LIFE ANTHROPOFENS
Coordonné par le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France

LIFE18NAT/FR/000906

# RAPPORT D'ETAT INITIAL DE L'EVALUATION DES ACTIONS DE RESTAURATION DES FONCTIONNALITES ECO-HYDROLOGIQUES

## - LIFE ANTHROPOFENS -

Janvier 2022

Rapport scientifique

Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France

**Coordination** : Antoine Gazaix (CEN Hauts de France)

**Contributions** : Guillaume Gaudin (CEN Hauts de France), Alexandra Janczak (CEN Hauts de France), Florence Alderweireld (CEN Hauts de France), Wout Optekamp (Natagora), Mathilde Castelli (PNR Scarpe-Escaut), William Cheyrezy (PNR Scarpe-Escaut), Benjamin Blondel (SMBSGLP), Tristan Guillebot de Nerville (SMBSGLP), Cédric Vanappelghem (CEN Hauts de France), Nicolas Caron (CEN Hauts de France), Nora Abot (CEN Hauts de France), Mathieu James (CEN Hauts de France), Raoul Daubresse (CEN Hauts de France), Marion Baurepaire (SMOA), Méliné Sukiasyan (CEN Hauts de France), Assia Haboul (CEN Hauts de France), Xavier Cucherat (Arion.ide), B. Cordiez (Association syndicale des marais septentrionaux du Laonnois).

*Photo : Bas marais alcalin (7230) dans le marais de Villiers (62)*

**Citation recommandée** : Gazaix A. (coord) 2022. Rapport d'état initial de l'évaluation des actions de restauration des fonctionnalités eco-hydrologiques. LIFE Anthropofens. 41 p + Annexes (156 pages).

# SOMMAIRE

1. Introduction ..... 5
1.1 Les tourbières alcalines ..... 5
1.2 Le programme LIFE Anthropofens ..... 6
1.3 Organisation du rapport ..... 6
2. Mise en place d'un réseau de placettes de suivi à long terme ..... 7
2.1 Protocole utilisé ..... 8
2.2 Résultats préliminaires et perspectives ..... 9
3. Mise en place de suivis hydro-pédologiques (D2.1) ..... 12
3.1 Suivi piézométrique ..... 12
3.2 Suivi physico-chimique ..... 16
3.3 Suivi pédologique ..... 18
4. Mise en place de suivis d'indicateurs biologiques (D.2.2) ..... 19
4.1 Indicateurs biotiques de fonctionnalité des milieux ..... 19
4.1.1 Indicateurs floristiques ..... 19
4.1.2 Indicateur d'intégrité écologique (STN) ..... 23
4.2 Enjeux patrimoniaux ..... 27
4.2.1 Liparis loeselii ..... 27
4.2.2 Suivi des Vertigo ..... 29
4.2.3 Dolomedes plantarius ..... 32
4.2.4 Etude des Cladiaies ..... 36
5. Conclusion et Perspectives ..... 38
6. Bibliographie ..... 39

# Liste des Tableaux

Tableau 1 : Plan d'échantillonnage du protocole BACI – Déboisement ..... 7
Tableau 2 : Détails des paramètres relevés dans le cadre du protocole BACI-Déboisement..... 8
Tableau 3 : Liste des dispositifs de suivi des niveaux d'eau présents ou en projet, sur les sites du LIFE Anthropofens 14
Tableau 4 : Détail des paramètres analysés par site..... 16
Tableau 5 : Nombre des campagnes de collecte d'échantillons d'eau prévues par an et par site. ..... 17
Tableau 6 : Nombre de placettes floristiques échantillonnées par site ..... 20
Tableau 7 : Arguments en faveur des Syrphes comme bons bio indicateurs..... 23
Tableau 8 : paramètres descriptifs de la diversité spécifique observée et estimée..... 26
Tableau 9 : Intégrité écologique par habitat sur le Marais de Sacy..... 26
Tableau 10 : Intégrité écologique par habitat sur le Marais de Villiers ..... 26
Tableau 11 : Echantillonnage défini pour les suivis des deux espèces de Vertigo ..... 31
Tableau 12 : Sites concernés par une prospection ciblée de *Dolomedes plantarius* ..... 33
Tableau 13 : Nombre de transects par type de végétation (dans et en dehors des drains) ..... 35

# Liste des Figures

Figure 1 : les 6 habitats du programme LIFE..... 6
Figure 2 : Localisation des sites échantillonnés dans le cadre du protocole BACI-Déboisement..... 7
Figure 3 : Schéma d'un transect de 3 placettes du protocole BACI Déboisement. ..... 9
Figure 4 : Niveaux piézométriques minimaux en fonction de l'indice floristique d'engorgement par placette..... 10
Figure 5 : (a, haut) Détail des valeurs de niveaux piézométriques minimaux et (b, bas) de l'indice floristique d'engorgement par site. ..... 10
Figure 6 : Valeurs du pH de l'horizon de surface en fonction des sites (haut) et en fonction des travaux prévus pour les secteurs (bas)..... 11
Figure 7 : Schéma du profil pédologique dans lequel est installé le piézomètre (ici, exemple de EPA_PZ1). ..... 13
Figure 8 : Exemple des résultats obtenus sur le site de Morcourt pour le phosphore total lors de la campagne d'automne 2021..... 17
Figure 9 : Echantillonnage des placettes floristiques sur le marais de Morcourt (FR2200357) ..... 19
Figure 10 : Valeurs des deux indicateurs (He : engorgement et Ht : trophie) ..... 21
Figure 11 : Analyse de l'évolution de l'indicateur d'engorgement à Moreuil entre 2017 et 2021. ..... 22
Figure 12 : Analyse de l'évolution de l'indicateur de trophie à Moreuil entre 2017 et 2021. ..... 22
Figure 13 : Principes d'analyse de Syrph the Net..... 25
Figure 13 : Maillage du suivi Liparis sur le site de Blangy Tronville (les données de 2021 y sont présentées). ..... 28
Figure 14 : Résultats du suivi de la population de Liparis de Loesel de Blangy Tronville de 2007 à 2021 ..... 29
Figure 15 : Localisation des sites intégrés au suivi Vertigo. ..... 31
Figure 16 : Distribution des transects de suivi de *Dolomedes plantarius* au sein de la Tourbière de Marchiennes..... 34
Figure 17 : Distribution des transects d'études de l'occupation spatiale de *D. plantarius* dans les marais de Sacy. ..... 35
Figure 18 : Schéma d'un transect..... 36
Figure 19 : Résultats par transect de 3 paramètres mesurés ..... 37

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Les tourbières alcalines

*Définition et fonctionnement*

Les tourbières alcalines sont des milieux naturels ou semi-naturels d'une extrême richesse. La présence permanente d'une eau stagnante ou très faiblement courante, assurant des conditions d'oxygénation très réduite, limite la dégradation de la matière organique. La production de matière y est donc supérieure à sa dégradation, et le produit de ce bilan s'accumule sous la forme de tourbe. La spécificité « alcalines » provient de l'alimentation en eau, fortement enrichie en minéraux (sous la forme de cations basiques). La richesse en minéraux est alors variable selon les territoires et les types d'alimentation, entrainant une diversité d'écosystèmes, des bas marais appauvris (*poor fens*, pauvres en bases et plus acides), à des bas marais « riches » (*rich fens,* avec un pH neutre voire basique – bas marais alcalins), type de bas marais présent sur les secteurs des Hauts de France et de Wallonie concernés par le projet LIFE Anthropofens. Parmi les tourbières, les bas marais alcalins sont ceux accueillant la plus forte diversité biologique, incluant un nombre important d'espèces inféodées à ces écosystèmes (Lamers et al. 2015). Ces habitats se caractérisent aussi par une limitation de la croissance de la végétation en raison d'une faible disponibilité des nutriments (Kooijman et al. 2020). Cette dernière s'explique notamment en raison de la très faible dégradation de la matière organique, mais également pour les tourbières alcalines, de l'importance de certains minéraux (comme le Calcium) qui agissent sur le cycle de certains nutriments (comme le Phosphore). Ainsi, selon la part de l'alimentation de la nappe, des végétations plus ou moins productives se déploient. On retrouve ce gradient entre les secteurs principalement alimentés par des émergences de nappes (bas marais alcalins peu productifs – petites laiches, mousses brunes), et les secteurs où l'influence d'un cours d'eau (et notamment des inondations qui apportent des dépôts de nutriments) entraine une plus forte productivité (avec des espèces comme le roseau ou des laiches de grandes tailles).

Dans les hauts de France et en Wallonie, ces gradients étaient probablement très présents dans la structuration du territoire. Aujourd'hui et depuis des siècles, les impacts majeurs de l'homme sur ces systèmes font que l'on retrouve cette diversité d'habitat de façon beaucoup plus morcelée à l'échelle de ces complexes tourbeux.

*Dégradations et menaces*

Comme la plupart des zones humides, les tourbières ont très fortement régressé lors des derniers siècles, avec une forte accélération lors du dernier siècle. La principale dégradation est le drainage et les atteintes hydrologiques de manière générale (Lamers et al. 2015). L'impact des activités humaines sur les milieux tourbeux dans les Hauts de France est probablement millénaire, mais les premières traces d'actions d'envergure dans la région qui peuvent être évoquées datent du XIVème siècle, avec la création des « biefs » en Haute-Somme (installation de barrages bloquant l'intégralité de la largeur de la vallée de la Somme) (Adam et al. 2019). Des traces de drainage d'envergure sont visibles sur les cartes Cassini, datant du XVIIIème siècle, notamment pour les marais de Sacy, dans l'Oise. L'activité d'exploitation de la tourbe, probablement très ancienne, a explosé au XIXème, avec la création d'«entailles» massives dans le paysage (Vallée de la Somme, marais de la Souche, …), et allant souvent de pair avec un drainage facilitant le travail d'extraction de la tourbe (le canalisation des cours d'eau du territoire date aussi en grande partie de cette époque). Ces altérations hydrologiques (certainement entamées antérieurement de façon plus ponctuelle) ont très probablement permis le développement des activités agricoles (fauches et pâturages) dans les tourbières de la région. Si ces activités ont pu maintenir les paysages ouverts et les espèces de tourbières alcalines malgré les atteintes hydrologiques, l'abandon de ces pratiques dans la seconde moitié du XXème siècle a entrainé une très forte dynamique de fermeture de ces milieux, et un enrichissement trophique. Il apparait donc nécessaire d'envisager des actions de restauration permettant de préserver à long terme ces écosystèmes.

## 1.2 Le programme LIFE Anthropofens

*Présentation du projet*

Le projet LIFE Anthropofens est un projet lancé à la fin de l'année 2019, qui a pour objectif de restaurer plus de 480 ha de tourbières et milieux associés (ciblant 6 différents habitats naturels de la directive européenne Habitats Faune Flore, voir Figure 1). L'emprise géographique concerne 13 sites Natura 2000 qui s'étalent sur l'ensemble de la région Hauts de France et le Sud-Est de la Wallonie en Belgique. Sur l'ensemble du réseau de sites, près de 70 unités de gestion seront concernées par des travaux de restauration écologique visant en particulier le contrôle de la dynamique successionnelle et le rétablissement d'un fonctionnement hydrologique optimal.

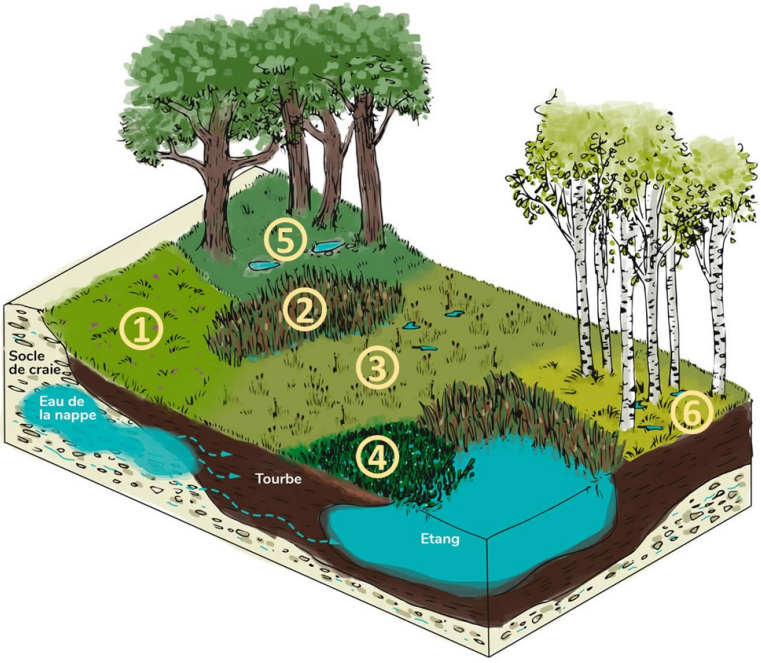


**Figure 1 : les 6 habitats du programme LIFE** (1 : Prairies à *Molinia* sur sols calcaires tourbeux ou argilo-limoneux (6410) ; 2 : Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae (7210) ;* 3 : *Tourbières basses alcalines (7230) ;* 4 : Tourbières de transition et tremblants (7140) ; 5 : *Tourbières boisées (91D0) ;* 6 : Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et F*raxinus excelsior (91E0)*

*Les suivis scientifiques dans le projet*

Le projet LIFE Anthropofens est le premier programme de restauration de tourbières alcalines d'envergure dans la région Hauts-de-France. Il est donc fondamental d'assurer une évaluation correcte des actions qui sont entreprises, afin de tirer pleinement les leçons de ce projet (et de les diffuser).

Plusieurs actions de suivis se complètent à l'échelle du projet, focalisées ou non sur certaines actions ou habitats. Deux axes principaux se déploient à l'échelle de tous les sites : l'évaluation de l'état de conservation des habitats (action D1 du projet pilotée par le CBN), non présentée dans ce rapport ; et l'évaluation des actions de restauration des fonctionnalités éco-hydrologiques (action D2), qui fait l'objet du présent rapport. Plusieurs indicateurs ont été déployés, ciblant l'étude de paramètres abiotiques (hydrologie : qualité et quantité ; pédologie …) mais également quelques espèces indicatrices. Dans la mesure du possible, des secteurs témoins ont été définis de manière à pouvoir comparer les trajectoires d'évolution des écosystèmes avec ou sans travaux. La présence de zones témoins s'est toutefois révélée délicate dans certaines situations, notamment lorsque le fait de laisser des secteurs témoins peut mettre en difficultés les travaux (zones boisées à proximité directe de zones de décapage/déboisement, qui pourraient accélérer la recolonisation ligneuse après travaux, travaux hydrologiques ne pouvant laisser des secteurs non impactés). Pour ces secteurs délicats, une comparaison diachronique ou avec d'autres secteurs géographiques pourra être effectuée.

## 1.3 Organisation du rapport

Ce rapport vise à présenter l'ensemble de ces dispositifs de suivis qui ont ou vont être mis en place, et les résultats obtenus lors de la réalisation des états initiaux avant travaux. La première partie consiste donc en la synthèse générale des actions entreprises dans le cadre global de l'action D2 du projet LIFE Anthropofens (« Evaluation des actions de restauration des fonctionnalités éco-hydrologiques »). L'entièreté des résultats obtenus cette année n'y est pas détaillée, mais des exemples sont présentés de manière à illustrer le propos. Un document annexe compile l'ensemble des résultats et s'organise par site Natura 2000.

## 2. MISE EN PLACE D'UN RESEAU DE PLACETTES DE SUIVI A LONG TERME

Dans un premier temps, un protocole intégrant à la fois des données hydrologiques, des données pédologiques et des données phytologiques a été défini dans le cadre d'un stage (Abot 2020). Un réseau de placettes fixes a été mis en place sur 18 sites différents, s'étalant sur trois départements français (Oise, Somme et Nord). L'objectif de ce protocole est d'avoir sur un échantillon de sites concernés par le projet LIFE Anthropofens, des données acquises avec le même protocole. Cela permettra d'évaluer à l'échelle du projet et de façon fine (puisqu'intégrant des données caractérisant différentes composantes de l'écosystème) l'impact des actions de restauration entreprises. Etant donné qu'il s'agit d'un protocole lourd à déployer sur le terrain, seules certaines actions de restauration à l'échelle du projet ont été sélectionnées : les actions de déboisement et de décapage, ainsi que les actions de restauration hydrologique. Le plan d'échantillonnage suivi est détaillé dans le Tableau 1, et Figure 2. Par la suite, ce protocole sera nommé BACI – Déboisement (BACI signifiant « Before, After, Control, Impact »).

**Tableau 1 :** Plan d'échantillonnage du protocole BACI – Déboisement

| Traitement | Avec travaux hydrologiques | Sans travaux hydrologiques |
|---|---|---|
| **Déboisement** | Belloy-sur-Somme | Long |
| | Vred (Est) | Sacy (Nord) |
| | Tirancourt | Marchiennes |
| **Déboisement/ décapage** | Blangy-Tronville | Mareuil Caubert – Les Quarante |
| | Morcourt | |
| | Vred (Ouest) | Hailles |
| | Moreuil | |
| **Contrôle (sans travaux)** | Belloy-sur-Somme | Long |
| | Blangy-Tronville | Sacy (Nord) |
| | Vred (Nord) | Marchiennes |

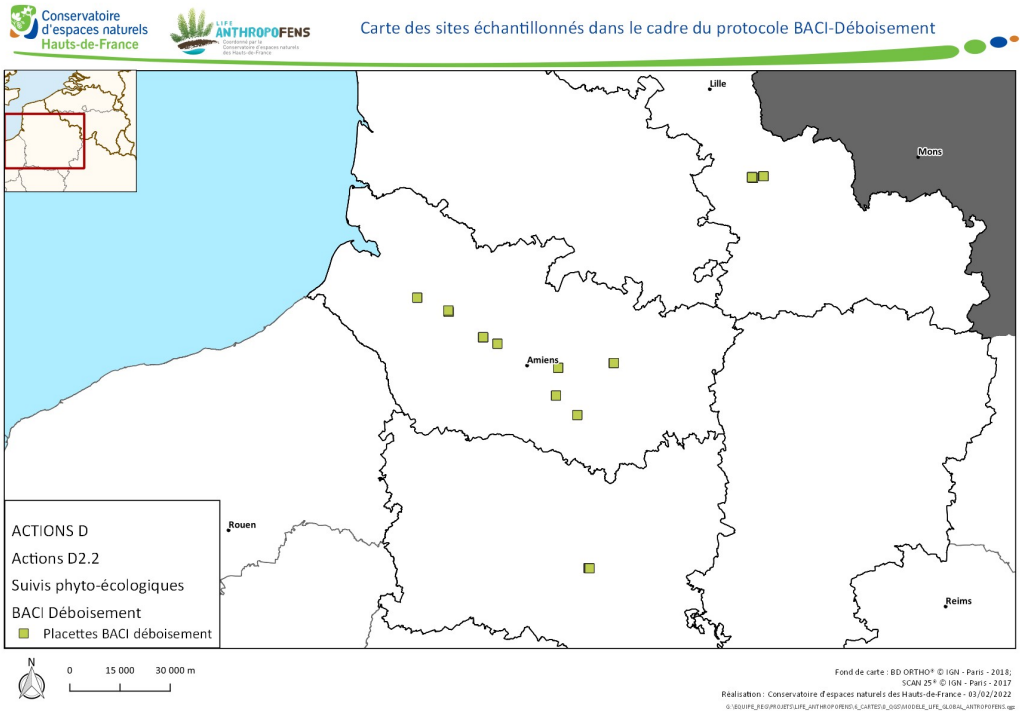


**Figure 2 : Localisation des sites échantillonnés dans le cadre du protocole BACI-Déboisement**

## 2.1 Protocole utilisé

L'acquisition de ces données s'opère par une réplication de 6 quadrats pour une entité échantillonnée. De manière à faciliter le marquage fixe sur site, qui s'avère problématique dans le cadre de travaux lourds de restauration, une disposition des placettes le long de transects a été définie. Pour une entité échantillonnée donnée, les 6 placettes sont positionnées le long de deux transects différents (voir Figure 3) dont le point de départ est tiré aléatoirement (l'orientation de chaque transect est laissée au choix, surtout dépendante des possibilités de déplacement – la végétation arbustive pouvant fortement gêner les déplacements). Initialement, il avait été envisagé d'adosser à chaque polygone de travaux échantillonné, une zone témoin sans travaux. Toutefois, les possibilités de conserver de telles zones (sans travaux) sont réduites sur de nombreux sites, lorsque les travaux hydrologiques sont envisagés par exemple (l'impact pouvant couvrir d'importantes surfaces) mais également dans la définition des travaux de déboisements. Ainsi, à défaut d'avoir autant de zones témoins que de zones de travaux, il a été décidé d'avoir un échantillonnage de zones témoins, de deux types : sans déboisement et sans action hydrologique, ou sans déboisement mais impactées par des travaux hydrologiques (voir Tableau 1).

- *Paramètres évalués*

L'ensemble des paramètres mesurés est détaillé dans le Tableau 2. L'acquisition des données s'effectue en deux temps :

- Lors de la mise en place du suivi (~Juin/Juillet) : Les différents relevés sur les placettes de 2x2m sont réalisés ainsi qu'un sondage pédologique de 0-50 cm. Un piézomètre (crépiné de 0 à 1m) est ensuite posé dans le trou du sondage (surcreusé jusqu'à 1m).
- Lectures (à la sonde manuelle) des piézomètres durant l'été puis l'hiver suivant (au moins une mesure mensuelle de juillet à octobre, et 2 mesures au minimum en hiver : janvier et mars par exemple) : permettant une caractérisation « grossière » du régime piézométrique en place. Ces mesures ne peuvent en aucun cas se substituer à un suivi piézométrique complet (détaillé dans la section 3.1 qui suit), mais permettent de bénéficier d'une caractérisation rapide en l'absence de piézomètres sur le site.

**Tableau 2 :** Détails des paramètres relevés dans le cadre du protocole BACI-Déboisement

<table>
<tr><th>Paramètres mésologiques</th><th>Paramètres végétation</th><th>Paramètres pédologiques</th><th>Paramètres hydrologiques</th></tr>
<tr><td>Recouvrement (Rec.) en Sol nu</td><td rowspan="4">Relevé phytosociologique (coefficient Braun-Blanquet) + hauteur végétation (à l'aide d'une plaque de plastique format A4 : moyenne des mesures à chaque angle et au centre de la placette)</td><td rowspan="2">Réalisation d'un profil pédologique sur 50 cm minimum (incluant une caractérisation de chaque horizon : type / couleur/ texture / test de Von Post pour les horizons tourbeux).</td><td rowspan="4"><u>Suivi piézométrique</u> : 4 mesures minimum de Juillet à Octobre + 2 mesures (entre Janvier et Mars/Avril)<br>3 indicateurs pourront être évalués : niveau mini, maxi et le delta.</td></tr>
<tr><td>Rec. Litière (distinguer l'arborée de l'herbacée)</td></tr>
<tr><td>Rec. Strate muscinale</td><td rowspan="2">Mesures de pH du sol<br>En surface (0-10cm)<br>En profondeur (50cm)</td></tr>
<tr><td>Rec. Strate arbustive</td></tr>
<tr><td colspan="2">Placette de 2*2m</td><td>Sondage pédologique</td><td>Piézomètre</td></tr>
</table>

En parallèle de ces mesures permettant de caractériser le milieu et sa fonctionnalité, un suivi spécifique concernant la bryoflore a été ajouté. Ce groupe taxonomique revêt une importance majeure dans les tourbières. Les compétences naturalistes nécessaires étant spécifiques, le protocole défini s'est focalisé sur 8 taxons, 4 de boisement (*Kindbergia praelonga, Rhizomnium punctatum, Plagionium undulatum* et *Climacium dendroides*) et 4 de tourbières alcalines (*Campylium sp.*, *Bryum pseudotriquetrum, Fissidens adianthoides* et *Calliergonella cuspidata*). L'objectif est ainsi d'évaluer l'évolution (et sa vitesse) de cette bryoflore induite par la réalisation des travaux de réouverture du milieu. Pour ce faire, un quadra de 1m² est installé au centre de chaque placette, divisé en mailles de 25cm de côté (Figure 3). La présence et l'absence de chacune des 6 espèces est alors renseignée par maille. Lors de l'état initial, l'espèce la plus présente était *Kindbergia praelonga*, tandis que les 4 taxons typiques des milieux tourbeux alcalins ont été très rarement observés.

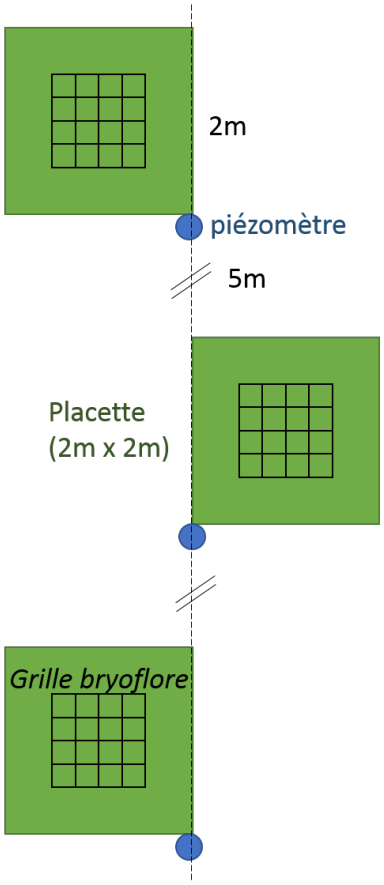


**Figure 3 : Schéma d'un transect de 3 placettes du protocole BACI Déboisement.**

### 2.2 Résultats préliminaires et perspectives

L'intérêt de ce protocole réside surtout dans une future analyse diachronique, permettant l'évaluation des actions de restauration entreprises, en comparant les résultats avant/après, et avec les zones témoins. Au stade d'état initial, ces données peuvent toutefois être intéressantes pour avoir un aperçu du panel des sites étudiés, améliorer la connaissance sur ces sites, et enfin évaluer la qualité de l'échantillonnage réalisé.

Ainsi, bien que permettant surtout de caractériser l'importance de la fluctuation annuelle de la nappe, les mesures piézométriques réalisées dans le cadre de ce protocole mettent en évidence des contrastes très marqués entre les sites (Figure 5,a). Si certains présentent des niveaux piézométriques tout à fait favorables (Belloy sur Somme ou encore Mareuil-Caubert (les Quarante) par exemple), d'autres en revanche présentent des niveaux d'assèchement estivaux bien trop marqués pour assurer une conservation des milieux tourbeux à long terme (Vred ou encore un des deux transects de Moreuil). Il est également intéressant de comparer ces mesures directes avec les valeurs indicatrices obtenues à partir des relevés de végétation. L'indicateur floristique d'engorgement du sol (voir section 4.1.1 pour plus de détails) révèle ainsi un gradient similaire entre les sites, mais moins marqué, avec des sites particulièrement incohérents. C'est le cas pour la tourbière de Vred, où les valeurs de l'indicateur floristique semblent témoigner d'un engorgement important (valeurs toutes supérieures à 4 Figure 5b). Or, les niveaux piézométriques estivaux mesurés ont été extrêmement bas (pour plusieurs piézomètres, dépassant même la limite mesurable du piézomètre, soit 100cm, Figure 5a). Cette incohérence pourrait traduire des changements récents dans l'hydrologie du site, non encore répercutées dans la végétation en place. L'étude en cours dans le cadre de l'action A3.1 devrait permettre d'apporter des réponses. Ces observations mettent en évidence l'importance des dispositifs de suivis piézométriques, pour détecter rapidement des évolutions hydrologiques, en complément de suivis floristiques par exemple. De manière générale, ces données ont permis d'améliorer la connaissance des sites et d'affiner le programme de travaux de restauration envisagé (le décapage prévu au marais des Quarante a par exemple été réduit en surface suite à la mise en évidence de l'hétérogénéité des niveaux topo/piézométrique sur le site : voir annexe 8).

Au-delà d'une observation par site, il est intéressant d'observer aussi les données en fonction de l'échantillonnage réalisé, soit selon les travaux prévus (exemple pour le pH du sol : Figure 6). Ce type d'observation permet de mettre en évidence les différences dans les situations de départ, et donc l'intérêt d'un protocole en BACI. Dans le cadre du stage réalisé en 2020 (Abot 2020), la qualité de l'échantillonnage a pu être évalué. Si dans l'ensemble, cette dernière est correcte, il a été proposé d'ajouter des zones témoins de manière à mieux couvrir la diversité des situations de départ. Ces ajouts seront réalisés en 2022 (2 sites témoins supplémentaires).

A noter enfin que Natagora a également mis en place ce protocole en 2021 (voir annexe 12) sur un secteur du marais de Heinsch, et que d'autres devraient suivre cette année, permettant d'élargir l'échantillonnage réalisé en 2020.

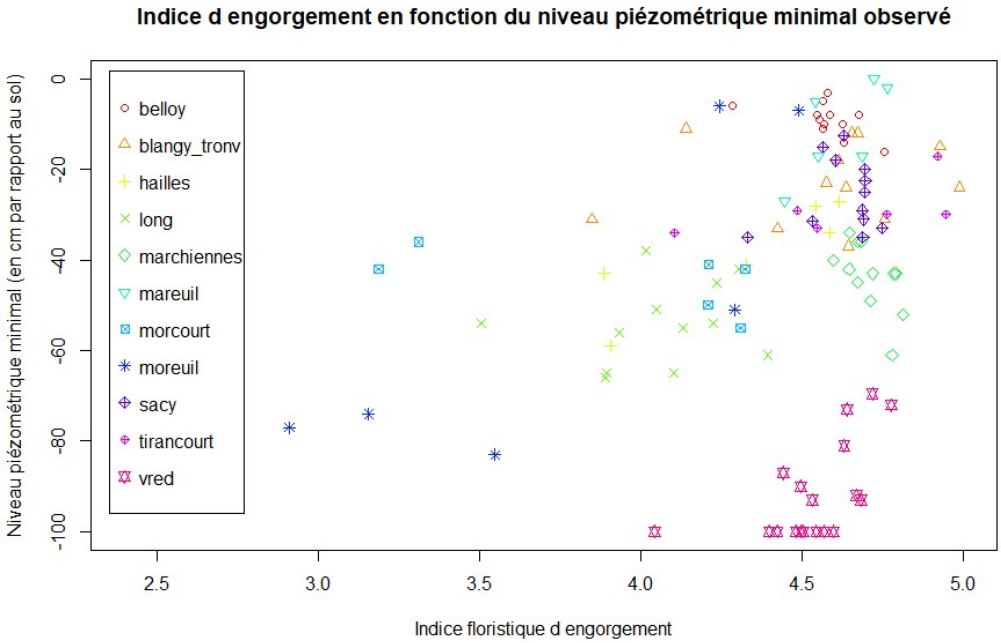


**Figure 4 :** Niveaux piézométriques minimaux en fonction de l'indice floristique d'engorgement par placette (couleur en fonction des sites d'études).

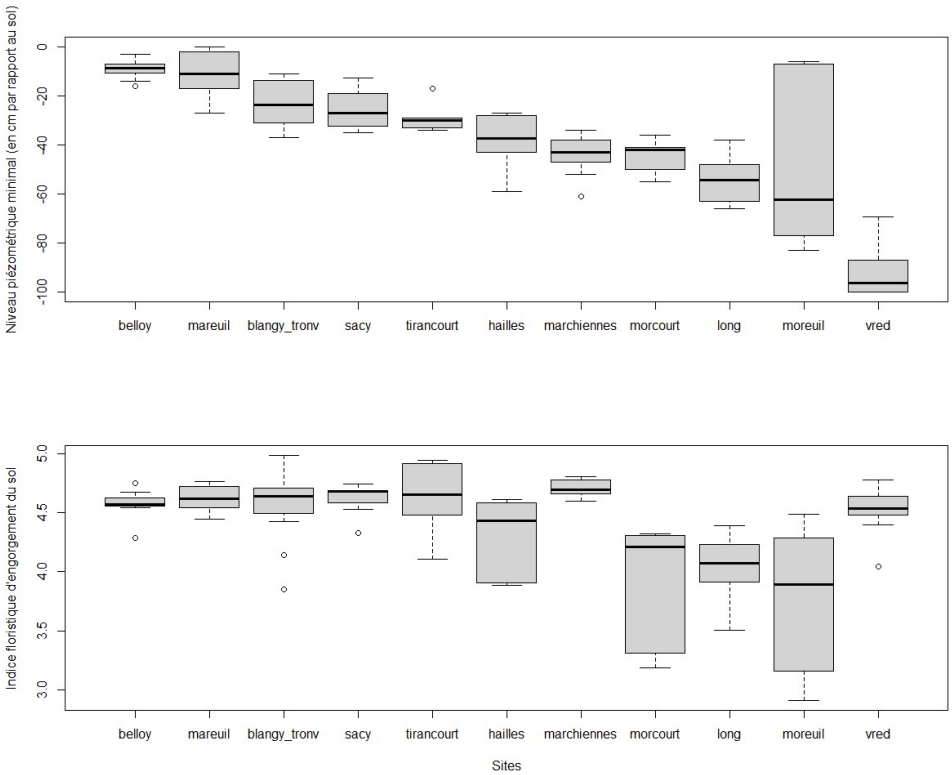


**Figure 5** : (a, haut) Détail des valeurs de niveaux piézométriques minimaux et (b, bas) de l'indice floristique d'engorgement par site.

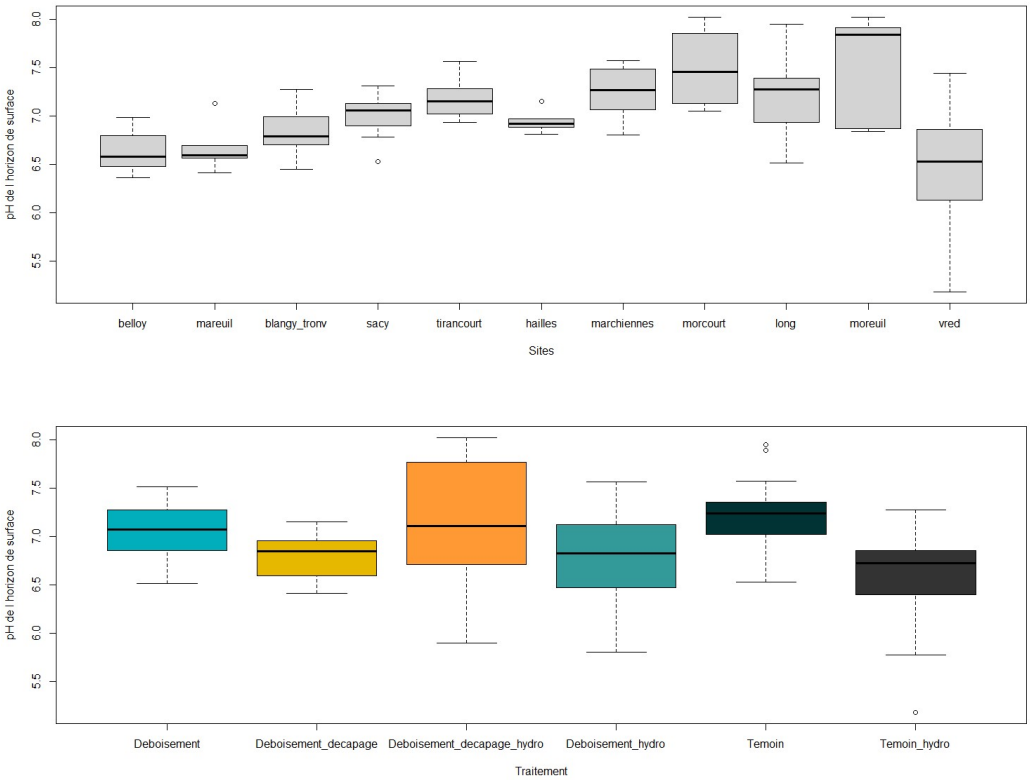


**Figure 6 :** Valeurs du pH de l'horizon de surface en fonction des sites (haut) et en fonction des travaux prévus pour les secteurs (bas, l'ajout du complément « _hydro » indique qu'en plus d'une action sur les boisements, les sites sont concernés par une restauration hydrologique).

## 3. MISE EN PLACE DE SUIVIS HYDRO-PEDOLOGIQUES (D2.1)

### 3.1 Suivi piézométrique

La piézométrie est un indicateur particulièrement important pour les milieux tourbeux, qui sont notamment définis par la présence d'eau en permanence. Il est donc capital d'étudier et de suivre l'évolution de cette piézométrie, à la fois pour assurer une meilleure compréhension et interprétation des évolutions de la biodiversité qui peuvent être constatées, mais aussi pour évaluer rapidement les effets d'actions de restauration hydrologiques.

Comme pour tout suivi, il est fondamental de veiller à bien définir l'objectif, puisque les piézomètres à installer ne sont pas nécessairement les mêmes selon les questions identifiées. Ainsi, pour étudier un fonctionnement hydrologique d'un site, il va être important de disposer de plusieurs types de piézomètres, dont les parties crépinées (c'est-à-dire la partie du tube qui laisse entrer l'eau) sont disposées à différentes profondeurs, définies selon la géologie du site (de manière à étudier les fluctuations de nappes des différents aquifères).

Toutefois, dans le cadre d'un suivi plus simple, et surtout avec un objectif d'étudier la nappe de surface dans la tourbe, soit celle qui a une influence directe sur la végétation, des piézomètres ne dépassant pas 1m de profondeur sont suffisants. C'est donc surtout ce type de dispositifs qui a et va être installé dans les sites concernés par les travaux du LIFE Anthropofens.

Dans le cadre de l'Action A3.1 (Etudes éco-hydrologiques), 1 couple de piézomètres a été installé sur les 7 sites du Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France (Marais de Sacy, Moreuil, Morcourt, Belloy-sur-Somme, Roussent, Douriez et Villiers) par l'Université d'Anvers, et de la même façon, plusieurs piézomètres (dont 3 et 2 couples surface/profond) ont été installés sur les tourbières de Vred et Marchiennes, dans le cadre des études éco-hydrologiques pilotées par le Parc Naturel Régional Scarpe – Escaut (réalisées par Ecotelm). Ces couples de piézomètres permettent à la fois de suivre les fluctuations de la nappe de surface (0-1m) mais également d'étudier la nappe plus en profondeur (partie crépinée en profondeur, et bouchon de bentonite pour isoler la partie crépinée des horizons supérieurs) pour évaluer le fonctionnement hydrologique local.

En plus de ces dispositifs, d'autres piézomètres ont été installés (notamment sur les sites non concernés par ces études). Il s'agit uniquement de piézomètres de surface (maximum 120 cm de profondeur), qui ne suivent que la nappe de surface. Chaque installation d'un piézomètre fait l'objet d'un compte rendu d'installation, où le profil pédologique du sondage réalisé pour installer le piézomètre est détaillé, permettant de bien comprendre l'aquifère mesuré par le piézomètre (et valider dans notre cas que celui-ci se situe bien dans la tourbe). La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montre ainsi un exemple. De manière à ne pas surcharger le document, il a été choisi de ne pas ajouter ici, ni dans les annexes ces informations pour chaque piézomètre, mais ces données sont disponibles auprès du Conservatoire d'Espaces Naturels des Hauts de France ou des partenaires selon les sites.

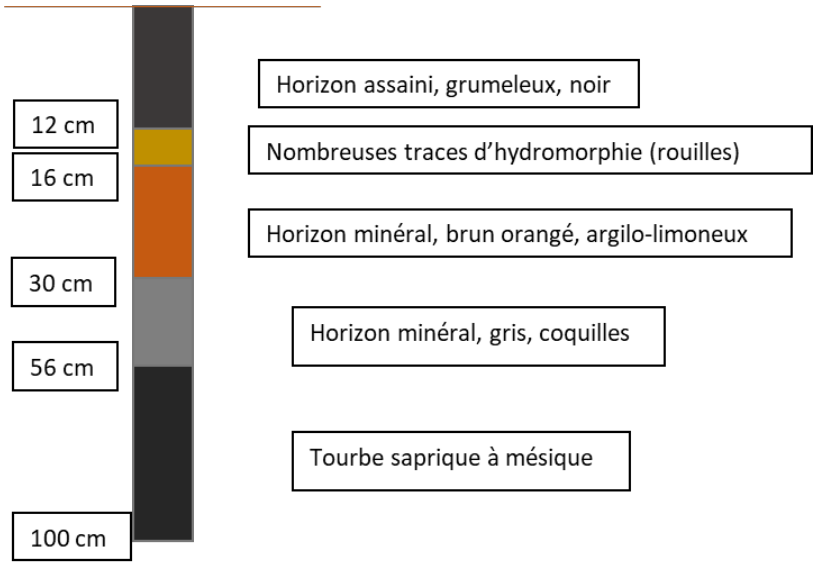


**Figure 7 :** Schéma du profil pédologique dans lequel est installé le piézomètre (ici, exemple de EPA_PZ1).

Le suivi a été automatisé dans la mesure du possible, mais certains sites ne bénéficient que d'un suivi manuel. Sur certains sites (notamment dans le site Natura2000 FR2200354 « Marais et Monts de Mareuil-Caubert », au

marais de Long ou à Thézy-Glimont) les mesures sont effectuées par des bénévoles du Conservatoire d'espaces naturels. Pour ces suivis manuels, il est malheureusement très délicat d'assurer une fréquence régulière, et celle-ci varie fortement selon les piézomètres et selon les périodes, d'un relevé bihebdomadaire à un relevé bimensuelle environ. Pour les suivis automatiques, la fréquence de mesure varie de toutes les 15 minutes (PNR SE), à toutes les heures (CEN HdF). De manière générale, il est privilégié de bénéficier de données horaires (à minima), de manière à pouvoir calculer l'indicateur piézométrique de la boite à outils Rhoméo (Collectif RhoMéO 2014).

Au total, ce ne sont pas moins de 50 piézomètres qui ont déjà été installés dans le cadre du LIFE Anthropofens, qui viennent compléter un réseau déjà existant (notamment pour les sites de Natagora qui étaient déjà fournis en piézomètres), dont 37 ont été équipés de sondes automatiques. A noter qu'au moins 23 piézomètres automatiques supplémentaires devraient être installés début 2022. En plus des dispositifs piézométriques, 9 échelles limnimétriques ont déjà été installées (dont 8 automatiques), et 6 sont prévues pour 2022 (dont 5 automatiques). Ces échelles permettent de suivre les niveaux d'eau dans des pièces d'eau libre, et sont particulièrement intéressantes à la fois pour lier ces observations aux chroniques piézométriques dans la tourbe à proximité, mais aussi pour la gestion et l'évaluation des actions de travaux hydraulique (notamment l'installation de seuils réglables par exemple). Le Tableau 3 présente le détail des dispositifs de suivis des niveaux d'eaux présents ou en projet sur tous les sites concernés par les travaux du programme LIFE Anthropofens.

**Tableau 3 :** Liste des dispositifs de suivi des niveaux d'eau présents ou en projet, sur les sites du LIFE Anthropofens

| Site Natura 2000 | Site naturel | Piézomètres | Echelles limnimétriques |
|---|---|---|---|
| **FR2200378** | Marais communal de Sacy le grand | *1 piézomètre automatique* | |
| | Parcelles départementales marais communal de Sacy le Grand | 1 couple de piézomètres* (aux pointes) (surface/profond) – Université d'Anvers.<br>*4 piézomètres automatiques* | 11 échelles dans les marais de Sacy suivies régulièrement (+ d'autres échelles avec des données moins régulières) |
| **FR3100507** | Tourbière de Marchiennes | 10 piézomètres* (dont 2 couples surface/profond ; et 2 piézomètres dans les aquifères sous-jacents) – Ecotelm – PNR SE | 2 échelles automatiques* - Ecotelm- PNR SE |
| | Tourbière de Vred | 12 piézomètres* (dont 3 couples surface/profond et 2 piézomètres dans les aquifères sous-jacents) – Ecotelm - PNR SE | 6 échelles* dont une automatique – Ecotelm - PNR SE |
| | Marais de Sonneville | | |
| **FR2200347** | Marais de Bernay | 4 piézomètres* manuels suivis par le SMBSGLP. | 2 échelles limnimétriques |
| | Marais d'Arry | | |
| | Marais du Pendé | 1 piézomètre automatique suivi par le SMBSGLP | |
| **FR3100492** | Marais de Roussent | 1 couple de piézomètres* (surface/profond) – Université d'Anvers. | |
| | Marais de Douriez | 1 couple de piézomètres* (surface/profond) – Université d'Anvers. | |
| **FR2200357** | Marais de Morcourt | 1 couple de piézomètres* (surface/profond) – Université d'Anvers.<br>*3 piézomètres automatiques** | |
| | Marais d'Eclusier-Vaux | | *1 échelle automatique** |
| **FR2200390** | Marais de la Souche | 12 piézomètres automatique (suivis par l'Association syndicale des marais septentrionaux du Laonnois) à l'échelle du site N2000, et 3 (dont un profond) à proximité directe des zones de travaux LIFE. | |
| **FR2200359** | Réserve de l'étang saint Ladre (Boves) | | 4 échelles manuelles, dont une dans l'étang saint Ladre concerné par les travaux LIFE. |
| | Marais de Thézy-Glimont | | 1 échelle limnimétrique* (manuelle) |
| | Marais de Hailles | 2 piézomètres manuels*<br>*1 piézomètre automatique** | 1 échelle limnimétrique manuelle |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Marais de Moreuil | 1 couple de piézomètres* (surface/profond) – Université d'Anvers. | 1 échelle limnimétrique manuelle |
| **FR2200354** | Marais communal de Mareuil-Caubert | 2 piézomètres manuels*<br>*1 piézomètre automatique* | |
| | Marais des Quarante | 1 piézomètre manuel*, *automatisé prochainement* | *1 échelle manuelle** |
| | Pont de Brique | | |
| | Marais Duno | 1 piézomètre manuel*, *automatisé prochainement* | |
| | Marais communal d'Epagne | 1 piézomètre manuel* | |
| | Parcelles CEL Epagne | 1 piézomètre manuel* | |
| **FR2200355** | Marais de Long | 1 piézomètre manuel*<br>*1 piézomètre automatique** | *1 échelle automatique** |
| | Marais de Belloy-sur-Somme | 1 couple de piézomètres* (surface/profond) – Université d'Anvers.<br>*4 piézomètres automatique** | 4 échelles manuelles<br>*1 échelle automatique** |
| | Marais de La Chaussée | *3 piézomètres automatique** | 4 échelles manuelles<br>*1 échelle automatique** |
| | Marais de Tirancourt | *3 piézomètres automatique** | 1 échelle automatique et 3 échelles manuelles |
| **FR2200356** | Marais de Blangy-Tronville | 2 piézomètres automatiques* | 6 échelles manuelles<br>*1 échelle automatique** |
| **FR3110083** | Marais de Villiers | 1 couple de piézomètres* (surface/profond) – Université d'Anvers. | |
| **BE34056** | Plate-Dessous-les-Monts | *Plusieurs piézomètres prévus* | |
| **BE34057** | Marais de Heinsch | 5 couples (surface / profond) + 5 piézomètres de surface. *Des ajouts de sondes sont prévus en 2022.* | |
| | Marais de Fouches | 4 couples (surface / profond) + 3 piézomètres de surface. *Des ajouts de sondes sont prévus en 2022.* | 1 échelle |
| | Marais de Sampont | 8 couples (surface / profond) + 10 piézomètres de surface. *Des ajouts de sondes sont prévus en 2022.* | 1 échelle |
| | Marais de Vance | A noter qu'un couple de piézomètre du marais de Sampont est proche du marais de Vance. *Des ajouts de piézomètres et de sondes sont prévus en 2022.* | A noter que l'échelle du marais de Sampont est proche du marais de Vance. |

* dispositif installé dans le cadre du LIFE Anthropofens. En *italique* – dispositifs dont l'installation est en projet. En bleu les sites concernés par les études éco-hydrologiques (action A3.1 du programme LIFE Anthropofens).

## 3.2 Suivi physico-chimique

L'objectif de ce suivi est d'évaluer les actions mises en place dans le cadre du projet LIFE Anthropofens, et dont le but est d'améliorer la qualité des eaux. Au total, 7 actions différentes sont prévues, qui peuvent être classées en 4 grands types :

I. Phyto-épuration au niveau de sources existantes pour en améliorer la qualité : l'étang saint Ladre (Boves), issu de l'extraction de tourbe, et qui possède plusieurs îlots tourbeux.
II. Phyto-épuration des eaux de ruissellement et cours d'eau : cela concerne 3 entités, sur les sites de Morcourt, La Chaussée et Belloy sur Somme.
III. Aménagement de système de captage des eaux de ruissellement : Les près de la Belle Nonette au marais du Pendé.
IV. Désenvasement d'étangs à sources : cette action est prévue dans deux étangs distincts, à Blangy-Tronville et dans les marais communaux de Sacy.

Ce travail s'intègre de manière plus générale à une surveillance des caractéristiques physico-chimiques des sites du CEN Hauts-de-France. Ces suivis existent déjà sur certains sites (ex : Boves ou Blangy-Tronville), mais ils ne sont pas encore déployés sur tout le territoire. Or ils peuvent permettre de mettre en évidence des disfonctionnements pouvant menacer la conservation à long terme des tourbières. Ils viennent également compléter les suivis piézométriques, assurant une meilleure compréhension et une veille des sites pour le gestionnaire. L'intérêt sera donc à long terme de pérenniser ces suivis dans la gestion des sites, avec possiblement une fréquence d'analyse réduite, comme c'est le cas à Boves ou Blangy par exemple (une campagne tous les 4 ans).

*Les paramètres à suivre*

Dans le cadre de ce suivi, il est important de définir les paramètres qui vont être étudiés pour chacun des sites. L'enjeux principal de la plupart de ces mesures est bien évidemment de limiter l'eutrophisation des tourbières, mais plus largement de réduire les pollutions des milieux environnants. Cholet et Jameau (2010) listent ainsi 12 mesures potentielles pour l'étude des paramètres physico-chimiques des tourbières. C'est donc à partir de cette liste que nous avons défini pour chacun des sites les paramètres à étudier, en fonction de l'action et de son objectif. En raison des coûts d'analyse, nous avons préféré avoir un peu plus d'échantillons mais ne pas faire nécessairement l'ensemble des paramètres sur tous les points. Un socle commun a donc été défini, incluant le pH, la conductivité (+ température), l'oxygène dissous (et la saturation en $0_2$), l'Azote Kjeldahl, les Nitrates, Nitrites et enfin les Orthophosphates. Le détail des autres paramètres étudiés selon les sites (et donc selon les actions de restauration envisagée) est présenté en Tableau 4.

**Tableau 4 :** Détail des paramètres analysés par site.

| | pH | Conduc -tivité | Oxygène dissous | Azote Kjeldahl | Nitrate | Nitrite | Orthoph osphates | Phosphore total | Turbi dité | COD | Ca | C03 HC03 | TAC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Boves | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | | | |
| Pendé | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| Morcourt | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | |
| Belloy | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | |
| La Chaussée | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | |
| Blangy | X | X | X | X | X | X | X | | X | | X | X | X |
| Sacy | X | X | X | X | X | X | X | | X | | X | X | X |

Chaque point de prélèvement se verra échantillonné deux fois par an (Octobre-Novembre, et Avril-Mai), de manière à avoir un prélèvement à l'étiage et un en hautes eaux. Selon les dates des travaux envisagés, le lancement des premières campagnes de mesures n'intervient pas simultanément. Une fois les travaux réalisés (année n), la fréquence de suivi est réduite, le détail du planning est visible en Tableau 5.

**Tableau 5 :** Nombre des campagnes de collecte d'échantillons d'eau prévues par an et par site.

| Action | Site | Nb échant | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Curage avec exportation | Marais communal de Sacy le Grand | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | | 2 |
| Curage avec exportation | Marais de Blangy | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | | 2 |
| Reprofilage en long d'un cours d'eau | Marais de Belloy | 7 | | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Reprofilage en long d'un cours d'eau | Marais de La Chaussée | 7 | | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Création de radeaux flottants | RNN de Boves | 6 | 1 | 2 | 1 | 2 | | 2 |
| Reprofilage en long d'un cours d'eau | Marais de Morcourt | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | | 2 |
| Création d'un fossé avec talus et mares | Marais du Pendé | 12(+2) | 1 | 2 | 1 | | 2 | 2 |

*En rouge correspond l'année des travaux. 2 échantillons seront ajoutés après travaux sur le site du Pendé.*

Les résultats obtenus permettent d'évaluer les fluctuations saisonnières, mais également les variations intra-sites. Il sera par la suite intéressant de comparer ces éléments avant/après travaux une fois ces derniers réalisés. L'ensemble des données pour chacun des sites concernés (5 pour le moment, le suivi démarrant en 2022 pour Belloy sur Somme et La Chaussée), est présenté dans les annexes à ce rapport.

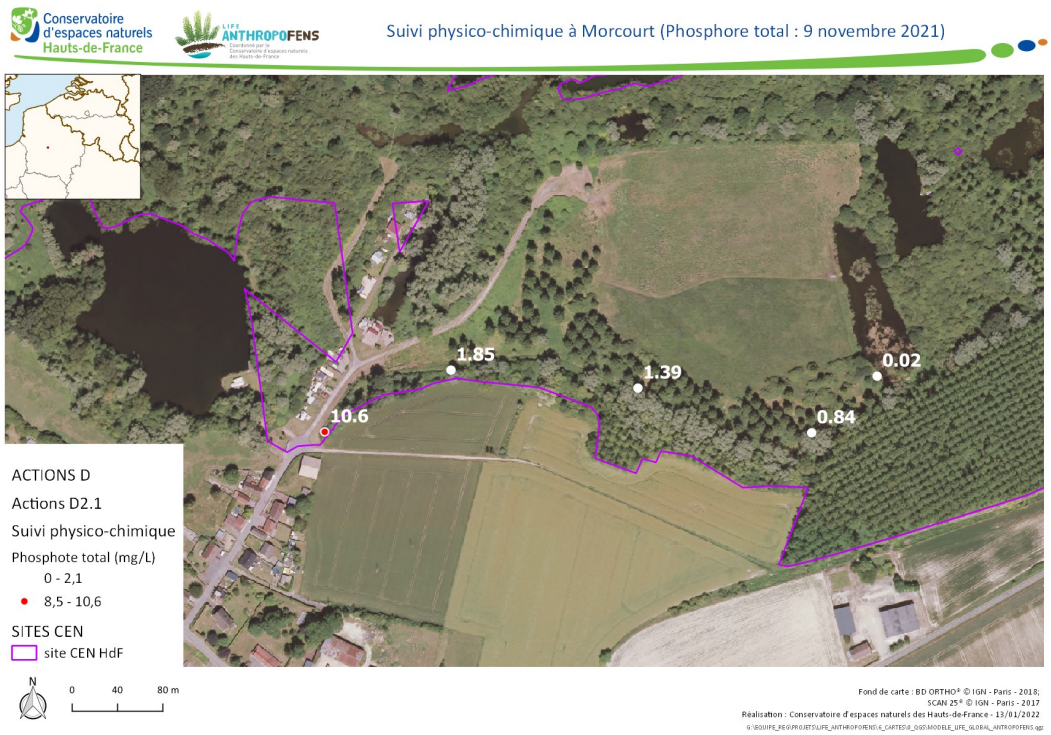


**Figure 8 :** Exemple des résultats obtenus sur le site de Morcourt pour le phosphore total lors de la campagne d'automne 2021

### 3.3 Suivi pédologique

Le suivi pédologique du projet LIFE est le seul suivi qui n'a pas été mis en place jusqu'alors. Le travail est en cours de discussion. Initialement envisagé comme une analyse croisée des profils hydriques et des caractéristiques physico-chimiques des tourbes, cet objectif semble délicat devant le faible nombre de chroniques piézométriques anciennes sur les différents sites tourbeux concernés par le projet LIFE Anthropofens. Ainsi, une autre approche est privilégiée. L'objectif est de dresser un état initial de la situation pédologique de plusieurs sites, concernés par la présence ou l'installation d'un piézomètre automatique à proximité, et pour certains par une mise en pâturage. Un tel design expérimental devrait permettre à la fois de mieux caractériser les tourbes en place (et notamment en surface) sur les sites du projet LIFE Anthropofens, mais dans un futur proche, d'évaluer l'évolution de ces dernières, et notamment dans un contexte de mise en pâturage.

L'idée est de s'inspirer du travail réalisé par le Conservatoire d'espace naturels de Savoie sur la tourbière de Chautagne (Gahon 2016), sur l'échantillonnage comme sur les paramètres à analyser, à savoir : la perte au feu, le taux de fibres frottées, masse volumique apparente et la porosité, la teneur en eau, le pH, et enfin l'analyse de certains éléments possiblement (Phosphore, Fer, Aluminium, …). L'analyse du Phosphore total et du Carbone organique total pourront également permettre de calculer l'indicateur de « vulnérabilité a l'eutrophisation phosphore » de la boite à outils Rhomeo (Collectif RhoMéO, 2014).

Les sites identifiés pour cette étude sont les mêmes que ceux évoqués dans le projet initial : Les marais de Sacy (FR2200378), le marais du Pendé (FR2200347) et le marais de Blangy-Tronville (FR2200356). Dans la mesure du possible, un partenariat avec un institut de recherche sera recherché, certaines analyses nécessitant un important travail de traitement des échantillons. Cela pourrait aussi permettre d'élargir cette étude à d'autres sites, pour compléter la diversité des situations échantillonnées. Ce travail sera réalisé en 2023.

# 4. MISE EN PLACE DE SUIVIS D'INDICATEURS BIOLOGIQUES (D.2.2)

## 4.1 Indicateurs biotiques de fonctionnalité des milieux

### *4.1.1 Indicateurs floristiques*

Ce suivi repose sur la mise en place d'un réseau de placettes de relevés phytosociologiques fixes réparties sur la zone d'étude. Pour chacune des placettes, deux indicateurs seront calculés, nommés « I02 – Indicateur floristique d'engorgement » (He) et « I06 – Indicateur floristique de fertilité du sol » (Ht) d'après la boite à outil Rhomeo (Collectif RhoMéO, 2014), qui définit un ensemble d'**I**ndicateurs pour les **Z**ones **H**umides (**IZH**). Bien qu'initialement défini dans un contexte de veille du site, ces indicateurs peuvent également être adaptés dans le cadre d'évaluation d'action de restauration, et c'est justement le travail en cours à l'échelle Hauts-de-France, dans le cadre de la définition de la boîte d'indicateurs des milieux humides du bassin Artois-Picardie (BIMH-BAP). Bien qu'ayant un objectif d'évaluation d'action de restauration, il est tout de même préconisé de garder l'échelle du site pour que le suivi s'inscrive dans un suivi de gestion sur le long terme. Cela permet également de bénéficier de secteurs témoins et références.

Les indicateurs sont basés sur les indices d'Ellenberg d'humidité édaphique et de niveau trophique (Ellenberg et al., 1992), adaptés par le CBNBl au contexte régional (valeurs allant alors de 1 à 5, ainsi pour l'humidité : 1=xérophile ; 5 = aquatique ; pour la fertilité : 1=oligotrophile ; 5=hyper-eutrophile). Ces indices traduisent les conditions stationnelles d'une plante pour le niveau d'humidité et le niveau de richesse en nutriments du sol sur lequel elle pousse (Schaffers and Sykora, 2000). Pour chaque relevé phytosociologique la valeur de chaque indice pour chaque plante est moyennée après pondération par leur abondance (chaque classe de recouvrement est alors considérée à hauteur de la médiane de la classe, exemple pour un coefficient d'abondance de 5, on considère un recouvrement de 87,5%). Ces indicateurs sont donc calculés pour chaque placette et permettent d'obtenir une note pour la zone étudiée. La variation de cette note au fil des années traduit les variations de conditions écologiques au sein de la zone d'étude et plus particulièrement au sein de chaque placette indépendamment des autres.

$$He = \sum(rij*xi)/\sum(rij)$$

*Avec rij le taux de recouvrement de l'espèce i dans la placette j et xi la valeur indicatrice de l'espèce i.*

Suivant le protocole BIMH-BAP, les placettes sont réparties par transects traversant le site. Le but est de faire un échantillonnage semi-systématique. Dans l'idéal les transects croisent perpendiculairement les courbes de niveaux pour suivre la pente afin de traverser le gradient d'humidité. Suivant les besoins, des placettes ponctuelles peuvent être ajoutées pour couvrir des zones non-échantillonnées et significatives dans la représentation du site, et les zones de travaux (un exemple est donné en Figure 9 : 3 transects définis sur le site – ajout de 7 placettes pour mieux échantillonner les zones de travaux). Pour que ce suivi garde une certaine robustesse, il y a nécessité d'avoir un minimum de placettes en termes de quantité. Nous considérons que pour suivre précisément une zone de travaux 5 placettes est un minimum en termes de répétition. La taille de relevé est fixée à 25m² quel que soit le type de végétation. L'emplacement des placettes est déterminé sur SIG pour être ensuite retrouvé sur le terrain à l'aide d'un GPS. Il est également important de consigner sur un document les

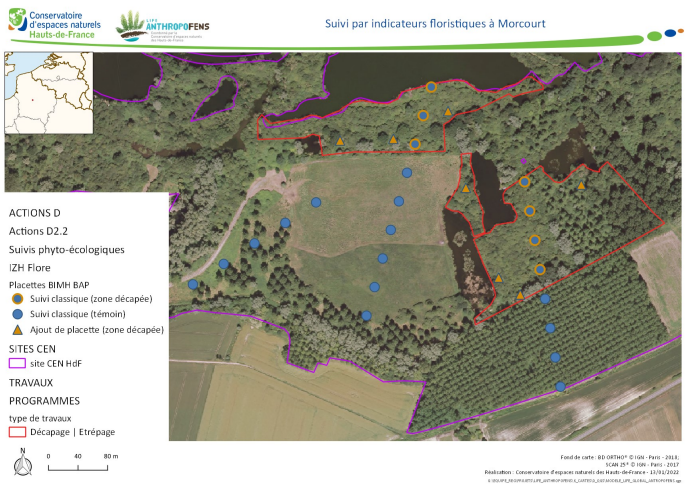


**Figure 9 :** Echantillonnage des placettes floristiques sur le marais de Morcourt (FR2200357)

éléments permettant de replacer au mieux les limites des placettes lors des visites suivantes, d'autant plus s'il y a une hétérogénéité importante qui peut impacter les indicateurs (par exemple la présence à proximité d'une mare, d'un fossé). A noter qu'il est prévu à terme de s'équiper d'outils permettant une précision centimétrique, et améliorant la robustesse du suivi. Le marquage sur le terrain n'a pas été conservé comme option en raison des très nombreuses difficultés inerrantes à ce type d'outil en milieux tourbeux, qui plus est en contexte de travaux lourds.

De façon à valoriser les données déjà présentes sur certains sites, il a été décidé de ne pas ajouter directement un échantillonnage complet sur les sites bénéficiant d'un réseau de placettes de végétation (souvent dans le cadre d'un suivi des végétations patrimoniales uniquement). Ainsi, l'échantillonnage réalisé dans le cadre du LIFE conserve au moins une partie des placettes historiques (et bénéficie des données historiques), et est complété avec des placettes dans les zones de végétation non patrimoniale souvent délaissées, et les zones spécifiques de travaux de manière à pouvoir correctement évaluer leurs impacts. A noter enfin que certaines placettes du suivi d'évaluation de l'état de conservation (D1.1) défini par le CBNBl ont également été reprises dans ce protocole. C'est particulièrement le cas pour le marais de Bernay (FR2200347) où 19 placettes floristiques ont été réalisées en 2020 par le CBNBl et le SMBSGLP couvrant presque l'intégralité du site. Ces données pourront donc être utilisées au-delà de l'évaluation de l'état de conservation, pour calculer les deux indicateurs floristiques étudiés, permettant également de déterminer à l'échelle des tourbières de la région des valeurs d'indicateurs moyennes par habitat naturel, selon l'état de conservation.

Au total, ce sont 389 placettes qui ont été visitées durant l'été 2021, sur 15 tourbières différentes dans les Hauts de France.

**Tableau 6 :** Nombre de placettes floristiques échantillonnées par site

| Site Natura 2000 | Marais | Nombre de placettes |
|---|---|---|
| **FR2200378** | Marais de Sacy | 51 |
| **FR3100492** | Marais de Roussent | 41 |
| | Marais de Douriez | 11 |
| **FR2200357** | Marais de Morcourt | 29 |
| **FR2200390** | Marais de la Souche | 53 |
| **FR2200359** | Marais de Thézy | 6 |
| | Marais de Moreuil | 27 |
| **FR2200354** | Marais de Mareuil-Caubert | 24 |
| | Marais Duno | 10 |
| | Marais d'Epagne | 11 |
| **FF2200355** | Marais de Belloy sur Somme | 38 |
| | Marais de la Chaussée | 22 |
| | Marais de Tirancourt | 23 |
| | Marais de Long | 20 |
| **FR3110083** | Marais de Villiers | 23 |
| | **TOTAL** | **389** |

***Résultats obtenus***

L'intérêt de ce suivi réside surtout dans une analyse diachronique, dans le cadre d'un suivi de site ou d'une évaluation de travaux. Toutefois, il est possible de dresser un état des lieux des sites visités d'après les données des deux indicateurs. Les résultats sont présentés en Figure 10.

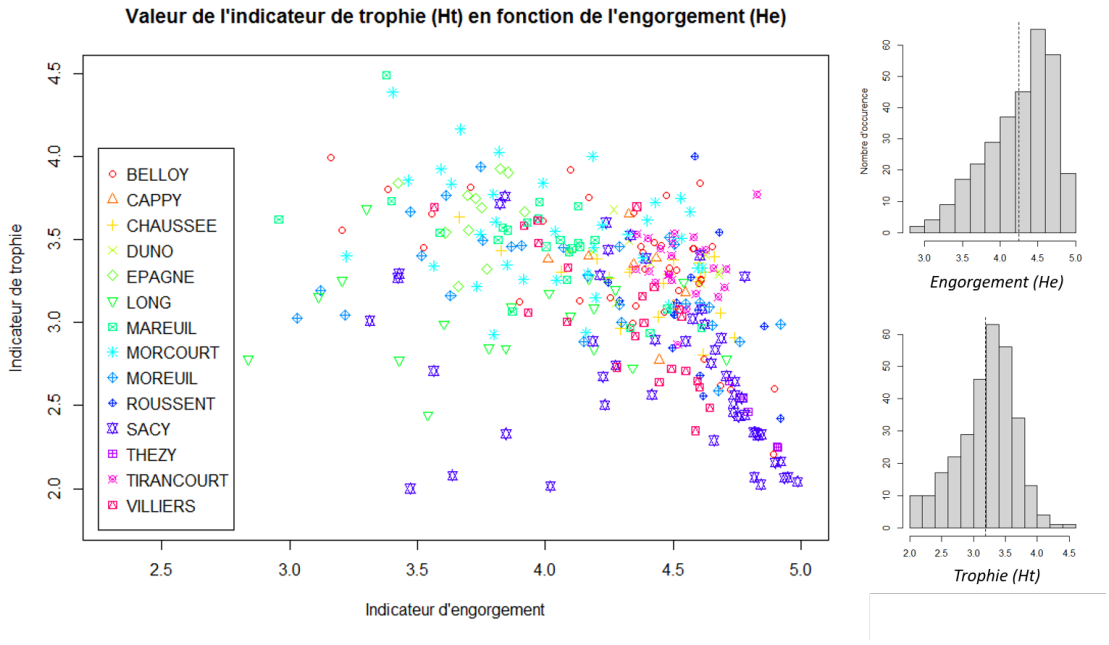


**Figure 10 :** Valeurs des deux indicateurs (He : engorgement et Ht : trophie)
*A gauche : valeur de Ht (trophie) en fonction de He (engorgement) selon les sites.*
*A droite, en haut : Distribution des valeurs de He (moyenne de 4,248), en bas : Distribution des valeurs de Ht (moyenne de 3,192)*

Une relation semble ainsi se dessiner, l'indicateur de trophie réduisant avec l'engorgement. Toutefois, certains sites témoignent de situations distinctes sur certaines placettes, comme les marais de Sacy, où des secteurs plus secs (He<4) peuvent avoir des valeurs de Ht <2,5. Les valeurs sont assez contrastées entre les sites, mais également à l'intérieur des sites, s'étalant de 2,837 à 4,986 pour He sur l'ensemble des sites, et de 2 à 4,49 pour Ht. En guise d'exemple, un site comme le marais de Villiers, dans sa partie Sud où les habitats sont en très bon état de conservation, présente des valeurs moyennes de He = 4,485 et Ht = 2,807. Les secteurs de cladiaie sénescente, pauvres en espèces, présentent plutôt des valeurs supérieures de He>4,7 et des valeurs de Ht<2,4 (dans les marais de Sacy), probablement tirées par les valeurs d'indices associés à l'espèce *Cladium mariscus* (He = 5, Ht = 2) qui y est ultra dominante.

Ainsi, l'ensemble de ces données permettra lors de l'état final d'évaluer à la fois l'évolution de ces valeurs (voir exemple ci-dessous), en fonction du temps et de l'impact des travaux, mais également l'écart entre les valeurs mesurées et des valeurs de références qui pourront être définie en lien avec l'évaluation de l'état de conservation des habitats (Suivi D1).

***Exemple d'analyse diachronique : le marais de Moreuil***

Le marais de Genonville à Moreuil avait fait l'objet d'une mise en place expérimentale des indicateurs floristiques de la boite à outil Rhomeo. Quatre transects avaient ainsi été définis et faits l'objet de relevés phytosociologiques en 2017. Ces transects ont été entièrement repris lors de l'état initial avant travaux du LIFE réalisé en 2021. Il est donc d'ores et déjà possible d'évaluer l'évolution de ces indicateurs entre ces deux années. Les différences entre les valeurs 2021 et 2017 pour les deux indicateurs sont présentées en Figure 11 et Figure 12. Une analyse de la différence observée par transect est également proposée. On peut ainsi observer que les évolutions constatées sont significativement ou presque différentes selon les transects. Le premier transect semble ainsi avoir subi une baisse de l'engorgement, alors que le second a lui connu une augmentation des valeurs de cet indicateur. Pour T3, les évolutions semblent hétérogènes au sein même du transect. Les secteurs ayant connu une baisse marquée de l'indicateur d'engorgement sont d'ailleurs concernés par les travaux de décapage envisagés sur ce site.

Pour l'indicateur de fertilité du sol (nommé ici trophie), l'évolution concerne surtout le transect T3, avec une augmentation du niveau trophique sur la moitié sud des placettes. Il s'agit là encore des secteurs prévus de décapage, qui devrait permettre de faire baisser ces niveaux de nutriments.

Si l'analyse est ici faite par transect, une analyse par traitement (type de travaux – comparaison aux secteurs témoins) sera réalisée après la réalisation des travaux, permettant une évaluation des effets des différentes actions entreprises. Il serait d'ailleurs pertinent et utile pour interpréter ces évolutions plus finement d'étudier en détail les relevés de végétation. Ce travail pourra être fait dans le cadre de l'évaluation des actions LIFE en fin de projet.

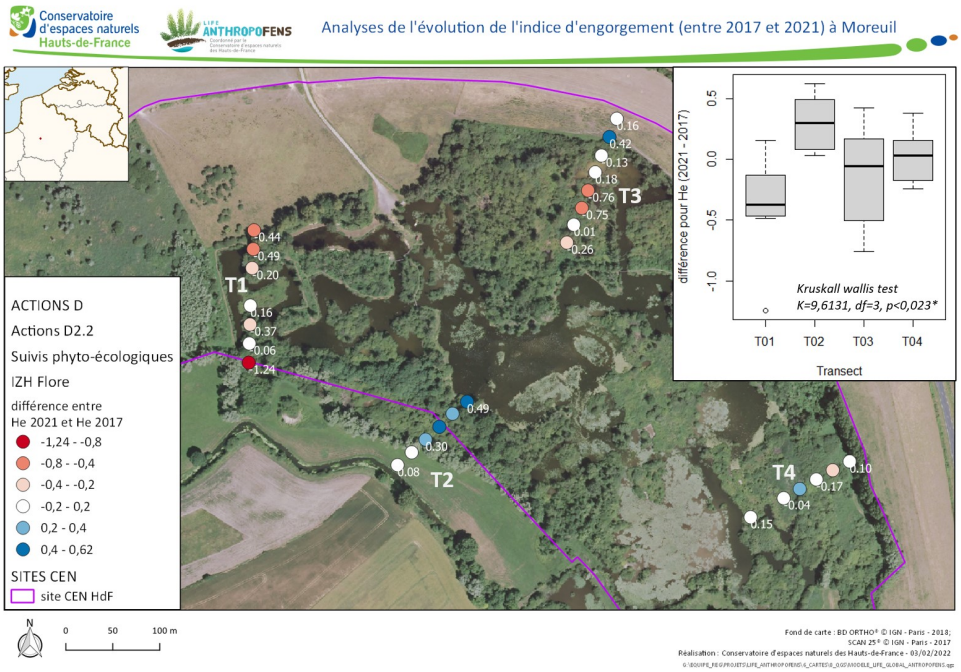


**Figure 11 :** Analyse de l'évolution de l'indicateur d'engorgement à Moreuil entre 2017 et 2021.
*Une analyse par transect, avec test non paramétrique de Kruskall wallis est présentée en haut à droite.*

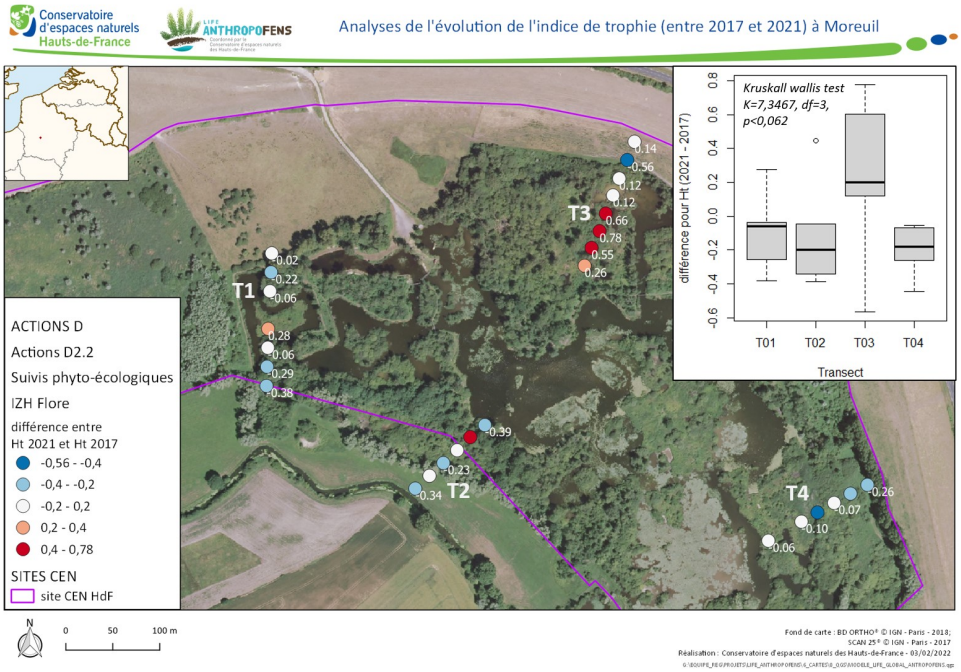


**Figure 12 :** Analyse de l'évolution de l'indicateur de trophie à Moreuil entre 2017 et 2021.
*Une analyse par transect, avec test non paramétrique de Kruskall wallis est présentée en haut à droite.*

### 4.1.2 Indicateur d'intégrité écologique (STN)

***Principes de la méthode***

Les Syrphidae sont une famille de l'ordre des Diptères. En Europe, la faune syrphidologique compte approximativement 950 espèces (Speight et al., 2017a), dont 563 en France (Speight et al., 2018). La diversité spécifique de cette famille est importante mais d'autres raisons ont justifié le choix de ce taxon pour le développement de cette méthode. Tous les imagos des syrphes se nourrissent de nectar ou de pollen, ils sont reconnus comme étant des pollinisateurs (Ssymank et al., 2008 ; Gadoum & Roux Fouillet, 2016). La détection des adultes est donc relativement aisée. La tente Malaise (Malaise, 1937) permet de standardiser la méthode de collecte des imagos, ce piège d'interception ayant l'avantage d'être très efficace, en un temps de collecte réduit.

A l'état larvaire, l'écologie spécifique est plus variée, les espèces peuvent être zoophages, microphages ou phytophages. Elles occupent un grand nombre de niches écologiques ; de la cime des arbres aux racines des graminées, en passant par les mares ou le bois mort. Parfois, les conditions écologiques caractérisant l'habitat larvaire sont très ténues (coulées de sève d'un arbre blessé, etc.). Les syrphes investissent ainsi presque la totalité des écosystèmes terrestres, exceptés les milieux aquatiques courants ainsi que les milieux aquatiques profonds et les grottes. En France, on connaît les caractéristiques écologiques de plus de 95 % des espèces de syrphes (Speight et al., 2016 ; Speight et al., 2017a). La détermination des adultes est accessible grâce aux nombreux ouvrages disponibles en Europe et aux publications complémentaires de Syrph the Net Publications. Certains genres diversifiés de la zone méditerranéenne restent néanmoins délicats à appréhender. En Europe, la base de données Syrph the Net (StN) (Speight et al., 2016) synthétise la connaissance accumulée sur les espèces de syrphes. Cette base de données est diffusée gratuitement, sous licence gratuite, par Syrph the Net Publications. Elle constitue un système expert sur les syrphes européens.

Les syrphidés sont de bons bio indicateurs. Les connaissances acquises et les dynamiques de recherches actuelles sur cette famille, en font un modèle inégalé à ce jour (Tableau 7).

**Tableau 7** : Arguments en faveur des Syrphes comme bons bio indicateurs

| | |
|---|---|
| Arguments biologiques | Quasi-totalité des écosystèmes terrestres investie.<br>Écologie larvaire finement associée aux paramètres de l'habitat.<br>Relations trophiques variées. |
| Arguments techniques | Échantillonnage standard des adultes (tente Malaise) faisable et reproductible.<br>Identification accessible.<br>Base de données StN existante, disponible et régulièrement mise à jour. |

La base de données Syrph the Net (StN) a été développée à partir de 1990 (Speight, 2017a) par Martin C.D. Speight et Emmanuel Castella. Elle compile les données disponibles sur la distribution, la biologie et l'écologie des espèces de syrphes européens. Elle est régulièrement alimentée par un réseau d'utilisateurs et de spécialistes européens, animé par Martin C.D. Speight. La base de données est en constante évolution avec les ajouts des nouvelles espèces européennes, la stabilisation taxonomique de certains taxons (Speight, 2020), les actualisations de la chorologie, des traits de vie, etc. Ce système expert a été conçu pour être utilisable par des non spécialistes.

Les données de la base Syrph the Net sont de plusieurs natures :

- habitats « préférés » des espèces ;
- distribution des espèces à plusieurs échelles géographiques (pays, domaine biogéographique au sens de la Directive Habitat Faune Flore (92/43 CEE)) ;

- niveau de menace des espèces à plusieurs échelles géographiques (la méthode d'évaluation ne suit pas la méthode UICN) ;
- caractéristiques des habitats larvaires des espèces ;
- traits de vie des espèces (relations trophiques, cycle de vie, etc.).

La base de données, en quelques chiffres (Speight et al., 2016a) :

- 425 habitats référencés ;
- 108 caractéristiques d'habitats larvaires ;
- 107 traits de vie des syrphes concernant la larve, la pupe ou l'adulte.

Toutes les informations compilées dans StN sont codées en fonction du degré d'association entre l'espèce et le facteur considéré. Ce codage n'est pas binaire mais dit « flou » (Castella et Speight, 1996) pour permettre plus de combinaisons et rendre compte de la plasticité de l'écologie des espèces :

- 3 : l'espèce est associée préférentiellement à ce paramètre ;
- 2 : l'espèce est associée normalement avec ce paramètre ;
- 1 : l'espèce peut être associée à ce paramètre sous certaines conditions ;
- vide : l'espèce n'est pas associée à ce paramètre.

L'objectif premier de la base de données était de développer un outil prédictif permettant d'évaluer la biodiversité de sites naturels à des fins de gestion et de conservation (Speight, 2017a). Le principe général de fonctionnement se base sur la comparaison entre une liste d'espèces observées sur un site avec une liste d'espèces attendues (prédictive). La liste d'espèces observées est constituée grâce à une campagne de piégeage réalisée par tente Malaise sur le site étudié. Les individus sont triés et identifiés à l'espèce. Il n'est pas tenu compte de l'abondance, qu'elle soit relative ou absolue. La base de données Syrph the Net fonctionne dans un premier temps comme un modèle de prédiction. A partir des habitats relevés dans le périmètre de collecte des tentes (300 à 500 m), il est possible de dresser une liste d'espèces potentiellement présentes. Cette liste est ensuite filtrée en fonction des espèces présentes dans le secteur géographique du site d'étude (« liste régionale ») et permet d'obtenir une liste d'espèces prédites.

La liste des espèces prédites est ensuite comparée à la liste des espèces observées (Figure 13) qui sont classées en trois groupes :

- les espèces «au rendez-vous» : les espèces prédites et observées, elles permettent de calculer l'intégrité écologique ;
- les espèces «inattendues» : les espèces observées et non prédites, elles permettent d'évaluer la qualité du modèle ;
- les espèces «manquantes» : les espèces prédites et non observées, elles permettent d'évaluer les dysfonctionnements, et les causes de la mauvaise intégrité écologique.

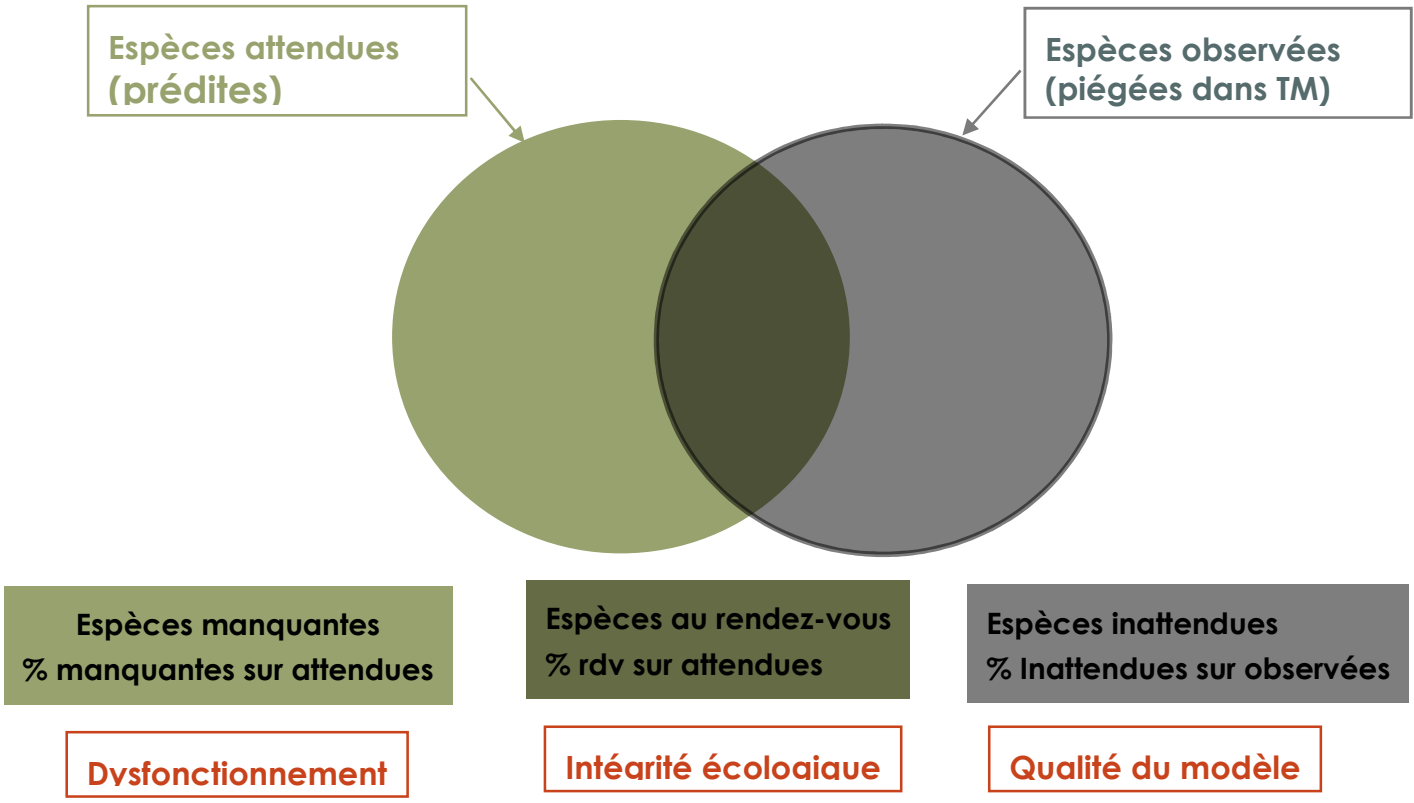


**Figure 13 :** Principes d'analyse de Syrph the Net

***Etat initial dans le cadre du projet LIFE Anthropofens***

Deux sites ont bénéficié de la mise en place du protocole :

- Les marais de Sacy (FR2200378) et le marais de Villiers (FR3110083).

Deux rapports ont été produits à ce sujet, dans le cadre d'un stage Master 2. La question initiale était globalement identique pour les deux sites à savoir quel était l'état de conservation des habitats cibles sur ces deux marais. La stratégie d'échantillonnage, soit le nombre et l'emplacement des tentes Malaise, a été réfléchi indépendamment sur chaque site compte tenu des spécificités dans l'accessibilité et la distribution des habitats sur chaque site (voir annexe).

Quatre tentes ont été posées sur chacun des sites. L'échantillonnage a commencé le 29 avril 2020 sur les deux sites pour se terminer respectivement les 17 septembre et le 29 septembre pour le marais de Villiers et le marais de Sacy. En complément de ces tentes Malaise des prospections à vue ont été organisées notamment les jours où les culots de tentes Malaise étaient relevés. Ces prospections tout comme la pose des tentes ont été particulièrement perturbées par les conditions sanitaires. On notera que les tentes Malaise utilisées sur les deux points au sud du marais de Villiers ont été retrouvées à plusieurs reprises couchées par le vent, les culots renversés. Cette situation rend l'interprétation de ces résultats délicate.

Parallèlement à la pose des tentes, les habitats présents dans la portée théorique des tentes (300 mètres) ont été inventoriés sur la base des cartographies disponibles. La typologie descriptive basée sur la phytosociologie sigmatiste et le travail de typologie réalisé par le Conservatoire botanique de bailleul a été transcrite dans la typologie propre à la base de données Syprh the net. Cette transcription est rendue possible grâce à un des outils produits par Syrph the Net edition et le Conservatoire d'espaces naturels dans le cadre d'un programme Interreg transmanche « LAN » en 2016, réédité récemment (Speight et al., 2020)

Sur les tentes Malaise, 2 075 individus ont été identifiés sur le marais de Villiers contre 2 505 sur le marais de Sacy, pour respectivement 65 et 85 espèces identifiées au rang spécifique. La chasse à vue apportant 3 et 10 espèces supplémentaires portant à 68 et 95 espèces la richesse spécifique identifiée.

L'analyse de la complétude des deux inventaires a été réalisée avec l'application en ligne SpadeR (Chao et al., 2015) et Inext (Chao, Ma, et Hsieh, 2016). Ils vont permettre d'estimer la couverture, la complétude et l'effort à réaliser pour améliorer ces deux paramètres.

**Tableau 8 :** paramètres descriptifs de la diversité spécifique observée et estimée

| | Nombre individus dans les tentes Malaise | Nombre d'espèces avec tente Malaise | Diversité estimée | Complétude (complétude avec données filet) | Couverture |
|---|---|---|---|---|---|
| Sacy | 2505 | 85 | 101 | 77% (80%) | 0.993 |
| Villiers | 2075 | 65 | 85 | 88% (94%) | 0.988 |

La complétude est relativement bonne, même si les données du marais de Villiers sont à interpréter avec précaution compte tenu de la perte d'une partie des culots suite à des épisodes de vents importants.

Les indicateurs d'intégrité écologique sont relativement moyens au regard de l'expérience que nous pouvons avoir des études Syrph the Net dans la région. Les résultats globaux identifient des dysfonctionnements liés à la trophie de l'eau et à la hauteur de la nappe d'eau dans le marais. Ces dysfonctionnements correspondent à des menaces clairement identifiées des tourbières alcalines de nos régions. On note une relative équivalence dans les intégrités entre les deux sites.

**Tableau 9 :** Intégrité écologique par habitat sur le Marais de Sacy

| Habitat | Intégrité |
|---|---|
| Bas-marais alcalin | 67 |
| Roselière/magnocariçaie | 63 |
| Saulaies marécageuses | 42 |
| Communautés d'herbes hautes de plaine | 55 |
| Prairie/pelouse humide eutrophe à mésotrophe non… | 69 |
| Prairie/pelouse humide oligotrophe non améliorée de… | 61 |
| Aulnaies marécageuses | 44 |
| Saules | 60 |
| Chênaie acidophile | 48 |

**Tableau 10 : I**ntégrité écologique par habitat sur le Marais de Villiers

| Habitat | Intégrité |
|---|---|
| Bas-marais alcalin | 68 |
| Tourbière de transition | 67 |
| Roselière/magnocariçaie | 73 |
| Saulaies marécageuses | 62 |
| Communautés d'herbes hautes de plaine | 74 |
| Prairie/pelouse humide eutrophe à mésotrophe non… | 73 |
| Prairie/pelouse humide oligotrophe non améliorée de… | 74 |
| Magnocariçaie | 69 |

Il sera dès lors intéressant d'évaluer l'impact des futurs travaux qui seront réalisés dans le cadre du projet LIFE Anthropofens. L'impact devrait être plus marqué sur les syrphes pour les marais de Sacy où d'importants travaux de restauration hydrologique sont envisagés (les niveaux de nappe étant un des éléments expliquant le dysfonctionnement d'après l'analyse des données StN).

A noter également que le piégeage par les tentes Malaise n'est pas sélectif ni attractif. Ainsi, d'autres groupes taxonomiques peuvent faire l'objet d'une contribution plus ou moins significative à leur inventaire suivant l'échantillonnage pratiqué. C'est dans ce contexte qu'au moins deux autres groupes entomologiques ont pu bénéficier d'un travail approfondi, et que le travail est en cours ou en projet pour d'autres groupes. Ainsi, l'étude des araignées prélevés sur le marais de Villiers a permis de découvrir une nouvelle espèce pour la France : *Larinia jeskovi* Marusik, 1987, ce qui fait l'objet d'une publication (Lecigne 2021), détaillant également la découverte d'une nouvelle espèce pour la région Hauts de France (*Satilatlas britteni* Jackson, 1913). Autre groupe original, l'étude des Tipulomorpha, issus des mêmes échantillons, a là aussi permis de faire de belles découvertes, avec 5 nouvelles espèces pour la France. Ce travail a également fait l'objet d'une publication (Quindroit et Lemoine 2020). Par ailleurs, les Ichneumonidés ont fait l'objet d'une valorisation également avec la découverte d'espèces peu documentées en France et en région (Libert et al., 2021)

## 4.2 Enjeux patrimoniaux

En parallèle des indicateurs de fonctionnalité des écosystèmes développés dans la partie précédente, des enjeux patrimoniaux spécifiques aux tourbières alcalines ont également été identifiés comme indicateurs d'évaluation des actions des restaurations du LIFE Anthropofens. Ainsi, une espèce floristique : *Liparis loeselii*, un arthropode : *Dolomedes plantarius*, et 2 mollusques : *Vertigo angustior* et *V. moulinsiana* ont fait l'objet d'un travail spécifique. A ces espèces patrimoniales s'ajoute également l'enjeu des cladiaies (habitat 7210*), non spécifiquement identifié dans la proposition du projet LIFE Anthropofens, mais dont l'importance du territoire du LIFE Anthropofens dans la conservation de cet habitat d'intérêt communautaire prioritaire, justifie d'un travail spécifique, développé dans la partie 4.2.4 ci-après.

### *4.2.1 Liparis loeselii*

Le Liparis de Loesel (*Liparis loeselii* (L.) Rich., 1817) est une espèce caractéristique des tourbières alcalines, et des pannes dunaires. Elle est aujourd'hui considérée comme « presque menacée » (NT) à l'échelle Européenne (Bilz 2011), protégée en France, et vulnérable (VU) à l'échelle de la région Hauts de France (Haugel et Toussaint 2019). L'espèce est présente sur 4 sites concernées par des actions du programme LIFE Anthropofens : Le marais de Villiers (FR3110083), le marais de Belloy sur Somme (FR2200355), le grand marais de la queue à Blangy-Tronville (FR2200356) et enfin les marais de la Souche (FR2200390) où l'espèce a été découverte récemment (Caron et Gaudin 2019). Les populations actuelles sont peu ou pas directement concernées par les actions du LIFE Anthropofens, toutefois, la restauration d'habitats favorables à proximité devrait permettre d'augmenter la surface potentielle pour l'espèce sur certains sites. Ces populations disposaient déjà d'un suivi avant le LIFE, consistant en un comptage le plus exhaustif possible des individus et une localisation GPS systématique de tous les individus observés sur le site. Devant l'augmentation significative de la surface à prospecter à la suite des travaux à Blangy-Tronville, il a été proposé d'alléger le travail de suivi en supprimant le comptage des individus, souvent chronophage, et de se limiter à un pointage des individus à analyser par maille.

**Photo 1 : Liparis de loesel ©CEN HdF**

Pour rendre le suivi fiable et robuste, le site a été découpé en mailles de 5m par 5m (Figure 14). Ces mailles sont intégrées au GPS, permettant de s'assurer d'une prospection complète de chacune une fois sur le terrain. Le temps de prospection d'une maille est défini à 3 minutes (bien qu'insuffisant pour détecter à coup sûr tous les individus, ce temps permet de maitriser la probabilité de détection, et de la rendre la plus stable possible entre les secteurs et d'une année sur l'autre). A noter que dès lors qu'un Liparis est observé dans une maille, la prospection s'arrête (la maille étant positive). A noter enfin que pour les mailles les plus défavorables et les plus difficiles d'accès (fourrés, roselières sèches), les temps de prospection ont pu être plus réduit, et certaines mailles n'ont pu être prospectées en raison de l'accès. Ces données sont conservées par la trace GPS des personnes ayant réalisées le suivi. Les données pour les prospections de 2021 sont présentées Figure 14.

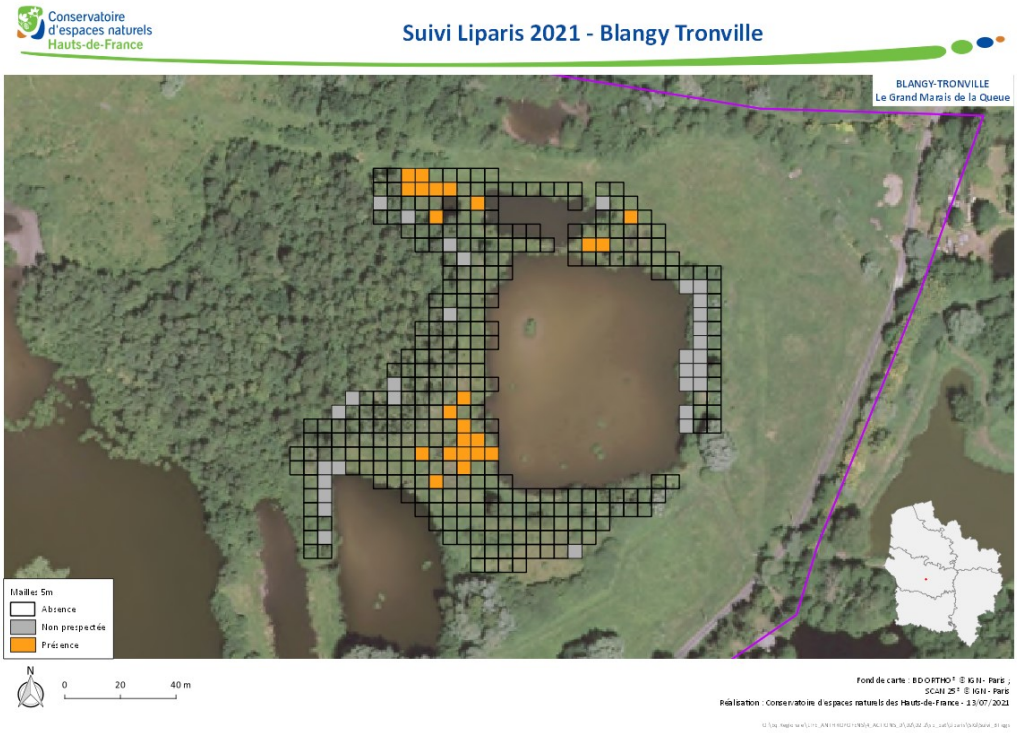


**Figure 14 :** Maillage du suivi Liparis sur le site de Blangy Tronville (les données de 2021 y sont présentées).

Ces données par maillage permettent alors de comparer d'une année sur l'autre l'évolution de la population (en comparant le nombre de mailles dont le statut passe d'« occupée » à « inoccupée » (*disparitions)* et le nombre de mailles dont le statut passe d'« inoccupée » à « occupée » (*apparitions*). L'analyse se fait avec un test de Khi² à un degré de liberté, suivant la méthodologie développée par Gauthier et Thompson (2013). Il est alors possible de faire l'analyse pour les années précédente en croisant les observations GPS et le maillage défini cette année (Figure 15).

En plus des données de présence / absence au sein de chaque maille, des mesures de traits sont réalisées sur un échantillon de Liparis. L'objectif de ce travail est de pouvoir documenter l'état de la population, en plus de sa dynamique, et notamment la vigueur des individus. Ainsi, les mesures suivantes sont effectuées : Longueur / largeur de la plus large feuille, état reproducteur, longueur de la hampe si présente, Nombre de fleurs ou de fruits si présent. Ces mesures, faites sur un échantillon d'au moins 30 individus, mesurés dans 10 placettes de 1m² au moins permettront notamment de poursuivre l'évaluation de la proportion d'individus reproducteurs, qui étaient déjà réalisée lors des comptages de suivi faits jusqu'alors. A noter que cette année, cette valeur était estimée à 0,15, soit l'un des plus faibles taux observés sur le site depuis le début du suivi. Toutefois, cette année 2021 a été très particulière, puisque le climat a été très arrosé, avec des niveaux d'eau important dans la tourbière, inondant de façon très prolongé les secteurs à Liparis. C'est probablement ce qui explique la forte baisse de la population observée cette année, ainsi que le faible taux d'individus reproducteurs (Figure 15).

A noter que pour les autres sites, les résultats ont été différents. A Belloy sur somme, le suivi réalisé en 2020 met en évidence une population de petite taille (estimée à 47 individus). Pour les marais de la Souche, la recherche complète menée en 2020 sur cette population, première depuis la découverte de l'espèce sur le site, a permis de comptabiliser 209 individus. Pour le site de Villiers, le nombre de Liparis comptabilisé en 2021 a été le plus important jamais mesuré sur le site (257). Les conditions hydrologiques idéales n'ayant pas eu pour effet d'inonder le site, comme pour le marais de Blangy-Tronville. A noter que la méthode de recherche par maille est en cours de déploiement sur les autres sites, et devrait être utilisée au moins pour les sites de Villiers et des marais de la Souche, qui présentent des surfaces conséquentes à prospecter. Les détails du suivi du Liparis de Loesel sur ces sites sont disponibles en annexe.

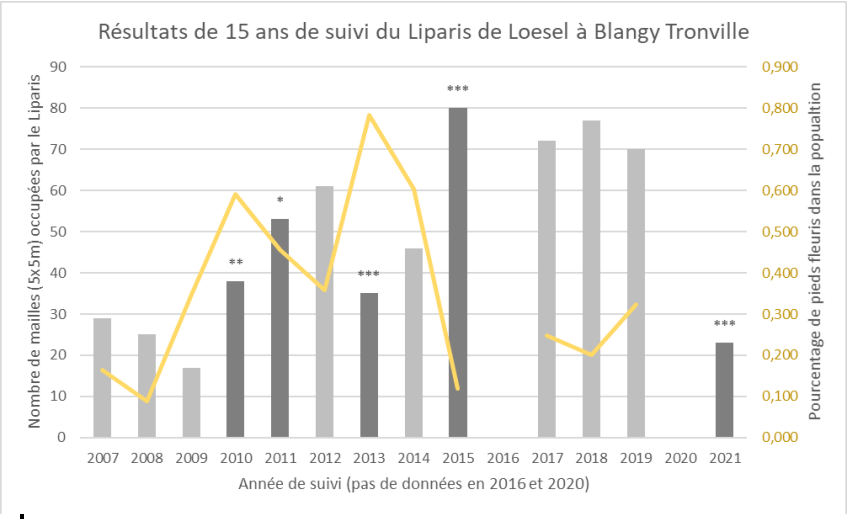


**Figure 15 :** Résultats du suivi de la population de Liparis de Loesel de Blangy Tronville de 2007 à 2021

### *4.2.2 Suivi des Vertigo*

Deux espèces de Vertigo, le vertigo de Des Moulins (*V. moulinsiana*) et le vertigo étroit (*V. angustior*) sont ciblées par ce suivi. Ces deux espèces figurent à l'Annexe II de la directive européenne Habitat-Faune-Flore. De manière à définir ce protocole, une prestation auprès du bureau d'étude spécialisé en malacologie Arion.ide a été réalisé. Un rapport complet détaillant le protocole a ainsi été rédigé[1], et est succinctement résumé ici.

**Photo 2 : *Vertigo angustior* (gauche, © D. Top) et *Vertigo moulinsiana* (droite, © N. Cottin).**

Le protocole de suivi mis en place a pour objectif principal d'évaluer les travaux de restauration sur ces deux espèces remarquables. Autrement dit, cela signifie que le protocole de suivi doit, par rapport à une situation de référence, permettre de dire si les mesures réalisées ont un effet bénéfique ou délétère sur les deux espèces. Toutefois, il probable que les impacts de travaux ne soient pas visibles au terme du projet LIFE Anthropofens, ce suivi doit donc permettre un travail sur le long terme, assurant également une veille sur ces deux espèces.

[1] Cucherat, X. 2022. Réalisation d'un protocole de suivi sur le Vertigo de Des Moulins *Vertigo moulinsiana* et le Vertigo étroit *Vertigo angustior* sur les sites du LIFE18NAT/FR/000906 -ANTHROPOFENS. Rapport d'étude. Arion.idé/CEN HdF. Gondecourt. 18 pp + 2 Annexes

*Principe du protocole mis en place*

Pour cela, un dispositif de suivi dit « BACI » (Before, After, Control, Impact) a été déployé. La méthodologie mise en place est celle des modèles en « site occupancy » (MacKenzie *et al.* 2006) permettant d'évaluer une probabilité d'occupation, et de mesurer comment cette dernière évolue selon les situations (avant/après, travaux/sans travaux). Cette méthodologie nécessite toutefois d'être en capacité d'évaluer la probabilité de détection des individus, et donc de faire plusieurs passages dans une période où l'on considère que l'occupation est stable (et où seule la détection varie). Il a donc été décidé de faire 3 passages avant, et 3 passages après travaux (plus d'autres passages après travaux pour le suivi à long terme : par séquences de 3 passages). Les passages sont espacés d'une saison, ces animaux ayant des déplacements très réduits, l'hypothèse d'une stabilité inter-saisonnière de l'occupation est formulée.

Ces deux espèces apprécient les milieux tourbeux alcalins, mais présentent tout de même des niches écologiques différentes. En effet, *V. moulinsiana* escalade la végétation à certaines périodes de l'année, ce qui le rend plus facilement détectable dans le cadre d'un protocole de suivi. Or ce comportement est particulièrement rare chez *V. angustior* qui se cantonne dans la litière au sol, rendant sa détection *in situ* plus hasardeuse. C'est donc à partir de ce constat sur les différences de comportement que deux méthodes de recherche ont été définies.

Pour recherche *V. moulinsiana*, un battage de la végétation dans un récipient de grande taille (bac plastique de 60 x 20 cm) est réalisé. Les escargots sont alors recherchés dans le produit du battage contenu dans le bac. Pour *V. angustior*, la recherche s'effectue à la fois par observation détaillée de la litière, et prélèvement de cette dernière pour certifier ou non la présence de l'espèce.

*Echantillonnage*

Si *Vertigo moulinsiana* est présent sur une grande majorité des sites concernés par le projet LIFE Anthropofens, *Vertigo angustior* est nettement plus rare. Pour cette dernière espèce, le choix des sites s'est donc limité aux sites où l'espèce est connue (ou à proximité). Plusieurs types de travaux ont été intégré à l'évaluation, le détail des sites figurant Figure 16 et Tableau 11.

Selon les sites, la distribution des points de suivis diffère légèrement. Certains sites reprennent l'échantillonnage détaillé dans le suivi « BACI-Déboisement » (voir partie 2 de ce rapport), le site de Sonneville (PNR SE) ayant fait l'objet d'un test, les points d'échantillonnage se distribuent le long de grandes placettes, tandis sur que sur tous les autres sites (l'immense majorité) les points échantillonnés se distribuent le long de transects de 11m de long, avec un point d'échantillonnage (battage ou observation directe de la litière) tous les mètres (et 4 transects au total pour échantillonner une situation donnée). Le détail de l'échantillonnage est présenté dans les annexes.

**Photo 3 :** Recherche de *V. angustior* dans la litière (gauche)
et battage de la végétation pour rechercher *V. moulinsiana* (droite).

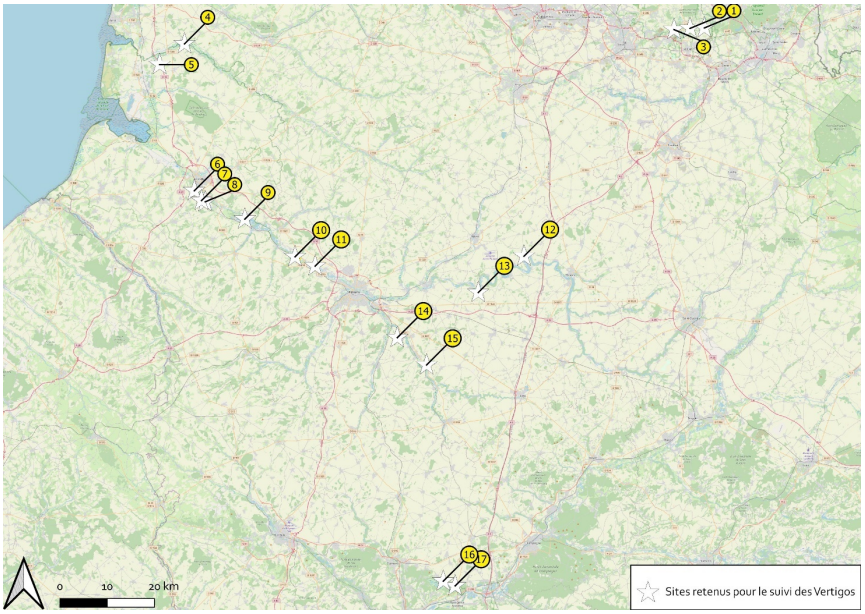


**Figure 16** : Localisation des sites intégrés au suivi Vertigo.

**Tableau 11 :** Echantillonnage défini pour les suivis des deux espèces de Vertigo (² signifie que les deux espèces sont suivis sur ce site, sinon uniquement *V. moulinsiana*, * signifie qu'une action de restauration hydrologique est aussi prévu (en plus d'une action sur la dynamique de succession). Les numéros se réfèrent à la Figure 16.

| Site N2000 | Déboisement | Débroussaillage | Décapage | Déboisement /Essouchage | Fauche | Restauration hydrologique | Pâturage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FR2200378 | | | | Sacy² (16) | Sacy²* (17) | | |
| FR3100507 | | | Vred* (3) | Marchiennes (2)<br>Vred* (3) | | | Sonneville (1) |
| FR2200347 | | Pendé² (5) | | Pendé² (5) | | | |
| FR3100492 | Roussent (4) | | | | Roussent (4) | | |
| FR2200357 | Eclusier-Vaux (12) | | Morcourt* (13) | | | | |
| FR2200359 | | | Hailles (14)<br>Moreuil²* (15) | | | | |
| FR2200354 | | Mareuil-Caubert (6) | Les Quarante (7) | Marais Duno (8)<br>Mareuil-Caubert | | | |
| FR1100355 | | | Belloy-sur-Somme* (10)<br>Tirancourt* (11) | Belloy-sur-Somme* (10)<br>Long (9)<br>Tirancourt* (11) | | La Chaussée (10) | |

Pour la plupart des sites, les premiers passages ont déjà été effectués. Les deniers seront lancés courant 2022 (plus tardivement car les travaux prévus sur ces sites seront plus tardifs). Il est d'ores et déjà prévu de retourner faire des passages 2 ans après travaux sur la plupart des sites de manière à étendre l'évaluation des actions de restauration sur des pas de temps plus importants, certaines réponses pouvant intervenir tardivement après les travaux, ces deux espèces pouvant avoir des capacités de dispersion réduites. L'analyse des données interviendra plus tardivement, une fois les 3 passages avant et après travaux réalisés sur tous les sites.

### 4.2.3 Dolomedes plantarius

*Dolomedes plantarius* est une espèce d'araignée de grande taille (corps long d'une vingtaine de mm chez les femelles) qui est strictement inféodée aux écosystèmes tourbeux alcalins. L'espèce est vulnérable (VU) à l'échelle mondiale (WCMC 1996) et les populations des Hauts-de-France sont particulièrement menacées par le changement climatique (Leroy et al. 2013). Sur le territoire du programme LIFE Anthropofens, l'espèce est connue sur 4 sites distincts : Les marais de Sacy (FR2200378), les marais de la Souche (FR2200390), le marais de Moreuil (FR2200359) et la tourbière de Marchiennes (FRFR3100507). Une observation avait également été réalisée en 2013 sur le marais de Frise (80, Somme), confirmée comme *Dolomedes plantarius* plus tardivement. Cette dernière a non seulement été confirmée cette année, mais la connaissance de la distribution de l'espèce sur le territoire des marais de Frise et d'Eclusier-Vaux a été considérablement améliorée, avec 92 observations réalisées, dans le cadre des prospections préalables à la rédaction du plan de gestion du territoire (action C9.1 du programme LIFE Anthropofens, voir également Annexe 5).

L'action d'évaluation des travaux de restauration menés dans le cadre du projet sur les populations de *Dolomedes plantarius* est délicate. En effet, il s'agit d'une espèce méconnue, avec une détection complexe et variable. Ainsi, il nous a semblé trop complexe d'envisager un suivi complet sur chacun des sites où l'espèce est présente. Dès lors, une stratégie à trois axes a été définie, de manière à développer plusieurs approches autour de l'espèce sur différents sites du projet LIFE Anthropofens :

- Axe 1 : Améliorer la connaissance sur la répartition de l'espèce à l'échelle du territoire du projet LIFE Anthropofens : Formation des partenaires et prospections ciblées de l'espèce
- Axe 2 : Evaluation de l'effet des travaux de réouverture sur la reproduction de *Dolomedes plantarius* (suivi des toiles pouponnières sur un site test : la tourbière de Marchiennes)
- Axe 3 : Expérimentation de modélisation de l'occupation spatiale de l'espèce sur un site test, de manière à modéliser l'impact des travaux de restauration hydrologique sur la probabilité d'occupation de l'espèce (cas des marais de Sacy).

#### 4.2.3.1 Axe 1

Le premier axe a pour objectif d'améliorer les connaissances sur la distribution de *Dolomedes plantarius* à l'échelle du territoire du LIFE Anthropofens. Cette espèce souffre en effet d'un déficit important de connaissance, en témoignent les nombreuses récentes « découvertes » du taxon (Lecigne 2016 ; Milano et al. 2018). De manière à essayer d'améliorer ce point, deux actions ont été entreprises : la formation des partenaires du projet à la recherche et la reconnaissance de *Dolomedes plantarius*, et l'organisation de prospections ciblées de l'espèce.

Deux formations ont ainsi été organisées, le 24 juin 2020 dans les marais de la Souche (8 participants de quatre structures différentes) et le 21 mai 2021 dans les marais de Sacy (5 participants de 2 structures différentes). Ces deux demi-journées de formation et d'échange ont par la suite été à l'origine de la réalisation de prospections ciblées (Tableau 12 : détaillées dans les annexes correspondantes aux sites évoqués).

Bien que ces prospections ciblées n'aient pas entrainé la découverte de l'espèce sur de nouveaux sites, elles permettent de dresser un état des lieux sur les secteurs prospectés. A noter que la formation dispensée en 2021 est à l'origine de l'amélioration considérable des connaissances sur la distribution de *Dolomedes plantarius* dans les marais de Frise et d'Eclusier-Vaux, puisque c'est suite à sa participation à la formation que M. Sukiasyan, stagiaire au CEN HdF, a pu observer et déterminer l'espèce sur son site d'étude. Il est donc probable que les bénéfices de ces formations soient encore plus marqués dans le futur, grâce à des observations fortuites de personnes formées à la reconnaissance de ce taxon.

A noter enfin que les prospections réalisées dans les marais de la Souche n'avaient pas pour objectif de déterminer si l'espèce est présente sur le site, ce qui est connu, mais d'améliorer les connaissances sur la répartition

du taxon sur ce site très vaste, et de localiser les zones de présence des toiles pouponnières, jusqu'ici méconnues. Ces connaissances sont un prérequis fondamental dans l'éventualité d'un suivi de la reproduction (axe 2).

**Tableau 12 : Sites concernés par une prospection ciblée de *Dolomedes plantarius***

| Site Natura 2000 | Marais |
|---|---|
| **FR3100492** | Marais de Roussent |
| | Marais de Douriez |
| **FR2200347** | Marais de Bernay |
| | Marais d'Arry |
| | Complexe des marais de Neuville/Romaine* |
| **FR2200390** | Marais de la Souche |
| **FF2200355** | Les prés à pions* |
| | Marais de la Chaussée |
| | Marais de Tirancourt |
| **FR3110083** | Marais de Villiers |

**Non concerné par des travaux LIFE, mais milieux jugés favorables à l'espèce.*

#### *4.2.3.2 Axe 2*

Ce second axe se base sur le principe que si la détection des individus de *Dolomedes plantarius* est très imparfaite, les toiles pouponnières sont bien plus évidentes à observer. Elles semblent donc être un indicateur intéressant pour établir un suivi chiffré dans le temps autour de *Dolomedes plantarius*. Ce type de suivi a d'ailleurs déjà été réalisé en Angleterre (Smith 2001). Toutefois, plusieurs difficultés sont quand même à évoquer avec ce type de suivi : plusieurs espèces d'araignées font des toiles pouponnières de la sorte, et il est impossible de déterminer les juvéniles. Dès lors, une pouponnière ne peut être attribuée à *Dolomedes plantarius* avec certitude sur le terrain que si la gardienne est présente. La mère (gardienne) consacre environ une semaine à rester auprès de ses petits une fois l'installation du cocon dans la toile pouponnière. Or, la saison de reproduction s'étale bien souvent sur plusieurs mois. Ainsi, pour avoir un comptage précis et exhaustif, il est nécessaire de procéder à un passage hebdomadaire durant 2 à 3 mois (Juin à Juillet / Aout à Septembre selon les sites). C'est ainsi qu'est réalisé le suivi sur le site de Redgrave and Lopham Fen National Nature Reserve en Angleterre (Smith 2001). Cependant la charge de travail est particulièrement importante, et difficulté supplémentaire pour la tourbière de Marchiennes, les prospections doivent être réalisées en grande partie en barque ou en canoë. Dès lors, il a été décidé de réduire l'effort de prospection à un passage tous les 10 jours, pendant un peu plus d'un mois (autour du pic de présence des toiles pouponnières), en guise de test pour 2021. Bien que non exhaustif, un tel suivi peut déjà permettre de dégager des tendances.

L'échantillonnage a été réalisé par transects de 30m de long, distribués le long des fossés linéaires émaillant la tourbière de Marchiennes, et pour la plupart parcourus en canoé. Les pouponnières sont recherchées dans une bande correspondant aux 1,5 premiers mètres de végétation (grossièrement à la partie visible depuis l'eau). Trois types de zones ont été définis : les secteurs de référence (secteurs ouverts), les secteurs témoins (boisés) et les secteurs traitements, concernés par les travaux (actuellement boisés, avec action de déboisement prévue, Figure 17).

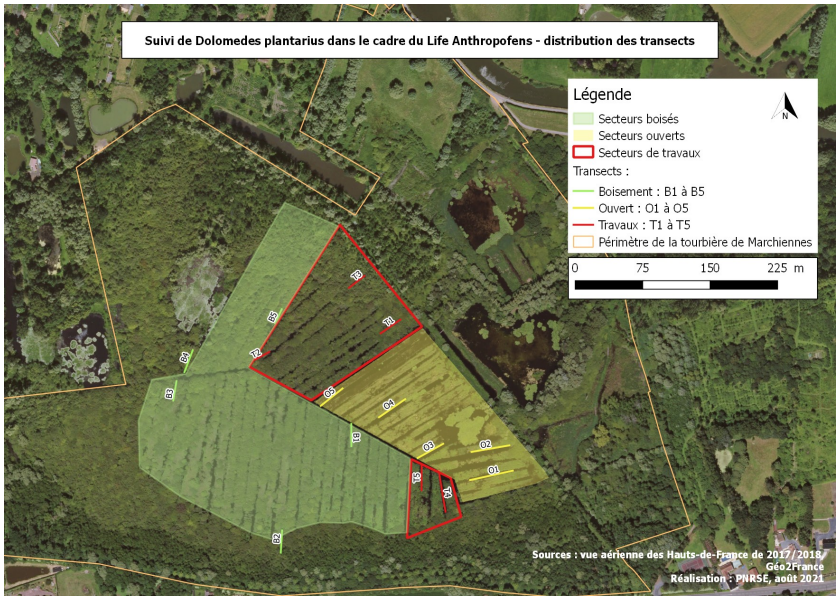


**Figure 17 :** Distribution des transects de suivi de *Dolomedes plantarius* au sein de la Tourbière de Marchiennes

Ces transects ont été parcourus à neuf reprises entre le 1er juillet et le 7 septembre. En plus du comptage des pouponnières « gardées », différentes mesures sont également réalisées (hauteur de la pouponnière, espèces végétales supports, caractérisation du transect : recouvrement arboré, principales espèces, …). L'intégralité de la méthode déployée et des résultats est disponible en Annexe 2.

En guise de brève synthèse des résultats, la répartition des pouponnières observées a été la suivante :

- Transects en milieux ouverts (soit 2% de surface boisée estimés) : 23 pouponnières comptabilisées ;
- Transects en milieux majoritairement boisés (soit 69% de couverture boisée estimés) : 6 pouponnières ;
- Transects en milieux à déboiser (zones de travaux dont le taux de boisement a été estimé à 57%) : 8 pouponnières.

Une analyse complète de ces données est prévue courant 2022, avec la rédaction d'un article en projet. Il sera ensuite intéressant de reproduire ce protocole une fois les travaux passés, pour évaluer l'impact de ces derniers sur l'abondance des toiles pouponnières.

#### *4.2.3.3 Axe 3*

Le troisième et dernier axe concernant le travail sur *Dolomedes plantarius* réalisé dans le cadre du projet LIFE Anthropofens correspond à une expérimentation de modélisation de l'occupation spatiale de l'espèce dans les marais de Sacy. Ce site est en effet concerné par d'ambitieux travaux de restauration hydrologique, en raison d'importants dysfonctionnements résultant du drainage historique. Depuis plusieurs années, l'assèchement estival des marais de Sacy est très marqué, laissant de maigres secteurs en eau permanente, condition nécessaire aux individus de *Dolomedes plantarius* pour subsister. L'hypothèse actuelle voudrait donc qu'en début de saison, l'espèce occupe de vastes secteurs en eau, où elle trouve des zones favorables. Au fur et à mesure de l'assèchement du site, les individus se concentrent dans les secteurs qui restent en eau le plus longtemps. Si cette hypothèse est confirmée, cela confirmerait les menaces importantes qui pèsent sur la préservation de l'espèce à long terme, puisque la concentration des individus sur de petits espaces entraine une plus grande compétition intraspécifique, d'autant que le cannibalisme chez cette espèce n'est pas rare. En plus de tester cette hypothèse, ce travail va permettre d'améliorer les connaissances sur la biologie de *Dolomedes plantarius*, étudiant à la fois l'importance de certains facteurs sur la détection de l'espèce, en caractérisant finement la micro-niche écologique de l'espèce selon plusieurs variables. Ces connaissances permettront ainsi de valider l'impact des travaux sur la présence de ces micro-niches favorables.

Le protocole a commencé à être mis en place en 2021 dans le cadre d'un stage, mais ce dernier n'ayant pu aller à son terme, le travail sera repris en 2022. Le travail de terrain consiste, comme pour le suivi Vertigo, en la

réalisation d'une modélisation de l'occupation spatiale de *Dolomedes plantarius*. L'échantillonnage réalisé permet d'explorer deux principales questions : le gradient d'eau, la différence de végétation (notamment liée à la gestion, en plus de l'hydrologie). Cent transects seront répartis suivant ce gradient (Tableau 13), ces transects seront parcourus 6 fois au total, par sessions de deux passages rapprochés (3 jours maximum), espacées d'un mois environ. Les deux passages rapprochés permettront ainsi d'étudier la probabilité de détection et d'occupation à une saison donnée. La comparaison entre une saison (2 passages rapprochés) permettra d'étudier la colonisation et l'extinction, et donc évaluer s'il y a un déplacement des individus dans les marais en fonction de la saison (avec l'hypothèse que ces déplacements suivent l'évolution des niveaux d'eau).

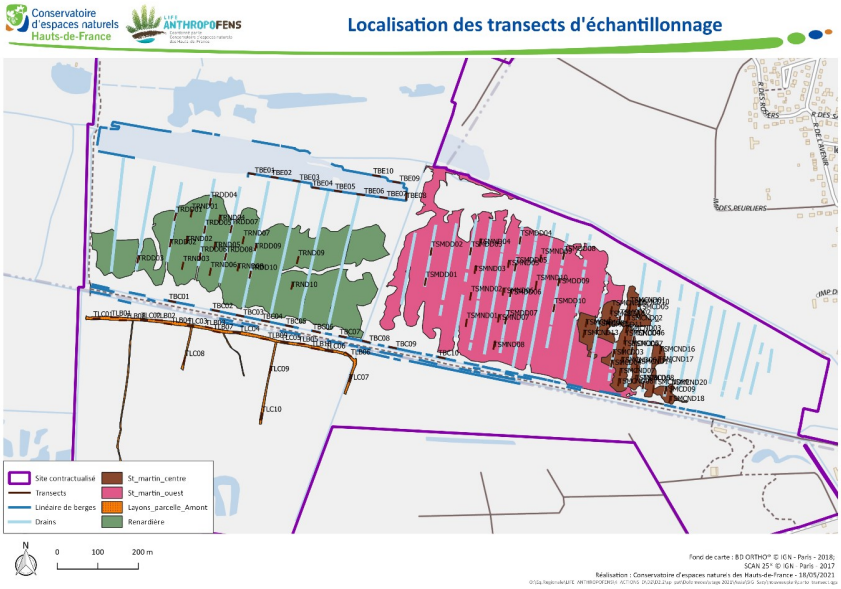


**Figure 18 :** Distribution des transects d'études de l'occupation spatiale de *D. plantarius* dans les marais de Sacy.

**Tableau 13 :** Nombre de transects par type de végétation (dans et en dehors des drains)

| **Type de végétation** | **Drains** | **Hors Drain** |
|---|---|---|
| *Samolo valerandi - Baldellion ranunculoidis* | 10 | 10 |
| *Hydrocotylo vulgaris - Schoenenion nigricantis* | 10 | 10 |
| *Cladietum marisci* pâturé | 10 | 10 |
| *Hydrocotylo vulgaris - Schoenenion nigricantis* (layon fauché – secteur de Cladiaie) | | 20 |
| Linéaires de berges | | 20 |

Ce travail bénéficie d'un accompagnement par le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) de Montpellier, dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt « Appui méthodologique et statistique à destination des gestionnaires d'espaces naturels protégés » lancé par l'OFB et le CEFE en 2020. Ce soutien permet le déploiement d'une méthode nécessitant des compétences importantes en termes d'analyses statistiques, et un rapport scientifique sera produit suite au stage prévu en 2022. Au-delà de cet appui, des échanges fréquents avec l'Université de Rennes sont aussi à noter. Enfin, le Conservatoire d'espaces naturels de Normandie a lancé en 2021 un projet multi partenarial autour de *Dolomedes plantarius* (« Huit pattes dans les marais ») incluant des actions scientifiques comme des actions de communication. Des échanges réguliers avec les partenaires de ce projet facilitent aussi le partage des connaissances acquises autour de cette espèce.

### 4.2.4 Etude des Cladiaies

Parmi les 6 habitats naturels sur lesquels le programme LIFE Anthropofens met en place des actions, l'habitat 7210 (« Marais calcaires à *Cladium mariscus* et espèces du *Caricion davallianae* ») est le seul habitat de milieux ouverts à être d'intérêt communautaire prioritaire. Les Hauts-de-France possèdent des surfaces importantes de cet habitat, avec des sites d'envergures comme les marais de Sacy (près de 350 hectares d'après le DOCOB). Cet habitat présente une certaine stabilité dans le temps, et les suivis déployés, avec une approche large d'évaluation de l'état de conservation principalement, ne permettent souvent pas d'identifier des évolutions à des pas de temps courts. Devant la structure déterminée par une seule espèce (*Cladium mariscus*) pour cet habitat, il apparait pertinent d'avoir une approche centrée sur cette espèce, structurelle, pour caractériser l'habitat, et suivre son évolution dans le temps, à la manière de ce qui est fait dans les roselières (Pôle-relais lagunes méditerranéennes 2014). C'est donc dans cette optique qu'une expérimentation de protocole a été déployé à l'été 2021 sur 4 sites, dans quatre départements différents des Hauts-de-France (marais de Sacy, Oise ; Marais de la Souche ; Aisne, Marais de Villiers, Pas de Calais ; Tourbière de Marchiennes, Nord).

L'objectif de ce protocole est de développer et d'évaluer l'intérêt d'une méthode fine de suivi, centrée sur l'espèce *Cladium mariscus*, pour voir si cette dernière permet de mettre en évidence des évolutions fines de l'habitat. En plus de l'intérêt pour la veille et la conservation de l'habitat, une telle approche de caractérisation de l'habitat pourrait permettre d'évaluer les diversités associées aux différents faciès de l'habitat (préférence d'habitat de nidification pour certaines espèces, diversité de l'arachnofaune connues pour être un des enjeux importants des cladiaies, …). Certains éléments sont déjà connus, comme pour le Busard cendré par exemple, qui préfère les secteurs à végétation plus dense et plus haute pour nicher dans une cladiaie polonaise (Wiaccek 2009). Pour les araignées, des liens entre les différences de compositions floristiques et la diversité arachnologique sont étudiés (Štokmane & Spuņgis 2016), et certains indicateurs structurels ont pu être évalué, notamment sur le site de la Grande Cariçaie en Suisse (Cattin et *al.* 2003). De telles approchent pourraient donc être déployée à terme sur le territoire des Hauts-de-France, et pourraient également être mises en lien avec des caractérisations phytosociologiques plus fine des végétations à *Cladium mariscus*.

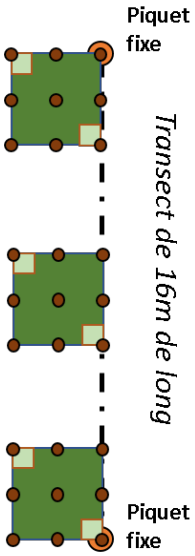


**Figure 19 : Schéma d'un transect**

Sachant que la contrainte liée au déplacement et aux manipulations dans ces milieux est très forte, une approche en placettes a été préférée et les placettes ont été rapprochées (sur des transects de 16m) pour limiter ces déplacements délicats. Chaque site échantillonné l'a été avec deux transects de 3 placettes (de 2m x 2m) chacun (Figure 19 : Schéma d'un transect

**), dont le point de départ est aléatoirement sélectionné. Les 4 cladiaies échantillonnées se situent dans : Le marais de Villiers (FR3110083), la tourbière de Marchiennes (FR3100507), les marais de la Souche (FR2200390) et les marais de Sacy (FR2200378). Pour chaque placette, le nombre de tiges fleuries est comptabilisé. En son centre et tous les mètres sur le périmètre de la placette sont mesurées la hauteur de la végétation (à l'aide d'une plaque légère au format A4) et l'épaisseur de litière (soit 9 mesures, voir Figure 19 : Schéma d'un transect**

). Dix longueurs de feuilles sont mesurées par placettes, et jusqu'à 10 hauteurs des tiges fleuries (moins s'il y en a moins que 10 dans la placette). Enfin, pour estimer la densité de tiges, deux placettes de 50cm par 50cm positionnées à 2 angles de chaque placette sont utilisées pour compter le nombre de tiges (fleurie ou non) de *Cladium mariscus* (valeur multipliée par 4 pour obtenir une densité au m²).

Les résultats (Figure 20 : Résultats par transect de 3 paramètres mesurés (a : La longueur des feuilles ; b : La densité d'individus, c : Le nombre de tiges fleuries).) mettent en évidence deux cladiaies structurellement proches : celles des marais de la Souche et des marais de Sacy, et deux autres différentes. Pour les deux premières, les cladiaies semblent anciennes, avec des longueurs de feuilles importantes (dépassant en moyenne les 225cm), peu variables, des épaisseurs de litières importantes (moyennes de 43,08 cm pour ces deux sites réunis). Ces cladiaies présentent peu voire pas de tiges fleuries, et les densités de tiges au m² sont autour des 50-

60 tiges au m², ce qui correspond à ce qui est connu dans la littérature, notamment pour des cladiaies correctement engorgées (Namura-Ochalska 2005; Buczek 2005).

Concernant les autres sites, pour Marchiennes, il ressort une très forte variabilité, à la fois entre placettes (notamment pour le premier transect), mais également au sein même des placettes. Cela s'observe nettement sur le terrain avec de nombreuses lacunes dans la végétation, et des trous d'eau. La densité de tige y est donc plus faible que sur les autres sites. En revanche, la marisque s'y reproduit, comme pour le marais de Villiers. Sur ce dernier, la longueur des feuilles, la hauteur de végétation et l'épaisseur de litière sont moindres que pour les autres sites, traduisant une cladiaie plus jeune. C'est d'autant plus vrai pour le transect 1, qui est dans une zone où la végétation a récemment été broyée. Les densités d'individus, supérieures pour ce même transect, correspondent à ce qui est connu des communautés végétales appelée « *Cladietum marisci* moss-grown » (Buczek 2005).

Avec l'évaluation de l'état de conservation, toutes ces cladiaies obtiennent des notes entre 90 et 95 sur 100 (hormis un transect à 80 à Marchiennes), soit un état de conservation optimal. Or des différences importantes en termes de structures de végétation ressortent des mesures. Ces différences peuvent tout à fait être à l'origine de rôles fonctionnels différents pour ces milieux. Par exemple, si l'épaisseur de litière est connue pour être corrélée à la diversité en araignée (Cattin et *al.* 2003), la richesse spécifique floristique est aussi corrélé à la diversité en araignée (Štokmane & Spuņgis 2016). Or sur les 4 sites étudiées, plus l'épaisseur de litière est importante, plus la richesse floristique est faible (de 3,8 espèces par placette en moyenne dans les marais de la Souche, à 10,3 espèces pour Villiers). Ces mesures permettent donc de questionner la gestion des sites à long terme, et pourront notamment apporter des données sur les vitesses d'évolution de ces milieux.

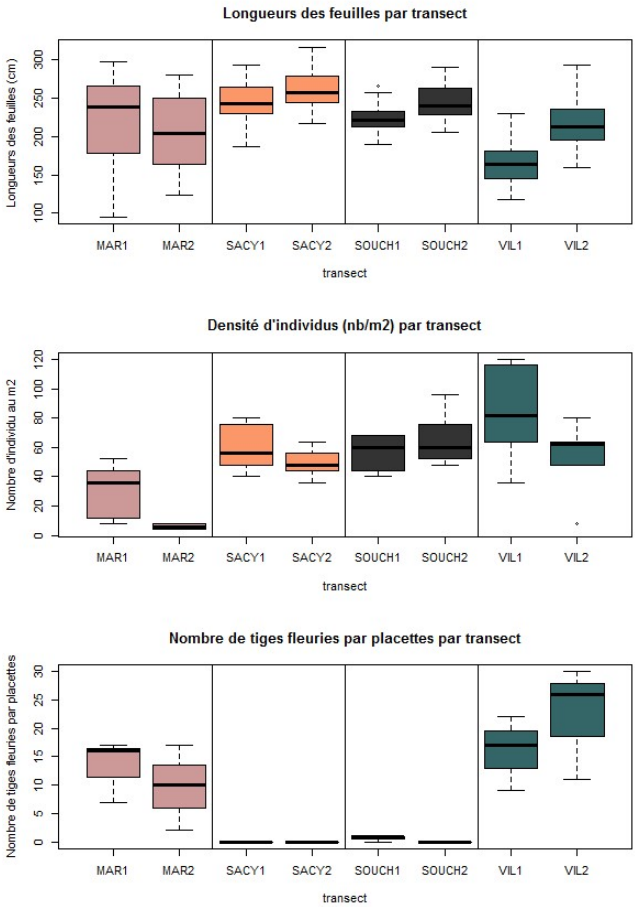


**Figure 20 : Résultats par transect de 3 paramètres mesurés (a : La longueur des feuilles ; b : La densité d'individus, c : Le nombre de tiges fleuries).**

## 5. Conclusion et Perspectives

Ce rapport permet de présenter une vision d'ensemble des différents dispositifs de suivi et d'évaluation des travaux déployés dans le cadre du projet LIFE Anthropofens. Deux types de dispositifs se distinguent : d'un côté, une approche large à l'échelle du projet, qui par un échantillonnage de sites, vise à apporter une évaluation du projet dans son ensemble. De l'autre côté, une approche site à site, permettant d'évaluer l'impact de travaux entrepris sur un site. Plusieurs dispositifs permettent d'intégrer les deux approches, comme le suivi des Indicateurs floristiques, ou celui de *Vertigo moulinsiana*, apportant à la fois des réponses à l'échelle d'une action ou d'un site, mais permettant également une méta-analyse à l'échelle du projet. Ces deux approches permettront une analyse plus fine des résultats du projet, et une valorisation facilitée dans les différents documents de communication prévu à cet effet (notamment la rédaction de divers guides : action E5 du projet).

L'ensemble des données récoltées devrait permettre d'alimenter aussi l'analyse et l'interprétation des données qui seront produites dans le cadre des autres actions du projet LIFE Anthropofens. Ainsi, les suivis d'évaluation de l'état de conservation des habitats (Action D1, pilotée par le CBN Bl), ou encore les suivis du pâturage (action D3, pilotée par le CEN HdF) bénéficieront des données produites dans le cadre des dispositifs ici présentés, et pourront être complétés ou comparés à ces derniers.

L'ambition d'évaluer pleinement les impacts des actions de restauration entreprises dans le cadre du LIFE Anthropofens ne peut être atteinte dans le seul temps imparti au projet (2019-2025). C'est pourquoi une attention toute particulière a été apportée à l'anticipation de l'intégration de ces suivis aux activités classiques du Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France et des partenaires du projet, de manière à en pérenniser une grande partie. De la même façon, un nombre important d'indicateurs utilisés à une échelle régionale ou même nationale a été repris, de manière à alimenter les bases de données produites à grande échelles (c'est particulièrement le cas pour les indicateurs des boites à outils BIMH-BAP et MHEO).

Il reste maintenant à déployer l'intégralité des travaux pour assurer les états finaux lors des années 2024 et 2025, et permettre une analyse et une interprétation en fin de projet.

## 6. BIBLIOGRAPHIE


Abot, N. 2020. *Mise en place du suivi éco-hydrologique sur des tourbières basses alcalines dans le cadre du projet LIFE Anthropofens*. Rapport de stage de fin d'étude.

Adam, D., Bruneau, M., Chevallier, G. (coord.). 2019. *L'Espace naturel sensible des Etangs de la Chaussée-barrage à Eclusier-Vaux (Somme) – Plan de gestion 2018-2027*. Conservatoire d'espaces naturels de Picardie : 144 p. + Annexes.

Bilz, M. 2011. *Liparis loeselii*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2011: e.T161960A5519865. Downloaded on 20 August 2021.

Buczek, A. 2005. « Siedliskowe uwarunkowania, ekologia, zasoby I ochrona kloci wiechowatej Cladium mariscus (L.) Pohl. W makroregionie Lubelskim ». *Acta Agrophysica* 129 (9): 5-126.

Cattin M.F., Blandenier G., Banasˇek-Richter C, Bersier L.F. 2003. The impact of mowing as a management strategy for wet meadows on spider (Araneae) communities. *Biological Conservation* 113: 179–188

Caron, N. & Gaudin, G. 2019. « Redécouverte du Liparis de Loesel (Liparis loeselii (L.) Rich., 1817) dans l'Aisne ». *Bull. Société linnéenne Nord-Picardie* 37 : 3-4.

Castella, E. & Speight, M. C. D. 1996. Knowledge representation using fuzzy coded variables: an example based on the use of Syrphidae (Insecta, Diptera) in the assessment of riverine wetlands. *Ecological Modelling*, Fuzzy Logic in Ecological Modelling 85 (1) : 13-25

Chao, A., Ma, K. H., Hsieh, T. C. and Chiu, C. H. 2015. *Online Program SpadeR (Species-richness Prediction And Diversity Estimation in R)*. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/

Cholet, J, & Jameau, L. 2010. Connaître l'hydrologie d'un site. In *Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réfléxion & de gestion*, Pôle-relais Tourbières, 52-73. Besançon.

Collectif RhoMéO. 2014. *La boîte à outils de suivi des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée*. www.rhomeo-bao.fr. Conservatoire d'espaces naturels de Savoie. 147 pages + annexes

Ellenberg, H., Weber, H.-E., Dull, R., Wirth, H., Werner, W., Paulissen, D. 1992. Zeigerwerte von pflanzen in mitteleuropa, 3rd ed, Scripta Geobotanica.

Gadoum, S. & Roux-Fouillet, J.-M. 2016. *Plan national d'actions « France terre de pollinisateurs » pour la préservation des abeilles et insectes pollinisateurs sauvages*. OPIE, MEDDE. 137 p.

Gahon, E. 2016. *Projet de restauration d'une tourbière en Chautagne. Etat des lieux sur la parcelle D705. Rapport de stage*. Conservatoire d'Espaces naturels Savoie. 57p.

Gauthier, P. & Thompson, J. 2013. C'est possible : suivre une population sans pouvoir identifier les individus. *Espaces naturels* 41 : p.27

Haugel, J-C. & Toussaint, B. 2019. *Liste rouge des espèces menacées en Hauts-de-France : Flore vasculaire et bryophytes.* CBNBailleul.

Kooijman, A. M., Cusell, C., Hedenäs, L., Lamers, L. P. M., Mettrop, I. S., & Neijmeijer, T. 2020. Re-Assessment of Phosphorus Availability in Fens with Varying Contents of Iron and Calcium. *Plant and Soil* 447 (1-2): 219-39. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04241-4.

Lamers, L. P. M., Vile, M.A., Grootjans, Ab P., Acreman, Mike C., Van Diggelen, R., Evans, M.G., Richardson, C.J. et al. 2015. Ecological Restoration of Rich Fens in Europe and North America: From Trial and Error to an Evidence-Based Approach. *Biological Reviews* 90 (1): 182-203.

Lecigne, S. 2016. Redécouverte de *Dolomedes plantarius* (Clerck, 1758) (Araneae, Pisauridae) en région Nord - Pas-de-Calais (France), actualisation de sa distribution en France et aperçu de la situation en Europe. *Revue arachnologique*, série 2 (3) : 28-41.

Lecigne, S., 2021. Liste préliminaire des araignées (Araneae) du marais de Villiers (Saint-Josse, Pas-de-Calais), *Larinia jeskovi* Marusik, 1987 nouvelle pour la faune de France (Araneidae) et redécouverte de *Satilatlas britteni* (Jackson, 1913) dans les Hauts-de-France (Linyphiidae). *Revue arachnologique*, série 2, n°8

Leroy, B., Paschetta, M., Canard, A., Bakkenes, M., Isaia, M., & Ysnel, F. 2013. First Assessment of Effects of Global Change on Threatened Spiders: Potential Impacts on *Dolomedes Plantarius* (Clerck) and Its Conservation Plans. *Biological Conservation* 161 (mai): 155-63. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.03.022.

Libert, P.-N., Lemoine, G. & Vago, J.-L. 2021. Contribution à l'étude des Ichneumonidae des départements du Nord (59) et du Pas-de-Calais (62) (Hymenoptera : Acaenitinae, Brachycyrtinae, Diacritinae, Lycorininae, Pimplinae, Poemeniinae, Rhyssinae, Xoridinae) et découverte de trois espèces nouvelles pour la France. *Bull. Soc. Ent. N. Frc.*, 379 : 1-36

Mackenzie, D.L., Nichols, J.D., Royle, J.A., Pollock, K.H., Bailey, L.L. & Hines, J.E. 2006. *Occupancy estimation and modelling - Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Burlington, Academic Press. xviii + 323 p.

Malaise, R. 1937. A new insect-trap. *Entomologisk Tidskrift* 58 : 148—60

Milano, F., Pantini, P., Cavalcante, R. et Isaia, M.. 2018. Notes on the Italian Distribution of *Dolomedes Plantarius* (Clerck, 1757), Species Assessed for the IUCN Red List (Araneae: Pisauridae). *Fragmenta Entomologica*, juin : 69-74.

Namura-Ochalska, A. 2005. Contribution to the Characteristic of Cladium Mariscus (L.) Pohl Population in the Initial Zone of Floating Mat on an Oligo-Humotrophic Lake in North-Eastern Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 74 (2): 7.

Pôle-relais lagunes méditerranéennes. 2014. *Méthodes et outils de diagnostic des roselières méditerranéennes françaises en faveur de l'avifaune paludicole. Recueil d'expériences*.

Quindroit, C. & Lemoine, G. 2020. Résultats de captures de Résultats de captures de Tipulomorpha (Diptera, Nematocera) effectuées lors de deux campagnes de piégeage à l'aide de tentes Malaise dans les marais de Saint-Josse-sur-Mer (2017) et de Roussent (2020), et découverte d'espèces nouvelles pour le Pas-de-Calais et pour le territoire français. *L'entomologiste picard* 33: 22-29.

Schaffers, A., Sykora, K., 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparaison with field measurements. *J. Veg. Sci*. 225–244.

Smith, H. 2001. *Fen Raft Spider Recovery Project: A decade of monitoring*. English Nature Research Reports n°358. 41p.

Speight, M. C. D., Castella, E. & Sarthou, J.-P. 2016. StN 2016. In: Syrph the Net on CD, Issue 11. Speight M. C. D., Castella E., Sarthou J.-P. & Vanappelghem, C. (Eds.) Syrph the Net Publications, Dublin.

Speight, M. C. D. 2017a. *The Syrph the Net database of European Syrphidae (Diptera), past, present and future*. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera), Vol. 96, 19 pp, Syrph the Net publications, Dublin.

Speight, M. C. D., Sarthou, J.-P., Vanappelghem, C. & Sarthou, V. 2018. *Maps of the departmental distribution of syrphid species in Frances/Cartes de distribution départementale des syrphes de France (Diptera : Syrphidae)*. Syrph the Net, the database of European syrphidae (Diptera), Vol. 100, 80pp, Syrph the Net publications, Dublin.

Speight, M.C.D. 2020. Species accounts of European Syrphidae, 2020. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera), vol. 104, 314 pp., Syrph the Net publications, Dublin.

Speight, M.C.D., Castella, E. & Sarthou V. 2020. Base de Données StN: Contenu et Glossaire des termes 2020. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera), Vol. 109, 110 pp, Syrph the Net publications, Dublin.

Ssymank, A., Kearns, C. A., Pape, T., & Thompson, F. C. 2008. Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity* 9(1&2), 86–89.

Štokmane, M. & Spuņģis, V. 2016. The influence of vegetation structure on spider species richness, diversity and community organization in the Apšuciems calcareous fen, Latvia. *Animal Biodiversity and Conservation* 39.2: 221–236.

Wiaccek J. 2009. Nest site selection of Montagu's Harrier Circus pygargus breeding in natural habitats in eastern Poland. *Ardea* 97(1): 117–119.

WCMC. World Conservation Monitoring Centre. 1996. *Dolomedes plantarius*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 1996: e.T6790A12806270. Downloaded on 20 August 2021.

**Le LIFE Anthropofens est mis en œuvre par :**

Conservatoire d'espaces naturels Hauts-de-France

Conservatoire du littoral

Parc naturel régional Scarpe - Escaut

Conservatoire Botanique National BAILLEUL

SMOA Syndicat Mixte Oise-Aronde

Conservatoires d'espaces naturels

Syndicat Mixte Baie de Somme Grand Littoral Picard

natagora

oise LE DÉPARTEMENT

**Avec la participation financière de :**

Life

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité

AGENCE DE L'EAU ARTOIS-PICARDIE

OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité

eau Seine Normandie Agence de l'eau ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

THE Coca-Cola FOUNDATION

oise LE DÉPARTEMENT

**Avec le soutien de :**

somme LE CONSEIL DÉPARTEMENTAL

Région Hauts-de-France

Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION HAUTS-DE-FRANCE

DREAL Hauts-de-France

ameva

L'AISNE CONSEIL DÉPARTEMENTAL