

## ETUDES DU FONCTIONNEMENT ECO-HYDROLOGIQUE DE 8 TOURBIERES DES HAUTS-DE-FRANCE ET DE WALLONIE

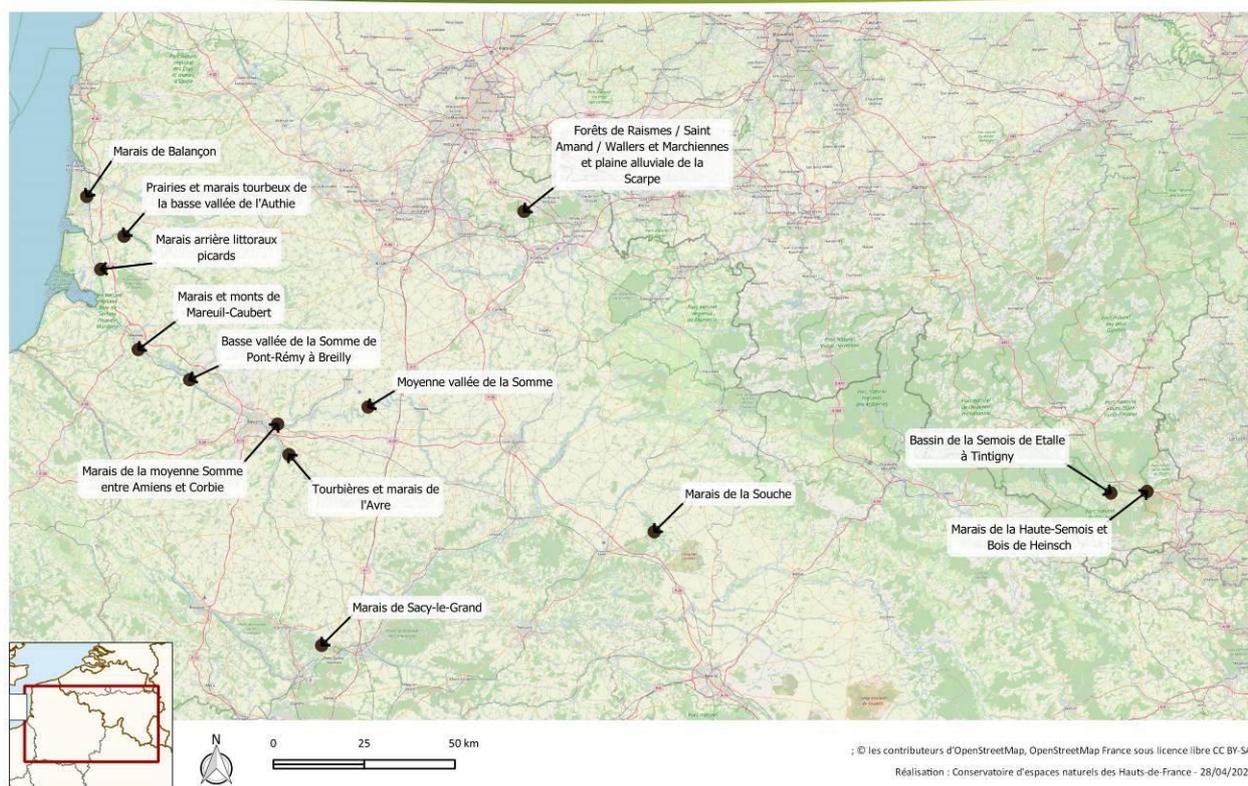
Dans le cadre du LIFE Anthropofens, le Conservatoire d'espaces naturels des Hauts-de-France, le Parc naturel régional Scarpe-Escaut et Natagora font réaliser des études éco-hydrologiques sur 8 sites. Ces études comprennent trois objectifs principaux définies dans les trois volets suivants :

- Réalisation d'une étude éco-hydrologiques ;
- Mise en œuvre de suivi d'évaluation des opérations de restauration éco-hydrologique ;
- Mise en œuvre des suivis des émission de gaz à effets de serre.

Les sites étudiés par l'**Université d'Anvers** sont :

- Le **marais de Heinsch** (BE) au sein du site Natura 2000 « BE34057 - Marais de la Haute-Semois et Bois de Heinsch) ;
- Le **marais de communal Morcourt** (FR-80) au sein du site Natura 2000 « FR2200357 - Moyenne vallée de la Somme » ;
- Le **marais de Génonville** à Moreuil (FR-80) au sein du site Natura 2000 « FR2200359 - Tourbières et marais de l'Avre » ;
- Le **marais de Belloy-sur-Somme** (FR-80) au sein du site Natura 2000 « FR2200355 - Basse vallée de la Somme de Pont-Rémy à Breilly » ;
- Les **marais de Sacy** (FR-60) au sein du site Natura 2000 « FR2200378 - Marais de Sacy-le-Grand » ;
- Le **marais de Villiers** (FR-62), au sein du site Natura 2000 « FR3110083 – Marais de Balançon » ;
- Les **marais de Douriez et de Roussent** (FR-62) au sein du site Natura 2000 « FR3100492 – Prairies et marais tourbeux de la vallée de l'Authie ».

Le bureau d'étude **Ecoltelm** étudie la **tourbière de Vred** et la **tourbière de Marchiennes** (59) au sein du site Natura 2000 « FR3100507 – Forêts de Raisme / Saint Amand / Wallers et Marchiennes et Plaine Alluviale de la Scarpe ».



Carte 1 : sites concernés par le LIFE Antropofens

Les études éco-hydrologique se déroulent de 2021 à 2023, l'évaluation des opérations de restauration et le suivis des émission de GES seront réalisés avant travaux (2021-2022) et après travaux (2024-2025).

## 1. VOLET « ETUDE ECO-HYDROLOGIQUE »

La réussite des restaurations écologiques du LIFE Antropofens repose sur une bonne connaissance du fonctionnement éco-hydrologique des sites. Les tourbières alcalines sont en effet des systèmes complexes sur le plan hydrologique et biogéochimique : elles sont dépendantes d'une certaine qualité et quantité d'eau et interagissent avec les milieux connexes via des flux d'eau et de matière.

Ce volet a pour objectifs de :

- Définir des modèles conceptuels de fonctionnement des tourbières alcalines en vue d'une diffusion auprès des partenaires et acteurs des tourbières (gestionnaires d'espaces naturels, élus, etc.) ;
- Préciser les modes opératoires des travaux prévus dans le cadre du LIFE Antropofens sur les sites concernés par l'étude tout en ayant connaissance des impacts induits en amont et en aval des sites ;
- Apporter des détails techniques relatifs aux travaux du projet LIFE ANTHROPOFENS pour chacun des sites concernés par les études.

Il est composé d'analyses des sols, du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique et de la végétation.

L'étude éco-hydrologique est déclinée à deux niveaux : un niveau paysager et un niveau local.

Le niveau paysager correspond à la zone de dépendance fonctionnelle (sous bassin versant) de chaque tourbière ciblée. Cette zone peut dans certains cas inclure au sein d'un même périmètre Natura 2000 un ou

des secteurs analogues au site étudié comme point de comparaison lorsque cela permet une meilleure compréhension du fonctionnement. L'analyse au niveau paysager se concentrera sur

1. La délimitation du bassin versant ;
2. L'identification des zones d'infiltration et de résurgence ;
3. L'évaluation de la variation des zones d'impacts des drainages ;

Le niveau local correspond aux zones d'intervention du LIFE et englobe l'ensemble des milieux du complexe tourbeux présent sur chacune des tourbières concernées. L'analyse au niveau local portera sur :

1. L'alimentations par les nappes souterraines (quantité et caractéristiques chimiques) ;
2. La stratification de la tourbe et sa biogéochimie ;
3. La végétation en place.

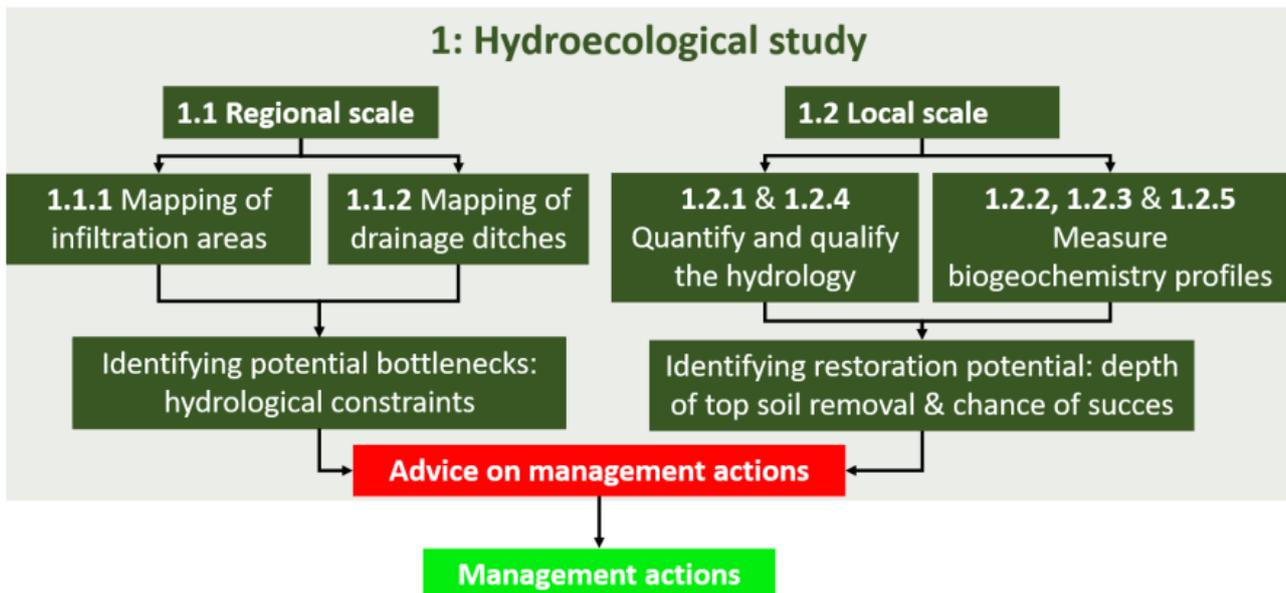


Figure 1 : approche proposée par l'Université d'Anvers pour l'étude écohydrologique du LIFE Anthropofens (source : Université d'Anvers, 2020.- Quotation and research proposal LIFE+ "Anthropofens" Eco-hydrological analysis and field experiments).

## 1.1 Analyse au niveau paysager

### 1.1.1 Cartographie de la topographie et délimitation des zones de résurgence

Cette étape consiste en l'analyse de données topographiques (LIDAR, MNT, etc.) sous logiciel SIG. La zone d'étude peut éventuellement intégrer des zones en dehors de la tourbière afin d'intégrer les potentielles zones de recharge des nappes souterraines qui alimentent la tourbière.

La seconde partie de cette étape concerne la cartographie des schémas d'infiltration à différentes échelles spatiales avec la méthode PROWATER. Elle permet d'identifier les relations infiltration-résurgence à différentes échelles. En combinant l'analyses des petites et grandes échelles, il est possible de différencier les zones humides temporaires des permanentes, et éventuellement d'estimer les périodes hydromorphes des zones humides. Cette analyse permet d'identifier les zones où la résilience des milieux humides est la plus forte.

### 1.1.2 Cartographie du réseau hydrographique

La cartographie des cours d'eau, fossés, drains, digue et tout élément hydro, est réalisée à partir de l'analyse des données topographiques (LIDAR, MNT, etc.) et des anciennes cartes (Cassini, état-major, etc.), ainsi que des visites de sites. Les sens d'écoulement et les débits sont également cartographiés.

Ces descriptions seront à faire à partir de données exploitables dans un SIG mais sont complétées au cas par cas par des vérifications de terrain (fossés de drainages non référencés dans les données spatiales de référence).

## **1.2 Analyse au niveau local**

Au niveau local, les analyses seront principalement réalisées le long d'un transect perpendiculaire à la principale voie de décharge depuis le pied du versant jusqu'à la berge de la voie de décharge (10 placettes par transect).

### **1.2.1 Fonctionnement hydrologique et hydrogéologique**

Des piézomètres sont installés afin d'enregistrer et d'analyser les fluctuations des niveaux d'eau dans la tourbe. Un couple de piézomètres est installé : un en surface (1 m de profondeur) pour évaluer la variation des niveaux d'eau dans la tourbe de surface et un en profondeur (jusqu'à la couche minérale, ici de craie) pour enregistrer la variation de la nappe souterraine. La différence entre les deux niveaux permet potentiellement d'identifier le sens d'écoulement des eaux souterraines et d'évaluer le bilan hydrique sur plusieurs années.

Les piézomètres profonds et de surface, ainsi que les échelles limnométriques suivis par les gestionnaires des différents sites à l'aide de leurs propres outils de mesure sont également intégrées au plan d'échantillonnage et aux analyses (données fournies par le CEN HdF).

En complément, des analyses hydrochimiques sont réalisées dans la nappe plus profonde (à partir des piézomètres existants) le long du transect. Ces mesures sont faites *in situ* et en laboratoire et portent sur la conductivité électrique, le pH, l'alcalinité, les concentrations en Ca, Mg, Fe, Mn, K, Al, S, P, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et Cl<sup>-</sup>.

Sur le plan quantitatif, il s'agit de définir les variations saisonnières des eaux et les profondeurs correspondantes. Sur le plan qualitatif, les paramètres mesurés permettent de fournir un « instantané » des processus les plus importants vis-à-vis du programme de restauration : eutrophisation, pollution et indirectement potentialité d'accueil pour les espèces des habitats de l'annexe I de la Directive Habitat-Faune-Flore.

### **1.2.2 Sols**

Sur chaque placette, des sondages au carottier russe sont réalisés pour décrire la stratigraphie de la tourbière. Chaque profil décrit l'épaisseur, le type de tourbe (herbacée, à bryophytes, etc.) et son niveau de décomposition (indice de Von Post), son pH (à trois profondeurs différentes : 0-10 cm, 10-20 cm, and 20-30 cm) et la présence de carbonates. Les sondages sont géolocalisés et associés à des données altimétriques de précision centimétrique.

Des prélèvements permettant des mesures *ex situ* (laboratoire) des éléments chimiques en solution dans l'eau du sol sont réalisés (prélèvement à l'aide de bougies poreuses) dans les 10-20 premiers 6 centimètres du sol : Ca, Mg, Fe, Mn, K, Al, S, P, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et Cl<sup>-</sup> (paramètres identiques aux analyses des eaux de la nappe – voir ci-après).

Le stock de Phosphore (P) assimilable dans le sol, facteur-clé visé par les travaux de décapage pour restaurer les tourbes dégradées, est évalué pour ajuster les travaux (ajustement des profondeurs de décapage). La réserve de P est estimée de manière empirique, en utilisant des mesures de P et de densité apparente (= masse volumique apparente sèche) de la tourbe à différentes profondeurs (entre 0 et - 40 cm).

Des profils stratigraphiques de l'édifice tourbeux sous forme de schémas accompagnés de description et d'interprétation écologiques (origine végétale, trophie), hydrologiques (conductivité hydraulique,

perméabilité) et pédologiques (minéralisation des matières organiques, activité turfigène) seront produits. Ces descriptions permettront d'évaluer à l'échelle du site les processus dominants.

Lors des dernières étapes de l'étude, l'Université d'Anvers et Ecotelm proposeront différents scénarios de restauration écologique tenant compte du niveau trophique des tourbes, en particulier : gestion par pâturage, par décapage (profondeurs optimales) et réhumectation des tourbes, etc.

### 1.2.3 Végétation présente

Cette analyse porte sur la végétation présente sur les placettes échantillons (10m par 10m) : composition floristique (présence et abondance), mesure de hauteur, du recouvrement herbacé/bryophytique, et mesure de rayonnement PAR (Rayonnement Photosynthétiquement Actif). En complément, sur 2 placettes de 0,4m par 0,4m, des échantillons sont récoltés pour analyser le taux de matière sèche et les teneurs foliaires des plantes en nutriment (N, P et K).

Des cartes de végétations fournies par le CEN HdF sont utilisées pour spatialiser les relations entre les paramètres abiotiques et les communautés végétales bioindicatrices des fonctionnalités des marais tourbeux.

Les résultats doivent permettre d'identifier les nutriments limitants (basés sur les ratios N/P, P/K et P/N obtenus à l'aide des mesures des tissus foliaires) et d'identifier les problématiques de compétition interspécifique contrôlée par la productivité primaire, les dynamiques trophiques et successionales des tourbières étudiées. Ces informations seront commentées et interprétées au regard des potentialités de restauration des communautés d'espèces typiques des habitats visés par le projet (bas-marais alcalins notamment).

## 2. VOLET « EVALUATION DES RESTAURATIONS ECO-HYDROLOGIQUES »

Un suivi expérimental sera également mis en place sur les sites visés par des opérations lourdes de décapage pour évaluer les effets du retrait des tourbes minéralisées et/ou de la réhumectation des tourbes sur la régénération des habitats de tourbière tout en tenant compte de la qualité des eaux d'alimentation.

Des ajustements seront éventuellement proposés en cohérence avec les résultats des études éco-hydrologiques.

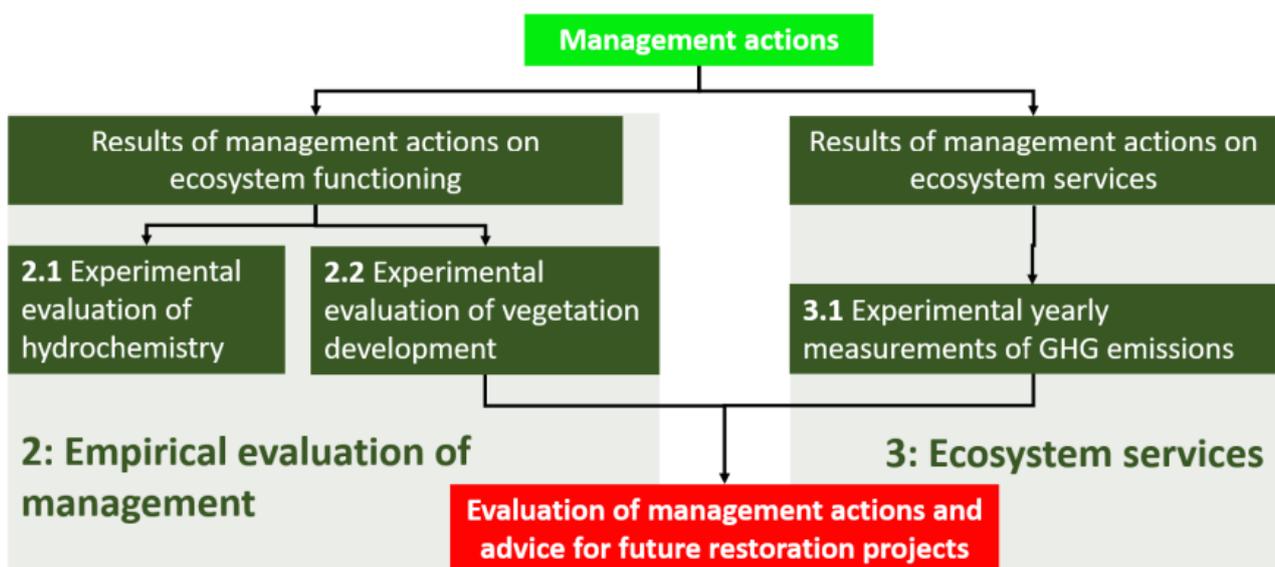


Figure 2 : approche proposée par l'Université d'Anvers pour l'évaluation de la gestion et des services écosystémiques sur les sites d'études du LIFE Anthropofens (source : Université d'Anvers, 2020.- *Quotation and research proposal LIFE+ "Anthropofens" Eco-hydrological analysis and field experiments*).

Un protocole est établi et répliqué à l'identique sur chaque site. Ce protocole inclue des quadrats permanents (10m par 10m) :

- des zones impactées (traitements) ;
- des zones témoins (contrôle).

Sur chaque unité de suivi, les mesures suivantes seront faites :

- **Evaluation des impacts des restaurations sur les facteurs biotiques : suivi des communautés végétales** : structure de la végétation (hauteur, recouvrement bryophytique et herbacé) et composition (présence et abondance des espèces) dans des placettes de relevés ;
- **Evaluation des impacts des restaurations sur les facteurs abiotiques** : Suivi des paramètres abiotiques des eaux de surface : mesures *in situ* de la conductivité électrique, du pH et de l'alcalinité. Prélèvements puis mesures *ex situ* (laboratoire) des éléments chimiques en solution dans l'eau du sol à l'aide de bougies poreuses dans les 10-20 premiers centimètres du sol : Ca, Mg, Fe, Mn, K, Al, S, P, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et Cl<sup>-</sup>, en cohérence avec les analyses prévues dans le volet « étude éco-hydrologique ».

Les mesures sont réalisées un an avant la mise en œuvre des travaux (2021-2022) et reconduite après les travaux (deux ans après, 2024-2025).

À partir des résultats obtenus en première année de suivi, l'Université d'Anvers et Ecotelm décriront et commenteront les processus écologiques dominants dans les habitats de l'annexe I afin d'identifier les dysfonctionnements et les écarts par rapports aux objectifs de restauration écologique (discuté avec le maitre d'ouvrage). L'analyse permettra de formuler des hypothèses sur les modalités de régénération des habitats sur les placettes et plus globalement, de mieux identifier les trajectoires de restauration. À partir des résultats obtenus en dernière année de suivi, les évolutions seront commentées et le niveau d'atteinte des objectifs de restauration seront commentés. L'analyse permettra d'évaluer l'efficacité des travaux de gestion et d'envisager leur poursuite et les éventuelles adaptations à apporter. L'étude fera l'objet d'un rapport écrit détaillant notamment le protocole afin qu'il puisse être reproduit après l'étude dans le cadre d'un suivi à long terme.

### 3. VOLET « ETUDE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFETS DE SERRE »

Les tourbières constituent d'importants stocks de carbone. Lorsque la tourbe se dégrade (principalement à cause de la minéralisation liée à l'assèchement), les tourbières relargue une partie du carbone sous forme de dioxyde de carbone ou de méthane. Les mesures de gestion en faveur de la préservation de la biodiversité des tourbières sont également favorables au maintien de ces stocks de carbones.

Des sites de référence du LIFE Anthropofens ont été définis pour la mise en œuvre de suivis expérimentaux visant à quantifier localement les effets des restaurations sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) liés aux cycles du carbone : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et méthane (CH<sub>4</sub>). En effet, les mesures visant à augmenter la saturation en eau de la tourbe ont des effets sur le budget Carbone des tourbières. Ces expérimentations ont à la fois un but scientifique, en apportant une connaissance basée sur les contextes spécifiques du projet, mais aussi un but pédagogique, car elles constitueront un support pour étayer les messages qui seront disséminés dans le cadre des actions de sensibilisation aux services écosystémiques.

Un protocole établi et répliqué à l'identique sur chaque site inclue :

- Des zones impactées (traitements) ;
- Des zones témoins (contrôle) ;
- Des zones de référence (habitats de l'annexe I en bon état de conservation).

Sur chaque unité de suivi, des mesures quantitatives des GES (CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>) sont effectuées. Le nombre de mesures et leur répartition dans le temps et l'espace sont dimensionnés pour une estimation élémentaire (= simplifiée) des émissions de GES. En aucun cas il ne s'agit d'établir un bilan complet et approfondi (ei avec prise en compte de la variabilité spatiale et temporelle des flux) des entrées et sorties de GES. Les mesures portent sur les émissions de GES produites par le sol et par les plantes et sont faites à l'aide de méthodologie faisant appel à des procédés d'aspiration en chambre fermée. Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire à l'aide de technique de chromatographie en phase gazeuse.

Les mesures sont faites annuellement à partir de l'année précédant les travaux (2021) et jusque 2024 afin d'obtenir des séries de données temporelles. L'Université d'Anvers coordonne les suivis des dispositifs pendant au moins 3 années et une partie des suivis est assurée par les équipes sites des gestionnaires (prélèvement d'échantillons).

A partir des résultats obtenus en première année de suivi, le prestataire décrira et commentera les émissions de GES déduits à partir des mesures. Il est attendu que les analyses et l'expertise du prestataire permettent :

- De confirmer l'intérêt des travaux d'exportation des tourbes minéralisées (décapage) et/ou de réhumectation de ces tourbes au regard de leur rôle de source de GES ;
- De comparer les émissions entre différents habitats et entre les différents traitements (état initial pré- opérationnel) ;
- D'identifier les habitats au plus fort potentiel de séquestration de GES compte tenu du rôle spécifique de la végétation dans l'oxydation des GES (rhizosphère des plantes) ;
- De comparer les valeurs obtenues avec les valeurs de références disponibles dans la littérature afin d'adapter si besoin les valeurs de référence au contexte local du projet.

L'analyse permettra d'évaluer l'impact des travaux sur les fonctions biogéochimiques des tourbières. Elle fournira des bases pour évaluer le niveau de service écosystémique rendu (service de régulation climatique - cadre MAES).

Le LIFE Anthropofens est mis en œuvre par :



Avec la participation financière de :



Avec le soutien de :



DREAL  
Hauts-de-France