérêt faunistique

Nous ne détaillerons pas cet aspect qui n'est pas notre spécialité mais Sheehy Skeffington *et al.* (2006) indiquent un fort intérêt patrimonial des turloughs pour la faune spécialisée et adaptée au caractère temporaire et parfois soudain des inondations et à l'origine souterraine des eaux.

Concernant les invertébrés aquatiques, Sheehy Skeffington *et al.* (2006) cite les escargots *Radix baltica* et *Bithynia tentaculata* (selon J. Ryelandt, malacologue au CBNFC-ORI, ces deux espèces d'escargots sont toutefois très répandues en France), la présence de nombreux cladocères (dont *Eurycercus glacialis* et *Diaptomus castor*) et copépodes, de punaises aquatiques de la famille des corixidae (Tobin & Carthy, 2004) et de coccinelles semi-aquatiques très rares en Irlande : *Graptodytes bilineatus*, *Dryops similis* et *Berus signaticollis*. Un branchiopode rarissime des milieux aquatiques temporaires, *Tanymastix stagnalis* y a également été inventorié (Young, 1976) et fait à remarquer, il a également été inventorié dans un turlough allemand au nord-est de Bâle (comm. pers. de François Thiery). La communauté de coccinelles terrestres semble également d'intérêt avec plusieurs nouvelles espèces découvertes à la suite d'inventaires dans les turloughs en Irlande.

Les poissons étant très rarement présents, les turloughs sont des habitats intéressants pour les amphibiens. Les vastes plans d'eau attirent de nombreux oiseaux en hiver dont des canards, des oies et des échassiers. En Slovénie, les prairies longuement inondées sont l'habitat de reproduction du râle des genêts. La

diversité des communautés végétales permet à de nombreux cor-tèges d'oiseaux de nicher ou de venir s'alimenter.

Conservation des turloughs

En Irlande, comme en Europe, les turloughs sont ou ont pu être impactés ou menacés par le drainage, les endiguements, parfois l'extraction de matériaux (tourbe), la mise en culture, les pratiques non adaptées de pâturage et les apports de nutriments ou de produits phytosanitaires. Le changement climatique qui impacte directement (modification du régime des précipitations) ou indirectement (concurrency pour la réserve en eau avec la société humaine) l'aquifère karstique engendre aussi des effets sur ces écosystèmes.

Bilan et proposition d'interprétation

La définition suivante des turloughs proposée par Sheeny Skeffington & Scott (2008) nous semble la plus fidèle aux descriptions faites dans la bibliographie :

« Turloughs are depressions entirely within and on karst limestone, annually inundated mostly by groundwater via estavelles and springs and, in their natural state, supporting vegetation and/or soils indicative of the prevalence of wetland conditions over at least part of the year ». Dans cette définition, les turloughs sont des dépressions entièrement situées dans et sur du calcaire karstique, inondées annuellement, principalement par les eaux souterraines issues d'estavelles et de sources et, dans leur état naturel, qui abritent une végétation ou des sols indiquant la prévalence de zones humides sur au moins une partie de l'année.

C'est également la définition donnée par Tynan *et al.* (2007) : « A topographic depression in karst which is intermittently inundated on an annual basis, mainly from groundwater, and which has a substrate and/or ecological communities characteristic of wetlands ». Selon cette définition, le turlough est une dépression topographique dans le karst qui est inondée de manière intermittente chaque année, principalement par des eaux souterraines, et qui présente un substrat ou des communautés caractéristiques de zones humides.

L'habitat correspond donc à des dépressions topographiques fermées au sein de système karstique, de surface variable (de 1 ha à 400 ha), qui sont inondées annuellement (en général entre l'automne et l'hiver) de manière temporaire, saisonnière ou intermittente. L'inondation est très majoritairement alimentée par une arrivée d'eau d'origine souterraine (estavelle ou résurgence) et l'évacuation est réalisée par des pertes (ou des estavelles). La durée d'immersion (quelques semaines à plusieurs mois) et la profondeur de l'inondation (une profondeur d'inondation minimale de 0,5 m est mise en avant comme critère de distinction par O'Neill & Martin en 2015 en suivant Coxon, 1987) sont très variables et dépendent notamment des conditions météorologiques et de la structure du système karstique. Une grande partie du turlough est asséchée une partie de l'année (généralement en été). L'habitat présente une végétation diversifiée. Les communautés végétales se succèdent le long du gradient hydrique mais au moins une partie d'entre elles est caractéristique de zone humide (tout comme le sol). Des végétations aquatiques peuvent subsister dans les potentielles zones non asséchées du turlough.

D'après les éléments dont nous disposons, l'habitat 3180* peut donc être interprété comme un habitat à logique biotope sous conditions de présence de végétations hydrophiles à mésohygrophiles. A savoir que pour qu'un habitat à logique biotope sous condition de présence de végétations soit validé, la présence d'au moins un type de végétation indicatrice est obligatoire (Gaudillat *et al.*, 2018).

Une forte hétérogénéité des paramètres hydrogéologiques et pédologiques est observée entre les turloughs. Si des catégorisations ont été tentées, chaque turlough présente une combinaison unique de végétations issue des paramètres écologiques qui lui sont propres (Visser *et al.*, 2006 ; Regan *et al.*, 2007). Il existe un continuum de situations entre les turloughs à sols principalement minéraux, à inondation rapide et de courte durée, composés de végétations prairiales pâturées des *Agrostietea stoloniferae* et les turloughs tourbeux, à inondation plus progressive et prolongée, composés de végétation rattachées aux *Scheuchzerio-Caricetea*.

L'hétérogénéité des communautés végétales (et donc potentiellement des habitats d'espèces animales) réparties le long du gradient d'humidité au sein des turloughs additionnée à la forte variabilité des conditions écologiques entre les sites a d'ailleurs sans doute été le moteur de la désignation de cet écosystème à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore.

Nous proposons de ne pas être trop restrictif vis-à-vis des végétations indicatrices car le critère d'éligibilité lié au fonctionnement hydrogéologique l'est par nature. Par ailleurs, nous l'avons vu, même si les prairies humides pâturées des *Agrostietea stoloniferae* et les

communautés des bas-marais des *Scheuchzerio-Caricetea* sont les plus fréquentes dans les turloughs irlandais, d'autres formations végétales traduisent le caractère temporaire de l'inondation et sont présentes lorsque les pratiques de gestion ou les contextes écologiques sont différents. C'est le cas des communautés des *Bidentetea*, des *Filipendulo-Convulvuletea*, des *Littorelletea uniflorae* et des fourrés mésohygrophiles par exemple.

Nous ne retenons toutefois pas les communautés d'hydrophytes des pièces d'eau pérennes qui peuvent subsister toute l'année au sein des turloughs (*Potametea* et *Lemnetea minoris* par exemple) ou les formations végétales qui ne supportent pas une inondation prolongée (classes forestières, pelouses sèches, prairies mésophiles) même si celles-ci peuvent être présentes en périphérie des turloughs.

Nous proposons de retenir comme végétations indicatrices les classes, ordres et alliances suivantes qui intègrent des communautés végétales mésohygrophiles à hydrophiles :

- *Agrostietea stoloniferae*;
- *Bidentetea tripartitae* (a priori le *Bidention tripartitae*) ;
- *Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae* ;
- *Filipendulo ulmariae-Convulvuletea sepium* ;
- *Glycerio fluitantis-Nasturtietea officinalis* ;
- *Phragmito-Magnocaricetea* ;
- *Carici-Salicetea cinereae* ;
- *Littorelletea uniflorae* et *Juncetea bufoni* ;
- *Salici cinereae-Rhamnion catharticae*.

La liste des végétations associées potentielles est par ailleurs très importante (liste non exhaustive) :

- *Charetea fragilis*, *Potametea pectinati*, *Lemnetea minoris*, *Utricularietea intermedio-minoris* ;
- *Arrhenatheretea elatioris* ;
- *Festuco-Brometea* ;
- *Rhamno catharticae-Prunetea spinosae* (syntaxons mésophiles) ;
- *Sedo albi-Scleranthetea* ;
- *Trifolio medii-Geranietea* ;
- *Alnetea glutinosae* ;
- *Carpino betuli-Fagetea sylvatica* ;
- *Quercetea petraea-roboris*.

Présentation de sites franc-comtois dont les spécificités sont ou semblent compatibles avec la définition des turloughs

Préambule

La partie jurassienne de la Franche-Comté est typiquement karstique avec de nombreux phénomènes géologiques et hydrogéologiques caractéristiques (dolines, pavements, lapiez, combes, reculées, pertes, résurgences, gouffres, etc.) dont les plus remarquables sont recensés par Bichet *et al.* (2014). Le massif du Jura a de plus été, comme l'Irlande, façonné par les dernières glaciations au quaternaire du Riss et du Würm. En revanche, les altitudes jurassiennes sont plus élevées et le climat est plus froid qu'en Irlande. La saison de végétation y est donc plus courte.

Il faut noter que le site N2000 allemand Dinkelberg und Röttler Wald dans la région de Freiburg est mentionné comme un turlough (site de l'Eichener see). Ce site n'est situé qu'à environ 140 km de Pontarlier à vol d'oiseau.

Les connaissances actuelles du territoire franc-comtois karstique permettent d'envisager cinq sites potentiels à rattacher au 3180* :

- Le marais de Saône ;
- les Embousoirs aux Granges-Narboz ;
- le lac temporaire de l'Entonnoir à Bouverans ;
- le site des Fontaines du Pré d'Héry à Pont d'Héry ;
- le site du lieu-dit Sur le Lac à Orgelet et Moutonne.

Les cartographies d'espèces végétales ou d'associations végétales indiquées dans la suite du document sont issues de la base de données Taxa Flore © CBNFC-ORI/SBFC.

Le marais de Saône (25)

Le marais de Saône se situe au sud-est et à environ six kilomètres de Besançon entre 373 m et 386 m d'altitude (figure 2).

Il constitue un vaste bassin fermé d'environ 600 ha associé à une perte située dans la doline du Creux sous Roche (Bichet *et al.*, 2014 ; figure 3). Cette dépression d'environ deux hectares sur trente mètres de hauteur draine les eaux du marais. Elle devient émissive en hiver ou lors de forts épisodes pluvieux et constitue donc une estavelle qui inonde le marais en hautes eaux. Une doline proche, mais non connectée en surface, la doline des fosses, est également émissive en période de hautes eaux. Le marais est annuellement

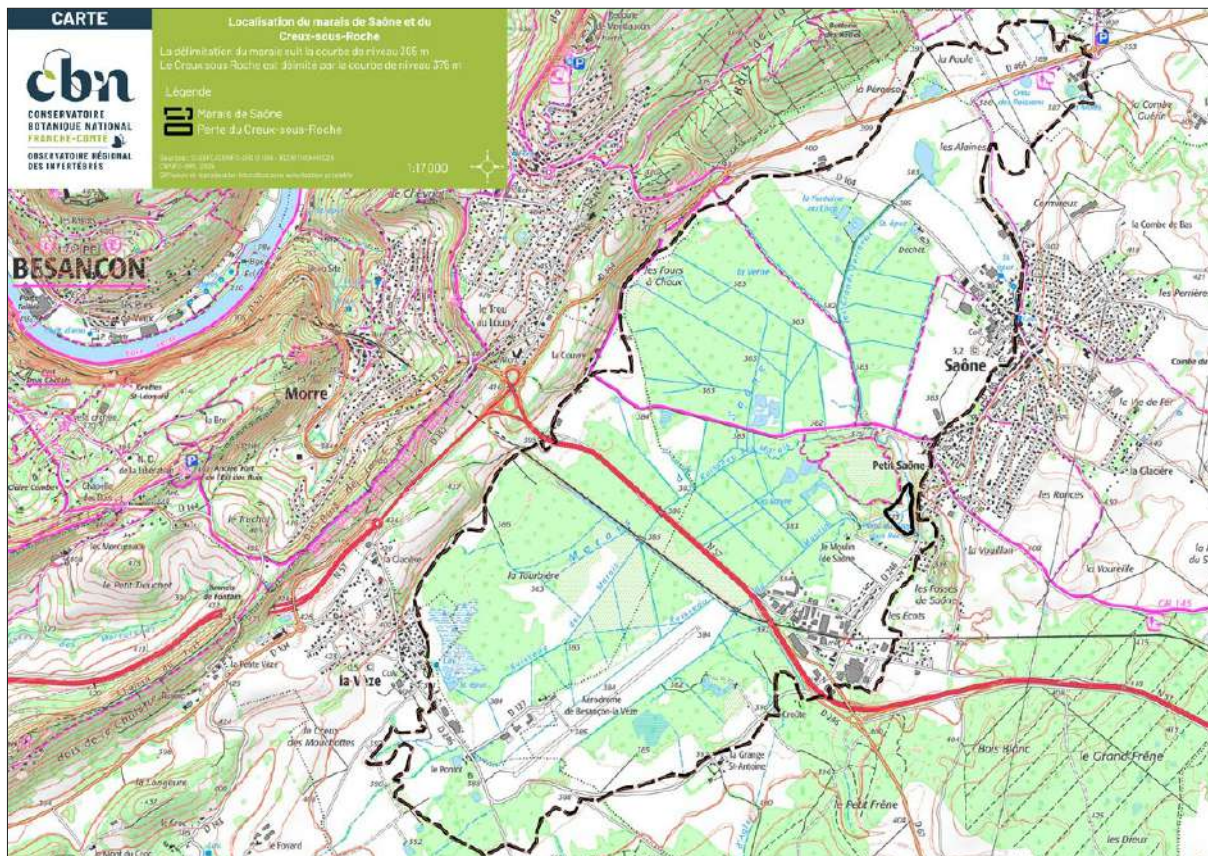


Figure 2 : localisation du marais de Saône.

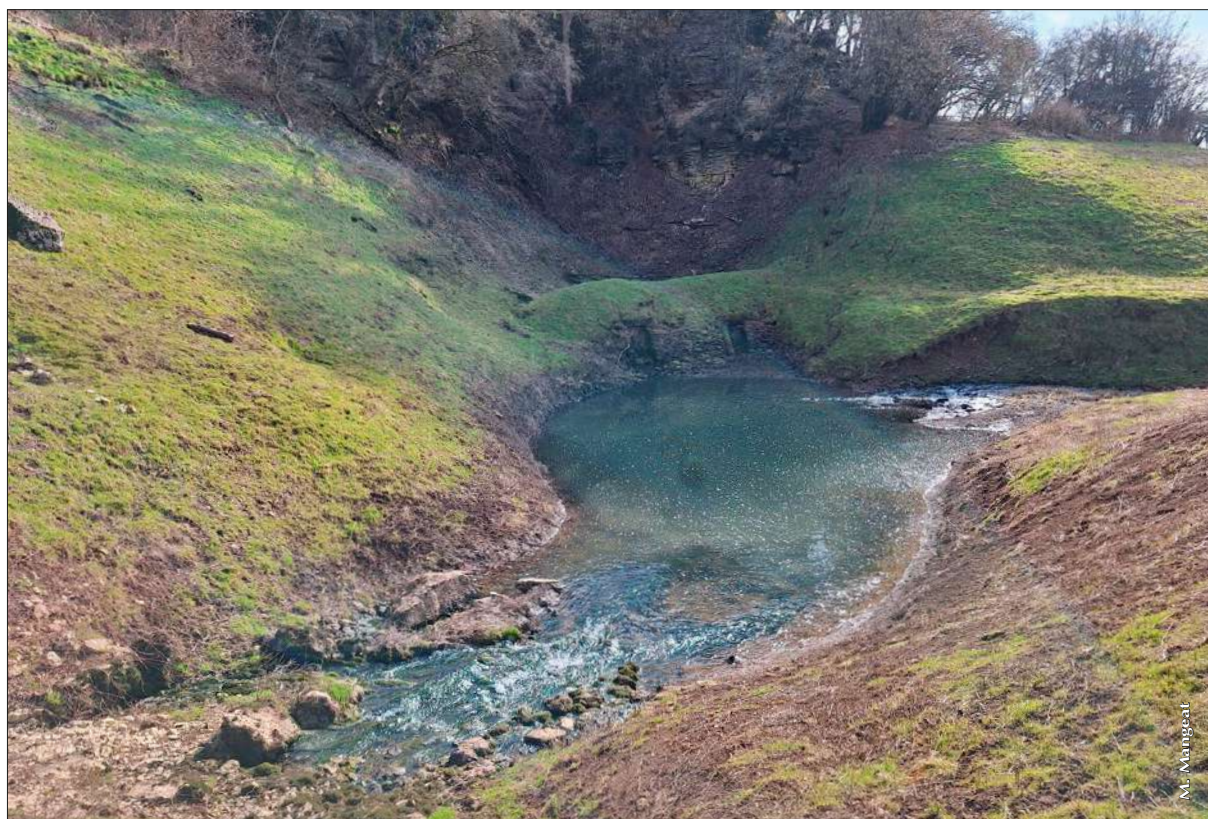


Figure 3 : photographies de la doline et des estavelles empierreées (au centre) du Creux-sous-Roche (M. Mangeat). La hauteur de la doline est impressionnante en comparaison des estavelles qui mesurent environ deux mètres de haut.

inondé à des niveaux plus ou moins importants.

Le marais repose sur d'épaisses (de trois à onze mètres) formations superficielles perméables composées d'argiles, de limons à chailles et d'argiles de décalcification. Cette forte sédimentation s'explique par l'existence passée et prolongée d'un lac permanent (période pendant laquelle le Creux sous Roche ne devait pas remplir sa fonction d'exutoire).

L'estavelle est connectée à une couche de calcaire perméable suivie d'une couche de marnes imperméables qui laisse place ensuite à une seconde couche de calcaires perméable. Le Creux sous Roche est majoritairement alimenté via ces différentes couches et un réseau de failles. Au sein du poljé, l'alimentation en eau est aussi assurée par plusieurs sources qui forment des ruisseaux et coulent jusqu'au Creux-sous-Roche. Le marais de Saône est un des principaux contributeurs à l'alimentation des sources d'Arcier qui sont exploitées par la ville de Besançon.

L'hydrologie du marais a subi de nombreux travaux au cours des siècles précédents (drainage, création de plans d'eau) et le secteur a été fractionné par de nombreuses constructions (route, chemin de fer, aérodrome).

Les pratiques agricoles traditionnelles, abandonnées à partir de la moitié du XX^e siècle (Vuilleminot, 2007), le marais suit depuis une forte dynamique de recolonisation forestière (surfaces importantes de saulaies notamment).

Les végétations du marais de Saône sont variées (figure 4) et caractéristiques de zones humides (*Alnetea glutinosae*, *Agrostieteta stoloniferae*, *Molinion caeruleae*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Filipendulo-Convulvuletea*, *Potametea*

pectinati, etc). La doline du Creux-sous-Roche est essentiellement composée de mégaphorbiaies nitrophiles et de saulaies.

Plusieurs espèces végétales protégées et très rares y sont recensées dont *Viola elatior*, *Allium angulosum* et *Ranunculus lingua*, espèces mentionnées dans plusieurs turloughs européens.

Le site est classé en espace naturel sensible (ENS), ZNIEFF, APPB et est intégré au site Natura 2000 de la Moyenne Vallée du Doubs.

Les Embousoirs aux Granges-Narboz (25)

Ce site se situe dans le bassin du Drugeon à l'ouest de Pontarlier (figure 5). Le site est intégré au site N2000 FR4310112 Vallées du Drugeon et du Haut-Doubs. D'une superficie d'environ trente hectares, cette dépression topographique est située au pied du massif du Laveron. Elle est alimentée par une estavelle située dans sa partie sud-est à proximité de la route reliant Granges l'Église à Sainte-Colombe. Il repose sur une importante épaisseur de tourbe développée sur les moraines imperméables issues de la dernière glaciation (Champ morainique des Granges).

Le site n'est pas connecté en surface au Drugeon mais cela n'a pas toujours été le cas (comm. pers. de V. Bichet). Un ruissellement temporaire issu d'une source venant de l'est est indiqué sur la carte topographique au 1 : 25 000^e.

L'inondation totale de la dépression est temporaire (quelques jours) mais peut survenir plusieurs fois dans l'année (Bichet *et al.*, 2014) et pas seulement en hiver. La décrue est généralement très rapide (quelques heures).

Des ruines semblent indiquer que la source a pu être utilisée dans le passé.

Des mégaphorbiaies, des cariçaies et des roselières sont inventoriées au plus proche de l'estavelle très souvent en eau (figure 6). Des prairies humides du *Molinion caeruleae* et des bas-marais alcalins du *Caricion davallianae* composent la majorité des surfaces restantes de la dépression qui sont inondées temporairement. Quelques saulaies s'implantent dans les mégaphorbiaies. *Carex limosa*, *Pinguicula vulgaris* et *Carex cespitosa* sont les espèces protégées inventoriées sur le site.

Le lac de l'Entonnoir à Bouverans (25)

Le lac de l'Entonnoir est situé au pied de l'anticlinal du Laveron (figure 7). Sa surface est d'environ 70 ha et il est associé dans sa bordure ouest à un complexe tourbeux d'environ quarante hectares nommé le Varot. Il repose sur des dépôts glaciaires. Sa profondeur moyenne inférieure est de trois mètres mais peut monter à dix mètres. Il connaît des assecs irrégulièrement (pas tous les ans) temporaires et épisodiques, notamment en automne ou lors des sécheresses très intenses. L'asec complet du lac a été observé une dizaine de fois entre 1980 et 2010 mais il semble plus fréquent ces deux dernières décennies.

La délimitation de l'emprise géographique du turlough n'est pas évidente car les courbes de niveau en dessous des 830 m d'altitude ne sont pas spécifiées sur la carte topographique.

L'alimentation en eau se fait principalement (très majoritairement selon V. Bichet) par plusieurs estavelles bien visibles lors des assecs (figure 8). Les volumes alternati-

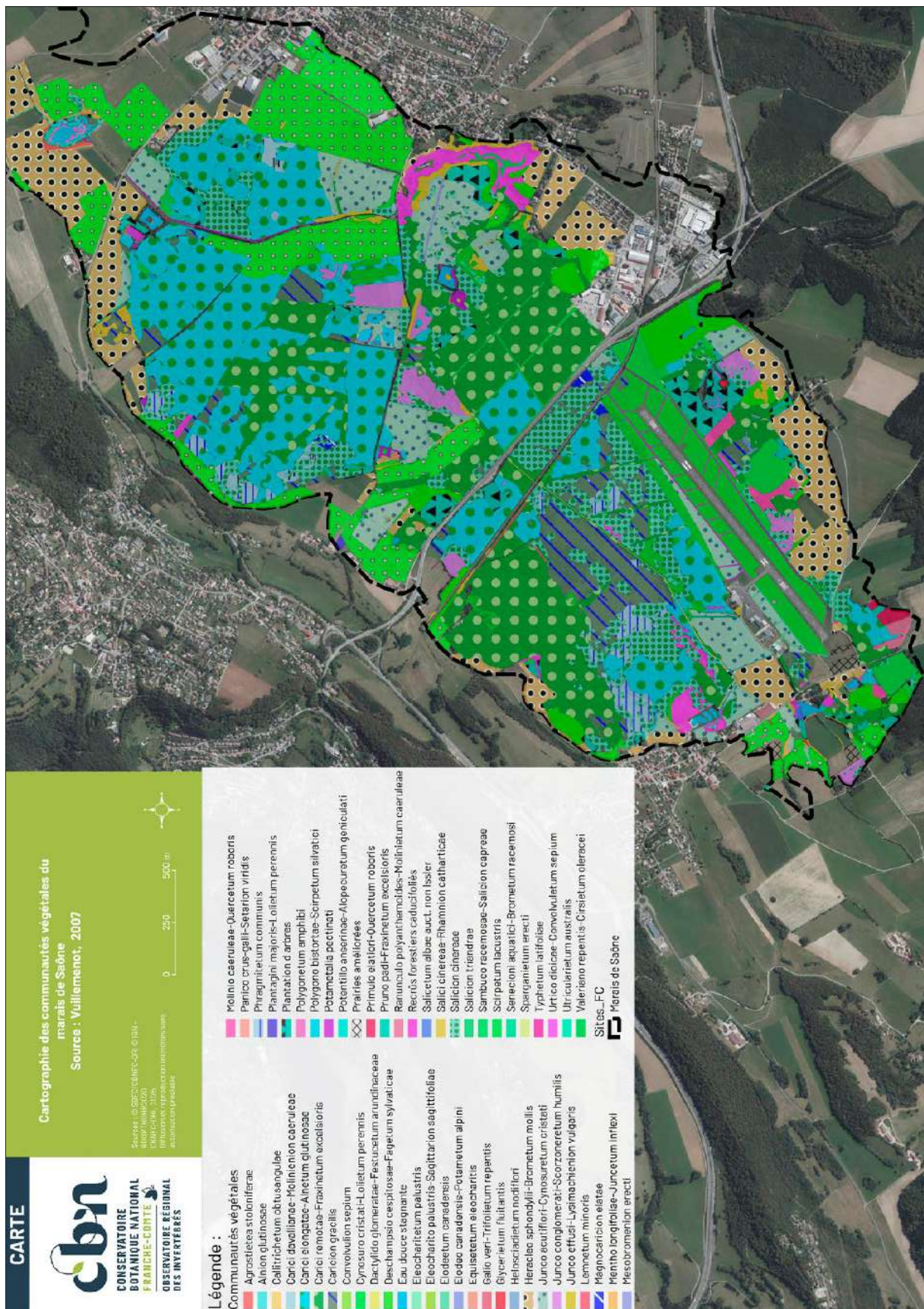


Figure 4: cartographie des communautés végétales sur le marais de Saône.

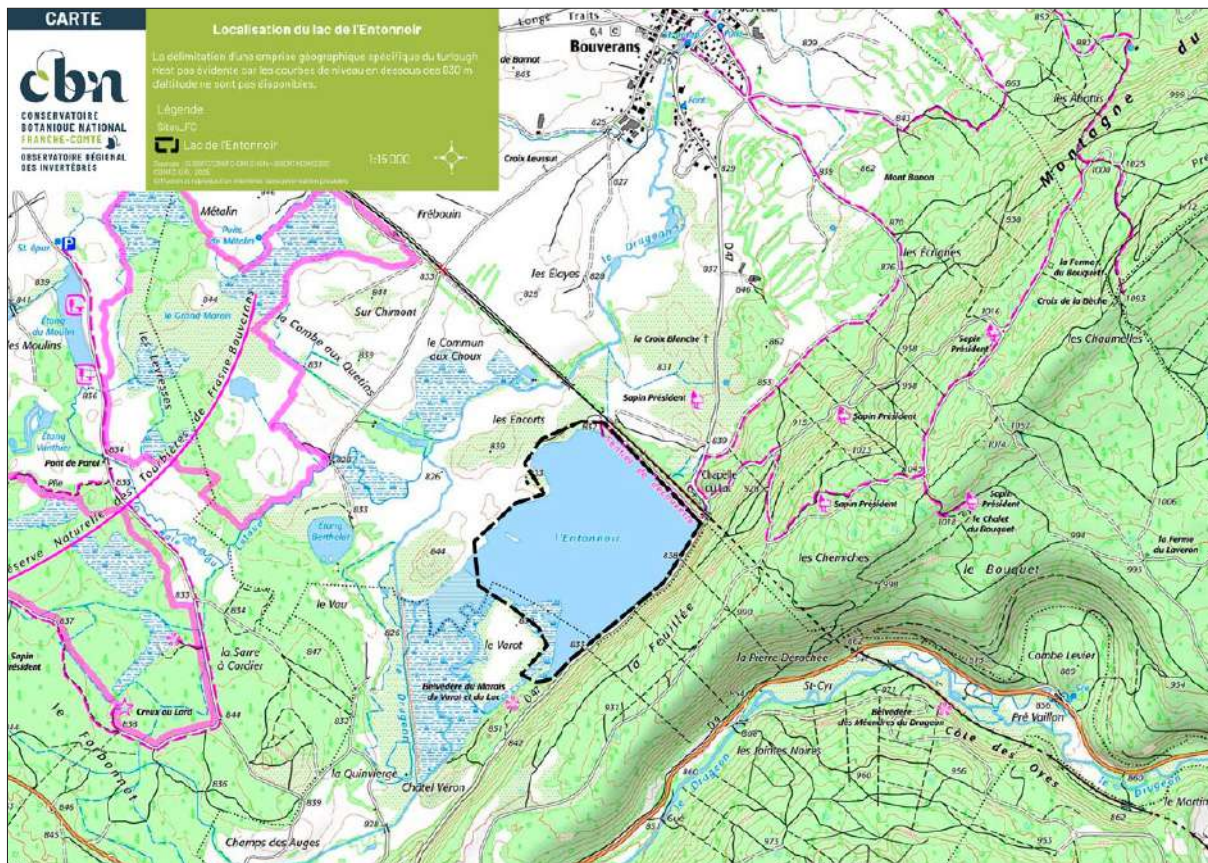


Figure 7 : localisation du lac de l'Entonnoir.



Figure 8 : photographies du lac de l'Entonnoir et d'une des estavelles en période d'assèchement (V. Bichet in Bichet et al., 2014).

vement émis ou absorbés ne sont pas connus mais le fait que les estavelles soient bien émissives a été vérifié par une coloration et un suivi hydrologique. Le relief du massif du Laveron est la principale source d'alimentation de ces inversacs.

La spécificité du lac de l'Entonnoir au sein de la liste de sites que nous présentons est qu'il existe une connexion de surface avec le Drugeon, rivière proche. En

hautes eaux, les eaux du lac se déversent dans le Drugeon. En période de basses eaux, le lac peut recevoir les eaux du Drugeon, s'il est encore suffisamment bien alimenté. Historiquement une série de méandres arrosait le marais du Varot et communiquait directement avec le lac.

Depuis le XVII^e siècle, de nombreux aménagements ont été réalisés pour essayer de gérer la connexion entre

le Drugeon et le lac. Le lit mineur de la rivière a été remanié de nombreuses fois au cours des siècles, des digues et des canaux ont aussi été construits. Au cours du XIX^e siècle, vraisemblablement lors de périodes d'assèchements prolongés, la mise en culture des sédiments lacustres et l'exploitation de tourbe y ont même été organisées. Le parcellaire cadastral très découpé du lac témoigne de ce passé. Une restauration des

méandres du Drugeon a été entreprise récemment pour redonner un fonctionnement hydrologique plus naturel à la rivière (Teleos & Limandat, 2021).

Ce lac est intégré au site N2000 FR4310112 Vallées du Drugeon et du Haut-Doubs, à des ZNIEFF ; il bénéficie d'un Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope et constitue un Espace Naturel Sensible.

Les végétations présentes sur le lac et ses pourtours sont fortement patrimoniales (Guyonneau *et al.*, 2008 ; Greffier, 2018 ; figure 9). Une très importante et patrimoniale communauté de characées est présente sur le fond du lac avec onze espèces inventoriées ; cette forte diversité semble justement liée à l'alimentation en eau souterraine du lac, moins riche en sédiments et en matière organique qu'une eau déversée par des cours d'eau. Le lac présente également de nombreuses communautés des *Potametea pectinati*.

Sur la bordure ouest du site, des cariçaies et roselières des *Phragmito-Magnocaricetea* sont présentes. Entre les deux, une tourbière ombrotrophe (*Sphagnion medii*) et des bas-marais alcalins (*Caricion davallianae*) à acidiclinales (*Caricion lasiocarpae*) sont présents. En périphérie, on retrouve également des mégaphorbiaies, des moliniaies et des prairies humides des *Agrostietea stoloniferae* parfois pâturées. Plusieurs associations de saulaies s'implantent dans les secteurs non tourbeux et non gérés.

Sur les bordures extérieures non ou très rarement soumises aux inondations (sécherons), des prairies pâturées ou fauchées, des pelouses calcicoles et des gazons à orpins sur dalles rocheuses sont présentes.

Le site héberge de nombreuses espèces végétales protégées ou patrimoniales : *Chara strigosa f. jurensis*,

Potamogeton gramineus, *Fritillaria meleagris* et *Ranunculus lingua* entre autres. *Cinclidotus fontinalis* et *Fontinalis antipyretica* y sont inventoriés.

Les Fontaines du Pré d'Héry à Pont-d'Héry (39)

Ce site (dont nous devons la connaissance à Brendan Greffier) a une surface d'environ dix hectares. Il est situé à la sortie sud de Pont-d'Héry dans le département du Jura (figure 10).

Plusieurs sources (Fontaines du Pré d'Héry) sont présentes sur les bordures sud de cette dépression topographique située entre la forêt des Moidons et la côte Fournier. Les écoulements se dirigent visiblement vers le centre puis le nord de la dépression. La cuvette est fréquemment inondée selon B. Greffier. La vidange de la dépression est soit assurée par les sources elles-mêmes (qui seraient donc des estavelles) soit par une perte principale, plus au nord des sources, située au plus bas de la dépression. La carte de l'état-major de 1820-1866 fait déjà état de ce lac temporaire. La carte géologique indique que cette zone est constituée d'alluvions modernes.

On distingue aisément sur l'orthophotographie une zone au sud-est qui est différenciée par une couleur plus claire de la prairie et dans laquelle sont positionnés les sources et les lits mineurs des ruisselets. Il est également possible de voir des marques de zonation vers le nord, probablement causées par des durées d'inondations différentes (figure 11).

Les prairies pâturées sont majoritaires sur le site. Quelques zones plus humides et des saulaies sont également visibles sur l'orthophotographie. Deux stations de *Fritillaria*

meleagris y ont été inventoriées ce qui confirme le caractère temporaire mais périodique de l'inondation (figure 11). Une communauté du *Caricetum gracilis* est également indiquée sur le site (sans précision géographique).

La topographie et l'origine de l'inondation semblent répondre à la définition du turlough. Des compléments phytosociologiques et hydrogéologiques (volume, durée, périodicité des inondations) seront toutefois nécessaires pour confirmer un rattachement au 3180*.

Le site du lieu-dit « Sur le Lac » à Orgelet et Moutonne (39)

Au nord-ouest de Chavéria, plusieurs zones de pertes et peut-être d'estavelles sont observées en périphérie de la Thoreigne. La plus grande (un hectare environ) se situe au niveau du lieu-dit « Sur le Lac » à la limite entre les communes d'Orgelet et de Moutonne (figure 12).

Cette perte est située dans une dépression topographique fermée dont le point topographique le plus bas est huit mètres en dessous du point topographique indiqué sur le lit de la Thoreigne. Elle est directement reliée à la rivière pour laquelle elle constitue très probablement un exutoire en hautes eaux. L'eau est vraisemblablement vidangée par la perte.

Ces secteurs sont observés périodiquement en eau (comm. pers. de B. Greffier). Des stations de *Gratiola officinalis* et de *Fritillaria meleagris* (figure 13), espèces protégées, y ont été inventoriées ce qui confirme l'existence d'un niveau d'eau fluctuant.

La campagne de cartographie des habitats naturels et semi-naturels du site N2000 de la petite Montagne

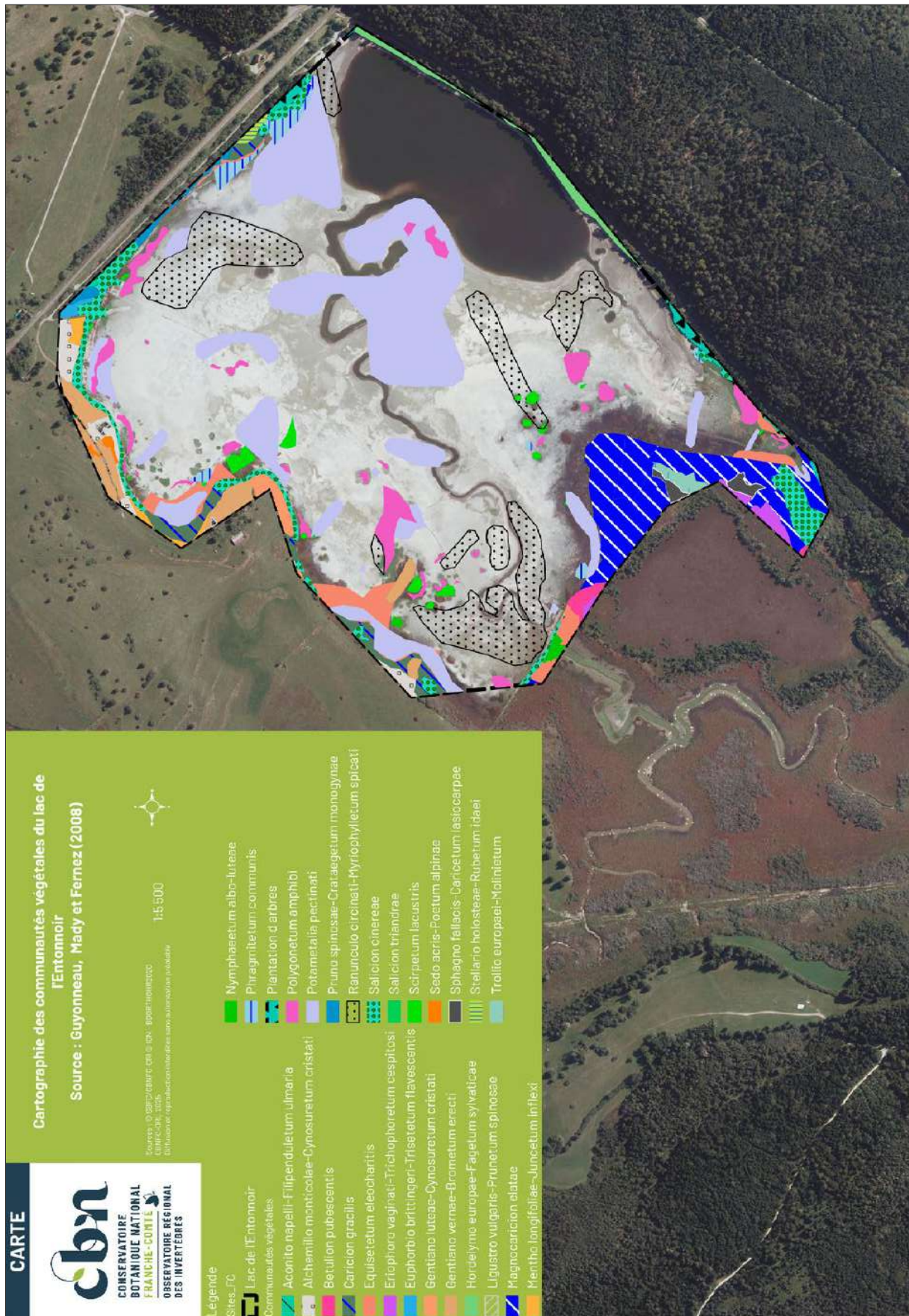


Figure 9: cartographie des communautés végétales présentes sur et aux abords du lac de l'Entonnoir en 2007.

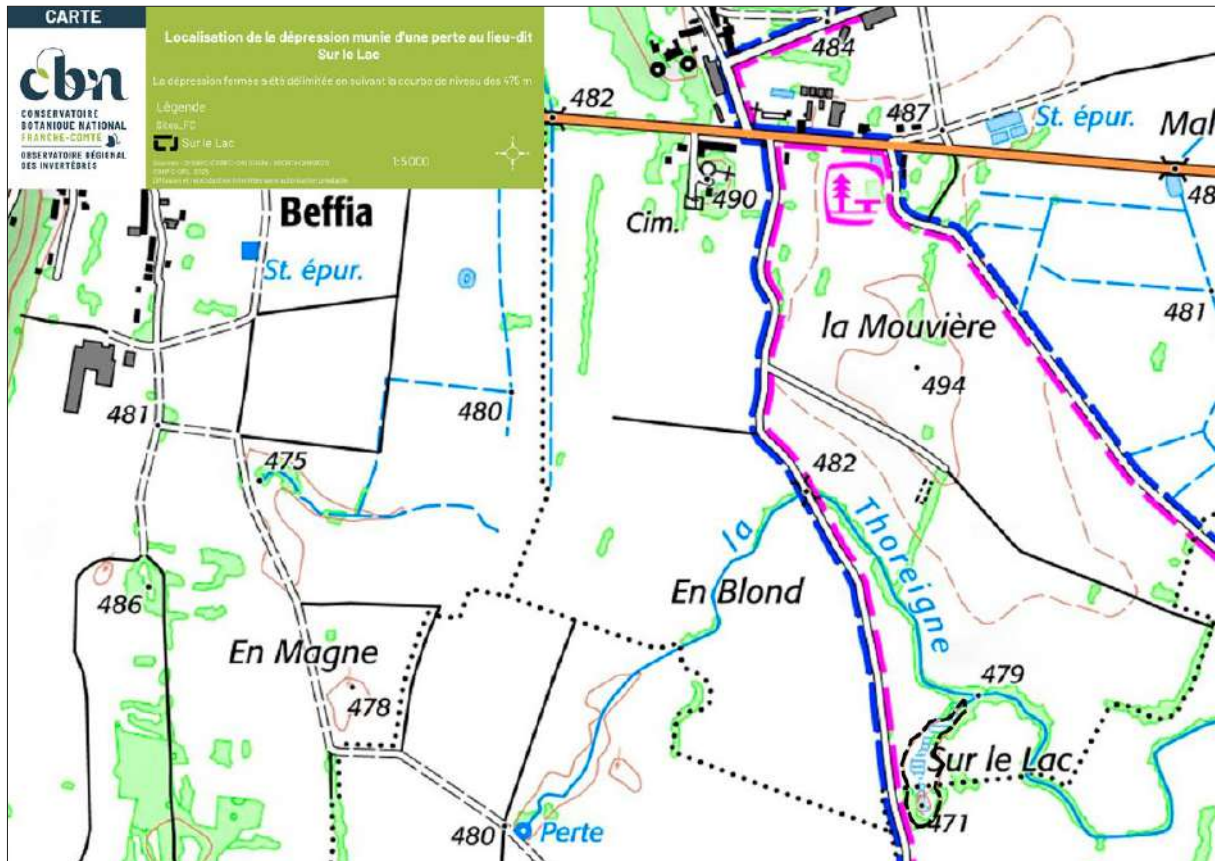


Figure 12 : localisation du site du lieu-dit Sur le Lac.



Figure 13 : cartographie des communautés végétales et des stations d'espèces protégées au lieu-dit Sur le Lac.

Jurassienne (Boucard & Voirin, 2009) dont fait partie ce site indique que la surface de la dépression est composée de *Bromion racemosi* à 60 % et d'*Oenanthion fistulosae* à 40 % (figure 13). Ces syntaxons hygrophiles indiquent également la présence régulière d'une inondation. Au voisinage de la rivière, une cariçaie, une phragmitaie et une communauté à myriophylle sont cartographiés. Ces végétations indiquent une immersion plus prolongée voire pérenne.

Des recherches complémentaires seraient nécessaires pour comprendre si cette dépression est uniquement alimentée par la montée en eau du ruisseau ou s'il y a des résurgences karstiques. Une quantification de l'alimentation permettrait de mieux connaître le fonctionnement.

Conclusion

Les turloughs correspondent à des dépressions topographiques fermées, de surface variable, au sein de système karstique, qui sont inondées annuellement de manière temporaire, saisonnière ou intermittente via des estavelles ou des résurgences et dont la décharge est réalisée par des pertes (ou par les estavelles). L'habitat présente une végétation et un sol au moins en partie caractéristiques de zone humide. D'après les informations collectées, les caractéristiques du marais de Saône et du poljé des Emboussoirs sont compatibles avec la définition des turloughs. Leur alimentation et leur vidange sont d'origine souterraine (via des inversacs ou des sources), le système hydrologique de surface est fermé, l'inondation est temporaire mais peut être vaste et les communautés végétales sont en grande partie caractéristiques de zone humide. Ces sites pour-

raient donc être désignés à l'habitat 3180*.

Les Fontaines du Pré d'Héry ont des caractéristiques hydrogéologiques qui semblent conformes à la définition des turloughs. Il conviendrait néanmoins de s'en assurer par un suivi hydrologique et de vérifier la présence de communautés des *Agrostietea stoloniferae* qui y sont pressenties par l'analyse des orthophotographies.

Les sites du lac de l'Entonnoir et du lieu-dit « Sur le Lac » sont en partie liés à un système fluvial. Cette caractéristique est compatible avec la définition des turloughs seulement si l'approvisionnement en eau via le système karstique est majoritaire. C'est le cas du lac de l'Entonnoir. C'est pourquoi, nous pensons qu'il peut être également désigné à l'habitat 3180*.

Concernant le site Sur le Lac à Orgelet, les sources d'inondation de la dépression seraient à explorer afin de s'assurer que la majorité est issue d'un inversac.

Si cette étude permet d'attester de l'existence de turloughs en Franche-Comté et donc en France, de très nombreux autres secteurs karstiques sont présents dans le pays. Les plateaux karstiques du Vercors pourraient présenter des caractéristiques compatibles avec l'habitat de turloughs. Certaines mares temporaires méditerranéennes pourraient également avoir des caractéristiques similaires. Il existe enfin des zones karstiques dans le domaine atlantique. L'analyse de sites présentant des conditions équivalentes et répondant à la définition posée pourrait donc être menée plus largement en France pour identifier d'autres turloughs.

Remerciements

Je tiens à remercier Vincent Bichet et Marc Steinmann, hydrogéologues et Maîtres de conférences au laboratoire Chrono-Environnement de l'Université de Besançon. Leur relecture et leurs précieuses précisions sur les caractéristiques hydrogéologiques des sites franc-comtois ont permis de justifier leur désignation à l'habitat de Turloughs. Je tiens également à remercier Yorick Ferrez et les nombreux collègues du groupe de travail sur l'interprétation des HIC qui ont pu relire et corriger à un moment ou à un autre le document. Enfin je remercie Vincent Gaudillat et Thierry Fernez qui m'ont motivé à rendre publique cette étude. Une grande partie de ce travail a été financée par l'OFB.

Bibliographie

- Bhatnagar S, Gill L. W, Waldren S, Sharkey N, Naughton O, Johnston P, Coxon C, Morrissey P & Ghosch B, 2021. Ecohydrological metrics for vegetation communities in turloughs (ephemeral karstic wetlands). *Ecohydrology*. DOI: 10.1002/eco.2316.
- Bichet V, Campy M, Cordier S & Riot G, 2014. Inventaire régional du patrimoine géologique (IRPG) de Franche-Comté. Document de synthèse. DREAL Franche-Comté, Université de Franche-Comté, Laboratoire Chrono-Environnement, CNRS.
- Boucard E & Voirin M, 2011. Étude et cartographie des habitats naturels des milieux ouverts du site Natura 2000 FR4301334 « Petite Montagne du Jura ». Mosaïque Environnement et Esope, Adapemont.
- Castello M, Poldini L & Altobelli A, 2021. The aquatic and wetland vegetation of Lake Doberdò: an analysis for conservation value assessment of a disappearing lake of the Classical Karst (Northeast Italy). *Plant Sociology*, **58** (1): 75-106.

- Catteau E, Buchet J, Camart Ch, Coulombel R, Dambrine L, Dardillac A, Delplanque S, Duhamel F, François R, Hauguel J-C, Prey T & Villejoubert G, 2021. Végétation du nord de la France, guide de détermination. Conservatoire botanique national de Bailleul, éditions Biotope, Mèze.
- Celle J, Gourvil J, Amblard P, Bailly G, Bardet O, Bernard E, Borgomano S, Burkhart J-A, Cartier D, Cléré E, Debay P, Dupré R, Filoche S, Greffier B, Hauguel J-C, Infante Sanchez M, Kerinec P, Labroche A, Lecron J-M, Legland T, Masson G, Offerhaus B & Prey T, 2024. Atlas des bryophytes de France métropolitaine par départements. Office français de la biodiversité – Conservatoires botaniques nationaux.
- Coxon CE, 1987. An examination of the characteristics of turloughs using multivariate statistical techniques. *Irish Geography*, **20**: 24 - 42.
- Delassus L, Magnanon S, Colasse V, Glémarec E, Guitton H, Laurent E, Thomassin G, Bioret F, Catteau E, Clément B, Diquelou S, Felzines J-C, Foucault B De, Gauberville C, Gaudillat V, Guillevic Y, Haury J, Royer J-M, Vallet J, Geslin J, Goret M, Hardegen M, Lacroix P, Reimringer K, Waymel J & Zambettakis C, 2014. Classification physiologique et phytosociologique des végétations de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire. Brest: Conservatoire botanique national de Brest.
- Dutton H, 1824. A statistical and agricultural survey of the County Galway with observations on the means of improvement. Royal Dublin Society, Dublin.
- European Environment Agency. European Topic Centre on Biological Diversity, 2013. Report under the article 17 of the habitats Directive. Period 207-2012. 3180 Turloughs.
- Evans D & Roekaerts M, 2019. Interpretation manuel of the habitats listed in resolution N°4 (1996) listing endangered naturel habitats requiring specific conservations measures. Council of Europe. Standing committee.
- Gargominy O Tercerie S, Régnier C, Ramage T, Dupont P, Daszkiewicz P & Poncet L, 2022. TAXREF, référentiel taxonomique pour la France: méthodologie, mise en œuvre et diffusion. Rapport PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Gaudillat V (coord.), 2023. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Actualisation des interprétations des habitats d'intérêt communautaire. Fascicule 3 - Habitats des eaux douces. Fiches génériques version 2 (UE 3110 à UE 3290). PatriNat (OFB-MNHN), réseau des Conservatoires botaniques nationaux, ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Paris.
- Gaudillat V, Argagnon O, Bensettiti, F, Bioret F, Bouillet V, Causse G, Choynet G, Coignon B, de Foucault B, Delassus L, Duhamel F, Fernez Th, Herard K, Lafon P, Le Foulher A, Panaïotis C, Poncet R, Prud'homme F, Rouveyrol P & Villaret J-C, 2018. Habitats d'intérêt communautaire: actualisation des interprétations des Cahiers d'habitats. Version 1, mars 2018. Rapport UMS PatriNat 2017-104. UMS PatriNat, FCBN, MTES, Paris.
- Goodwillie R, 1992. Turloughs over 10 ha. Vegetation survey & evaluation. A report for the National Parks & Wildlife Service. Office of Public Works.
- Greffier B, 2018. Suivi des végétations aquatiques du lac de l'Entonnoir. Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés.
- Guyonneau J & Mady M, 2007. Typologie, cartographie et évaluation de l'état de conservation des habitats naturels et semi-naturels du site Natura 2000 « Bassin du Drugeon ». Besançon: Conservatoire botanique de Franche-Comté, DIREN Franche-Comté.
- Guyonneau J, Mady M & Fernez Th, 2008. Typologie, cartographie et évaluation de l'état de conservation des habitats naturels et semi-naturels et des populations d'espèces végétales remarquables du site ENS 25MA04 « Lac et marais de l'Entonnoir » (communes de Bouverans et de Bonnevaux, Doubs). Conservatoire botanique national de Franche-Comté, Communauté de Communes Frasné-Drugeon, Conseil Général du Doubs.
- Hugonnot V, Celle J & Pépin F, 2017. Mousses et Hépatiques de France. Manuel d'identification des espèces communes. Deuxième édition. Biotope, Mèze.
- Ivimey-Cook R B & Proctor M C F, 1966. The plant communities of the Burren, Co. Clare. *Proc. R.I.A.*, **64** B: 211-302.
- Lafon P, Argagnon O, Belaud A, Catteau E, Causse G, Corriol G, Culat A, Delassus L, Dumoulin J, Gaudillat V, Goret M, Mangeat M, Millet J, Noble V, Paulin D & Soucanye de Landevoisin C-A, 2024. Catalogue de la végétation de France métropolitaine (CatVeg). Harmonisation jusqu'au rang de la sous-alliance et répartition départementale. Bull. Soc. Bot. N. Fr., NS 2024. 372 p. ISSN: 0037-9034.
- Le Gloanec V & Gaudillat V, 2023. *Habitat 3270 - Rivières avec berges vaseuses avec végétation du Chenopodium rubri p.p. et du Bidention p.p. in GAUDILLAT V. (coord.), « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Version 2. UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Fédération des conservatoires botaniques nationaux, ministère de la Transition écologique, Paris.*
- Mc Intyre S, 2017. Vegetation ecology and conservation of potential turlough systems in the east Burren complex SAC, CO. Clare. Thesis for Master of Science in Biodiversity et Conservation. Department of Botany, School of Natural Sciences, University of Dublin.
- Mucina L, Bültmann H, Dierssen K, Theurillat J-P, Raus Th, Carni A, Šumberova K, Willner W, Dengler J, Gavilan-Garcia R, Chytrý M, Hajek M, Di Pietro R, Iakushenko D, Pallas J, Daniëls FJA, Bergmeier E, Santos Guerra A, Ermakov N, Valachovic M, Schaminée J H J, Lysenko T, Didukh Y P, Pignatti S, Rodwell J S, Capelo J, Weber HE, Solomeshch A, Dimopoulos P, Aguiar C, Hennekens S M & Tichý L, 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, **19** (1): 3-264.

- Naughton O, Johnston P M & Gill L W, 2012. Groundwater flooding in Irish karst: the hydrological characterization of ephemeral lakes (turloughs). *Journal of hydrology*, **470-471**: 82-97.
- Naughton O, McCormack T, Gill L & Johnston P, 2018. Groundwater flood hazards and mechanisms in lowland karst terrains. *Geological Society, London, Special Publications*, **466** (1): 397-410.
- NPWS, 2019. The Status of EU Protected Habitats and Species in Ireland. Volume 1: Summary Overview. Unpublished NPWS report.
- O'Neill F H & Martin J R, 2015. Summary of findings from the Survey of potential turloughs 2015. Volume 1: Main report. BEC Consultants. Unpublished Report for National Parks & Wildlife Service.
- Praeger R L, 1932. The flora of turlough: a preliminary note. *Proc. R.I.A.*, **41** B: 37-45.
- Proctor M C F, 2010. Environmental and vegetational relationships of lakes, fens and turloughs in the Burren. *Proc. R.I.A.*, **110** B1: 17-34.
- Ravbar N, Mayaud C, Blatnik M & Petrič M, 2021. Determination of inundation areas within karst poljes and intermittent lakes for the purposes of ephemeral flood mapping. *Hydrogeology Journal*, **29**: 213-228.
- Regan E C, Sheehy Skeffington M & Gormally M J., 2007. Wetlands plant communities of turloughs in southeast Galway/ north Clare, Ireland in relation to environmental factors. *Aquatic Botany*, **87**: 22-30.
- Rivieccio G, Aleffi M, Angiolini C, Bagella S, Bazan G, Bonini F, Caria M. C, Casavecchia S, Castello M, Dagnino D., de Francesco M C, Farris E, Fanfarillo E, Fiaschi T, Forte L, Gianguzzi L, Landucci F, Maneli F, Mantino F, Mariotti M., Pirone G, Poldini L, Poponessi S, Praleskouskaya S, Stanisci A, Tomaselli V, Pio Tozzi F, Turcato C, Venanzoni R & Gigante D, 2021. New national and regional Annex I Habitat records: from #26 to #36. *Plant Sociology*, **58** (2): 77-98.
- Sheehy Skeffington M, Moran J, O Connor Á, Regan E, Coxon C E, Scott N E & Gormally M, 2006. Turloughs – Ireland's unique wetland habitat. *Biological Conservation*, **133**: 265-290.
- Sheehy Skeffington M & Gormally M, 2007. Turloughs: a mosaic of biodiversity and management systems unique to Ireland. *Acta Carsologica*, **36** (2): 217-222.
- Sheehy Skeffington M & Scott N-E, 2008. Do turloughs occur in Slovenia? *Acta carsologica*, **37** (2-3): 291-306.
- Teleos & Limandat A, 2021. Projets de restauration du Drugeon entre Bonnevaux et Bouverans. Dossier de déclaration. EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue. LIFE tourbières du Jura. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. Région Bourgogne-Franche-Comté. Département du Doubs. Département du Jura.
- Tennevin G, 2011. L'embut et les inondations du poljé de Caussols (Alpes-Maritimes, France). *Ann. Mus. Hist. Nat. Nice* **XXVI**: 165-187
- Tobin C M. & Carthy T K M, 2004. The *Corixid* communities of lowland turloughs in the Galway Area and Lough Corrib. *The Irish Naturalists' Journal*, **27** (12): 450-457.
- Visser M, Regan E, Moran J, Gormally M & Sheehy Skeffington M, 2006. The rise and fall of turlough typologies: a call for a continuum concept. *Wetlands*, **26** (3): 745-764.
- Vuilleminot M, 2007. Typologie et cartographie des habitats naturels et semi-naturels du marais de Saône. Besançon: Conservatoire botanique de Franche - Comté.
- Waldren S, 2015. Ed. *Turlough Hydrology, Ecology and Conservation*. Unpublished Report, National Parks et Wildlife Services. Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Dublin, Ireland.
- Young R, 1976. *Tanymastix stagnalis* (Linn.) in County Galway, new to Britain and Ireland. *Proc. R.I.A.*, **76** B: 369-378.

Sites internet:

- Botanical Society of Britain and Ireland. The Conservation Value of Ireland's Turloughs by Dr Micheline Sheehy Skeffington. <https://www.youtube.com/watch?v=UBfOx46UwSs> (28 février 2025).
- European Environment Agency. Fiche du site Natura 2000 allemand Dinkelberg und Röttler Wald proche de la France et intégrant un turlough. <https://eunis.eea.europa.eu/sites/DE8312311> (28 février 2025).
- Galway County Heritage Office. 12. Disappearing lakes in Galway. <https://www.youtube.com/watch?v=ZnPh34kHPPU> (28 février 2025).
- H2ea. Hydrogéologie - L'embut de Caussols. <https://www.youtube.com/watch?v=YixtnuywqC0> (28 février 2025).
- National Biodiversity Data Centre – Documenting Ireland's Wildlife. Classification des communautés végétales irlandaises. <https://biodiversityireland.ie/ivc-classification-explorer> (28 février 2025).
- Syndicat mixte Marais de Saône. La géologie du marais.: <https://maraisdesaone.fr/la-geologie-du-marais/> (28 février 2025).

