



**RÉSEAU SUR  
LA RESTAURATION  
DES ZONES  
HUMIDES** DE BRETAGNE



## PROJET ETREZH

ÉVALUATION DE L'EFFET DE TRAVAUX DE  
RESTAURATION SUR LES FONCTIONS DES ZONES  
HUMIDES DE BRETAGNE

---

2019-2022

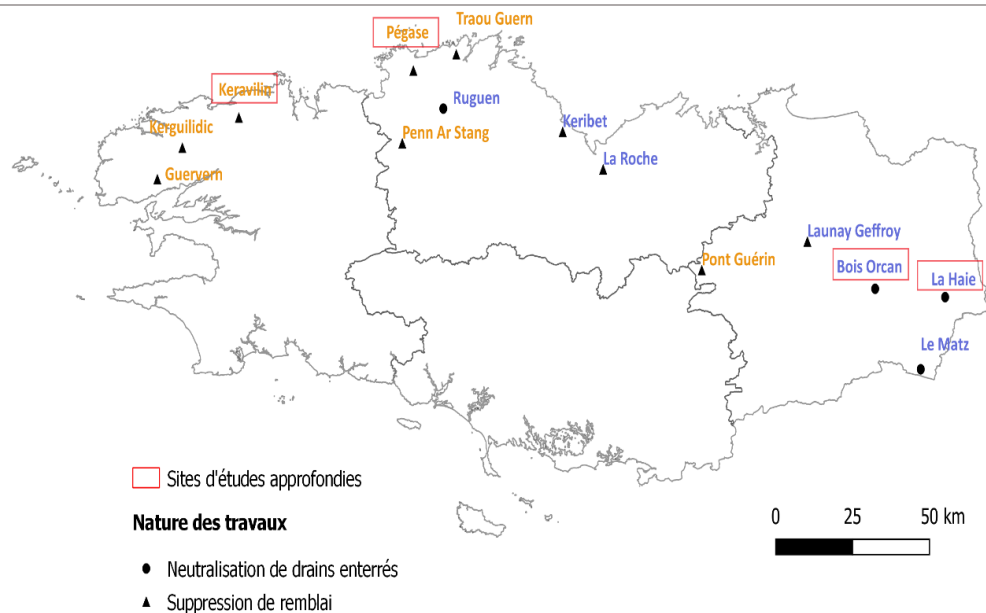
Éléments à retenir

## LE PROJET ETREZH

Le projet ETREZH, initié et coordonné par le Forum des Marais Atlantiques dans le cadre du Réseau sur la restauration des zones humides de Bretagne, avait comme objectif à la fois de vérifier le rétablissement des différentes fonctions des zones humides suite aux travaux de restauration, et d'établir si elles se rétablissent de façon concomitante et selon les mêmes facteurs déterminants. L'évaluation a été basée sur des indicateurs de disciplines différentes (hydrologie, biogéochimie, biologie). L'utilisation de différents types d'indicateurs, et

avec des niveaux de précisions différents selon les sites, devait également permettre de déterminer la pertinence de ces indicateurs dans le cadre de l'évaluation de travaux de restauration de zones humides.

L'analyse a porté sur 14 sites restaurés en Bretagne, par suppression de remblai (10 sites) ou par neutralisation de drainage enterré (4 sites). Ils ont été étudiés de façon synchronique en 2020 (7 sites) et 2021 (7 sites) sur la base d'indicateurs hydrologiques, biogéochimiques, floristiques et faunistiques. Quatre de ces sites ont fait l'objet d'une étude plus approfondie.



Localisation des sites d'études, type de travaux, niveau de suivi et année d'étude (2020 en orange ; 2021 en bleue)

Les suivis réalisés montrent, pour la grande majorité des sites étudiés, la restauration du caractère humide suite aux travaux de restauration, mais avec des niveaux d'atteinte

des objectifs variables selon les sites. Certains éléments ont ainsi pu ressortir permettant d'orienter les futurs travaux pour en optimiser le succès et d'identifier certains points de vigilance.



## 1. COVARIATION DES INDICATEURS

---

Sur la majorité des sites, une bonne concordance est observée entre les différents indicateurs évalués, qu'ils concernent la saturation en eau du sol, la flore ou la faune.

La composition spécifique des végétations et des peuplements d'araignées sont essentiellement dictés par la saturation en eau des 25 premiers centimètres du sol. Pour la végétation, la teneur en nutriments (traduite par la teneur en nitrate de l'eau et la teneur en matière organique du sol) est également déterminante. Les peuplements d'araignées semblent également déterminés par le pH du sol, qui intervient aussi, mais dans une moindre mesure, sur la composition de la végétation. Enfin, pour la végétation, la densité du sol, fortement corrélée à la teneur en matière organique, semble également avoir son importance, comme l'a montré l'exemple de Pégase, où l'implantation de la végétation semble ralentie par une forte densité.

Malgré des compositions spécifiques parfois non conformes aux références, les sites présentent une forte concordance en proportion d'espèces hygrophiles d'araignées et de flore. Trois sites ne présentent pas cette tendance. Sur deux d'entre eux, ce constat semble lié au développement d'une végétation non hygrophile suite à la réalisation d'un semi (Keravilin) ou au passé culturel de la parcelle (Bois Orcan). Sur le troisième, Keribet, la végétation est très caractéristique de zones humides, alors que la faune est peu spécialiste. Ceci semble plus lié au manque de sites en bon état de conservation aux

alentours pouvant servir de source pour la recolonisation du site.



*Échantillonnage de sol et d'eau afin de caractériser les conditions édaphiques du site*

Une bonne concordance est également observée entre flore et orthoptères hygrophiles, à l'exception des sites où la gestion de la prairie est relativement intensive ou sur les sites à faible diversité floristique.

**Ainsi, sur les sites où la flore spontanée tarde à répondre du fait de semis ou d'altération forte des conditions physico-chimiques du sol, l'utilisation des araignées peut être une alternative intéressante comme indicateur du niveau d'humidité édaphique d'un site.**

Il en va de même pour les orthoptères, mais uniquement si la gestion du site est suffisamment extensive pour permettre au peuplement présent de se diversifier.

## 2. MODIFICATIONS DES PROPRIÉTÉS DU SOL

---

La différence dans les résultats obtenus sur les différents sites peut en grande partie être expliquée par les propriétés du sol et leur modification suite à l'altération des sites, leur historique de gestion, notamment agricole, ou les travaux de restauration eux-mêmes. Plusieurs facteurs ayant un effet sur la

dynamique de résilience du milieu ont été mis en évidence :

- **Le tassement du sol**

Plusieurs effets du tassement du sol peuvent être mis en avant sans que le lien direct de cause à effet ne puisse être établi dans cette étude du fait de covariation d'autres facteurs associés.

Un effet du tassement du sol semble possible sur l'hydropériode, notamment en termes de réactivité de la nappe aux évènements pluvieux. Il n'a pas été possible cependant de confirmer cette observation du fait de fonctionnements hydrologiques différents du site témoin et du site restauré.

Par ailleurs, l'implantation de la végétation semble ralentie par un tassement du sol, notamment observé sur le site de Pégase. La corrélation entre la teneur en matière organique du sol et la densité, limite cette interprétation, puisque ce ralentissement de l'implantation de la végétation pourrait également être causé par un déficit en nutriments. Il est fortement probable que les deux paramètres interviennent de façon conjointe.

Enfin, un point de vigilance peut être apporté sur le tassement de sols riches en phosphore qui semble augmenter le risque de production d'orthophosphates dans le milieu.

#### • La modification du niveau topographique

L'abaissement du niveau topographique par rapport au niveau naturel de la surface de la zone humide peut entraîner une sursaturation en eau du sol. Ce phénomène a été observé sur quatre sites, Keravilin en rive gauche, Kerguilidic, Guervern et Penn ar Stang. Sur ces sites, dont le niveau de nappe est déjà naturellement saturant en surface, le décaissement trop prononcé (volontairement ou non) aboutit à une végétation de type mégaphorbiaie et/ou d'espèces de milieux tourbeux, différente de la végétation prairiale ciblée.

En fonction des objectifs du maître d'ouvrage en termes de milieu de référence et de gestion du site, cela peut ne pas poser de problème. Dans certains cas cela peut cependant compliquer la gestion du site et restreindre l'atteinte de certains objectifs notamment s'ils consistent à maintenir le milieu ouvert afin de répondre à des obligations d'équivalence fonctionnelle dans le cadre de la compensation écologique.

A l'inverse, le décaissement insuffisant, n'aboutissant pas à la reconnexion des horizons

de surface du sol avec la nappe entraîne un échec de la restauration.



*Un décaissement trop important lors de la suppression de remblai sur ce site a engendré l'apparition d'une végétation de roselière plutôt que prairiale*

#### • L'appauvrissement en matière organique

L'appauvrissement en matière organique du sol peut avoir un effet important sur l'implantation de la végétation. Les analyses multivariées ont montré que ce paramètre est déterminant dans la composition spécifique de la végétation des sites restaurés. Il peut également, même si cela n'a pas été montré dans le cadre de cette étude, engendrer une modification des processus biogéochimiques et notamment la capacité du site à abattre l'azote.



*Site dont l'horizon organique a été supprimé lors de le retrait du remblai montrant une reprise difficile de la végétation*

Enfin, la teneur en matière organique est fortement corrélée à la densité du sol. Plus un sol est riche en matière organique et moins il est dense, permettant une bonne circulation de l'eau dans le sol mais également sa rétention en surface (effet d'éponge).

- **La modification du pH**

Le pH du sol est apparu comme un facteur déterminant à la fois de la composition floristique et faunistiques (araignées) des sites restaurés. Le site Bois Orcan, qui a été chaulé, selon le témoignage de l'ancien gestionnaire du site, présente un pH nettement plus élevé que les autres sites et montre une composition spécifique végétale et d'araignées qui l'isole des autres sites dans les analyses multivariées.

### 3. INFLUENCE DU CONTEXTE ALENTOUR

---

En dehors des conditions édaphiques, le contexte paysager des sites et notamment l'absence de zone humide en bon état de conservation à proximité, permettant la dispersion des espèces vers le site restauré, semble également être un facteur limitant dans certains cas.

Ceci a été mis en évidence sur le site de la Haie notamment, mais aussi Keribet, tous les deux

situés dans des contextes agricoles intensifs et dont les zones humides proches présentaient des végétations semées ou gérées de façon intensive en zone périurbaine.

Dans ce type de sites, il est intéressant d'envisager un transfert de foin ou de sol organique comportant une banque de graines de zone humide en bon état afin de faciliter la recolonisation par les espèces cibles.

### 4. POINTS D'ATTENTION LIÉS AUX MODALITÉS DE TRAVAUX

---

Comme évoqué, la mise en œuvre des travaux de restauration peut engendrer une modification des propriétés du sol, mais ceux-ci peuvent également avoir d'autres implications pour l'évolution du milieu. L'étude des différents sites dans le cadre d'ETREZH a mis en avant plusieurs points de vigilance à avoir lors de la restauration de zones humides par suppression de remblai ou neutralisation de drainage.

- **Assurer une neutralisation effective du drainage**

La technique de neutralisation du drainage utilisée sur les deux sites d'étude approfondie (La Haie et Bois Orcan) consistant au passage

d'une griffe pour détériorer les drains enterrés ne permet pas de vérifier la destruction effective des drains ni de vérifier la présence d'une couche drainante sous les drains et de la neutraliser. Il est conseillé de s'orienter vers des méthodes permettant de s'assurer de l'absence d'écoulements préférentiels en sous-sol, comme la mise en place de bouchons d'argile après arrachage de sections de drains à différents endroits stratégiques. Cette technique a été utilisée avec succès sur la restauration de la tourbière du Castagné, dans le Lot<sup>1</sup>, anciennement drainée.

---

<sup>1</sup> Fiche retour d'expérience du centre du génie écologique [Suppression du drainage de la zone humide du Castagné](#)

- **Respecter du niveau topographique du site**

Comme vu précédemment, le niveau topographique du site en lien avec le niveau de la nappe conditionne le niveau de saturation de l'horizon de surface du sol. Ce facteur est le plus déterminant dans la composition spécifique de la végétation et de la faune parmi les facteurs étudiés et il doit donc être calé avec attention lors de travaux de suppression de remblai pour garantir le succès de la restauration en termes notamment de milieu cible.



*Un mauvais calage du niveau du sol lors de la suppression de remblai peu rendre la gestion du site très complexe et aboutir à un milieu différent de celui ciblé*

Le tassement du sol sous le remblai peut rendre ce calage difficile lorsque l'on se réfère à la présence de l'horizon organique de la zone humide avant altération pour déterminer la profondeur de décaissement. Une extrapolation du niveau topographique depuis les parcelles voisines non altérées peut faciliter un meilleur calage du niveau à atteindre.

- **Envisager la décompaction du sol**

Lors du remblaiement de zones humides, notamment celles qui ont un sol très organique, une compaction du sol peut être observée. Afin de faciliter la reprise de la végétation, une décompaction du sol peut être envisagée à l'aide d'engins agricoles adaptés.

- **Maintenir ou remettre en place un horizon organique**

La présence d'un horizon organique est primordiale pour faciliter une dynamique favorable du milieu suite à sa restauration, que ce soit pour la végétation, la circulation de l'eau ou les processus physico-chimiques.

Lorsque celui-ci a été supprimé avant remblai ou lors de la suppression du remblai, il paraît nécessaire d'apporter un minimum de terre végétale en surface en fin de travaux. Celle-ci pourra avantageusement provenir d'une zone humide donneuse. Ce type de modalité de restauration doit cependant être préparé avec attention pour ne pas endommager la zone donneuse.

- **Revégétalisation du site**

L'analyse de l'influence du mode de revégétalisation du site après les travaux a été compliquée par des dates de restauration variées, ne permettant pas d'avoir une comparaison de la dynamique post-travaux de la composition spécifique, en fonction des modalités de revégétalisation. Quelques points peuvent néanmoins être retenus :

- **Influence du semis**

Certains semis semblent avoir un effet négatif sur la présence d'espèces hygrophiles sur les sites restaurés. Au niveau de la végétation, le semi d'un mélange prairial diminue la proportion d'espèces hygrophiles. Ceci a également été observé sur le site de Fontaine Margot suivi dans le cadre du Réseau sur la restauration des zones humides, où les semis de mélange prairial ont abouti à une forte dominance des légumineuses sur certaines placettes dans les premières années et à un faible recouvrement d'espèces cibles.

Le semi de mélange ne semble pas avoir une influence sur la composition des peuplements d'araignées. Par contre le semi de raygrass monospécifique semble avoir un effet sur la présence des araignées hygrophiles. Ce résultat

est à analyser avec précaution, car les sites semés en raygrass dans cette étude avaient tous été récemment restaurés.

- **Transfert de sol organique**

Le transfert de sol organique, utilisé sur Pont Guérin a montré de très bons résultats en termes de reprise de la végétation cible, mais aussi sur la faune, probablement du fait de son transfert également en partie avec le sol. Une publication scientifique récente (Gerrits et al. 2022<sup>2</sup>) montre l'intérêt de ce type de technique de

revégétalisation pour la restauration de certains sites.

**Le transfert de sol pourrait être retenu comme une préconisation à adopter dans le cadre de la compensation écologique pour faciliter l'équivalence fonctionnelle. Le prélèvement de la terre végétale du site détruit et son transfert vers le site restauré pourrait ainsi être systématiquement demandé.**

## 5. LIMITE DE L'APPROCHE PAR ÉTUDE SYNCHRONIQUE

---

Pour répondre aux contraintes liées à la durée des financements de 3 ans du projet, le choix a été fait d'utiliser une approche synchronique pour évaluer le succès des projets de restauration. Cette approche, qui permet normalement de substituer le temps par l'étude de sites restaurés à différentes dates, à cependant de nombreuses limites qui restreignent la compréhension de la dynamique des milieux post-travaux.

- **Absence d'état initial**

L'absence d'état initial est particulièrement problématique pour les sites où le drainage a été neutralisé. Sur ces sites, dans la plupart des cas, la végétation en place est très peu impactée pendant les travaux. Les modifications du milieu après travaux sont donc plus subtiles à mesurer. Le paramètre principal qui change est l'hydropériode et **en l'absence d'état initial avant travaux il est impossible de connaître l'évolution de l'hydromorphie du site et le gain fonctionnel associé.**

Sur les sites de suppression de remblai, l'étude synchronique pose moins de problèmes car le site est entièrement remanié du fait de l'extraction des matériaux sur l'ensemble de la surface restaurée. La flore et la faune présentes

avant travaux ont peu d'incidence sur le devenir du site post-travaux puisqu'on aboutit à une modification drastique des conditions du milieu. Cependant, **il aurait été utile de voir le site pendant les travaux et juste après pour mieux comprendre les dynamiques de recolonisation du milieu en lien avec les conditions initiales post-travaux.**

- **Difficulté à trouver des sites de référence comparables**

Afin de compenser l'absence d'état initial, les indicateurs relevés dans les sites étudiés de façon synchronique sont comparés aux mêmes indicateurs relevés dans des sites de référence (ou site témoin) en bon état de conservation, pour évaluer le niveau de fonctionnalité du site. Cependant il est extrêmement difficile de trouver des zones humides témoins dans le même contexte hydro-géomorphologique et physico-chimique et présentant une végétation semi-naturelle. Dans certains secteurs, il a même été impossible de trouver une zone humide en bon état de conservation, indépendamment de ces contraintes. La réalisation d'un état initial dans ce contexte permet, à défaut de comparaison avec un bon état fonctionnel, d'évaluer le gain fonctionnel par rapport à la situation initiale.

---

<sup>2</sup> Gerrits et al. 2022. Synthesis on the effectiveness of soil translocation for plant community restoration.

Journal of Applied Ecology. 00: 1-11.  
DOI:10.1111/1365-2664.14364



*Prairie de référence diversifiée*

Afin de pallier ce problème, il serait également intéressant de **réaliser des suivis avec les indicateurs retenus pour évaluer la restauration de zones humides, dans des zones humides caractéristiques de différents types hydro-géomorphologiques. L'objectif est de disposer de référentiels de gammes de valeurs attendues pour ces indicateurs auxquels comparer les résultats obtenus dans les sites restaurés.** Cette approche, utilisée pour la végétation et quelques paramètres du sol dans cette étude, sur la base de référentiels développés par le réseau sur la restauration des zones humides depuis 2015<sup>3</sup> et enrichis lors du projet ETREZH montre tout son intérêt. Il serait nécessaire de l'enrichir sur les paramètres hydrologiques et physico-chimiques.

- **Absence d'intégration de la variabilité interannuelle**

Le choix a été fait de n'étudier les sites que sur une année. Au niveau fonctionnel, ceci pose le problème de l'absence d'intégration de la variabilité interannuelle des conditions du milieu liée au contexte météorologique. Ceci concerne à la fois certains groupes faunistiques, très

dépendants des conditions météorologiques comme les orthoptères et les odonates, mais aussi l'hydrologie et la physico-chimie.

Dans cette étude, l'absence d'intégration de la variabilité interannuelle a particulièrement posé problème au niveau de l'étude du fonctionnement biogéochimique. En effet, différentes études précédentes ont montré des gradients décroissants clairs de concentrations en nitrate dans des zones humides à différentes dates (suivis réalisés sur Coat Carriou<sup>4</sup> dans le cadre du réseau mis en place sur le Finistère, Clément 2001<sup>5</sup>, Hefting, 2003<sup>6</sup>) qui n'ont pas été observés dans cette étude, que ce soit sur les sites témoins ou restaurés. Les difficultés analytiques rencontrées peuvent en partie expliquer ce constat, mais il pourrait être lié à d'autres facteurs. **De nouvelles campagnes de terrains auraient été nécessaires pour vérifier les résultats obtenus en 2021.**

- **Forte variabilité intersite ne permettant pas d'identifier des dynamiques successioneles**

Les zones humides sont des milieux au fonctionnement très dépendant des conditions stationnelles qui varient en fonction de nombreux facteurs environnementaux, et, en particulier, du mode d'alimentation en eau et de sa qualité. La variabilité des caractéristiques de chaque site étudié fait qu'il n'a pas été possible d'extrapoler les résultats obtenus sur ces sites restaurés à des dates différentes, pour obtenir des scénarios successioneles post-travaux. **Sur les zones humides, il paraît fortement préférable de mener des études diachroniques pour comprendre ces dynamiques.**

<sup>3</sup> Chevalier J., 2014. Création d'un référentiel écologique pour l'évaluation du succès d'opérations de réhabilitation de zones humides Rapport de stage Agrocampus Ouest/UBO. 51p. et Thiry J. 2015. Évaluation édaphique et botanique de mesures de réhabilitation de zones humides. Rapport de stage Agrocampus Ouest/UBO. 66 p.

<sup>4</sup> [Dausse et al. 2019](#). Réseau expérimental sur la réhabilitation de zones humides du Finistère. Prairie humide de Coat Carriou, St Evarzec Bilan 2014 – 2016

<sup>5</sup> Clément, J.-C., 2001. Les zones humides de fonds de vallée et la régulation des pollutions azotées diffuses. Université de Rennes. These de doctorat.

<sup>6</sup> Hefting, M.M., 2003. Nitrogen Transformation and Retention in Riparian Buffer Zones. Utrecht University. PhD thesis.



## 6. PERSPECTIVES

Le projet ETREZH, à travers l'étude de multiples sites restaurés suite à des types de travaux similaires, a permis de faire progresser notre compréhension des processus de restauration des zones humides et des facteurs pouvant influencer la réussite des opérations.

Néanmoins, il reste des questions à approfondir et des outils à développer au travers de l'expérimentation pour permettre de mieux adapter les modalités de travaux, approfondir la compréhension des effets de la restauration et de gagner en opérationnalité pour les porteurs de projets.

Des interrogations demeurent notamment sur :

- Les techniques de revégétalisation des sites : un besoin d'expérimentation sur des techniques permettant l'usage de semences locales, telles que le transfert de foin ou de sol, encore très peu utilisées ;
- Les techniques de neutralisation de drainage enterré plus ciblées, telles que la mise en place de bouchons localisés.

Par ailleurs il paraît important de pouvoir disposer de référentiels complémentaires permettant l'évaluation des travaux de

restauration, sans devoir recourir à chaque fois à des sites témoins multiples :

- Sur la composition floristique des milieux autres que les prairies humides méso- à eutrophes utilisées comme référence dans cette étude ;
- Sur les peuplements d'araignées. Ces référentiels sont en construction pour les odonates et les orthoptères dans le cadre de la boîte à outils LigerO ;
- Sur le fonctionnement hydrologique et biogéochimique de sites en bon état fonctionnel, pour lequel il serait nécessaire de bâtir des référentiels réalisés sur la base de suivis pluriannuels, afin de prendre en compte la variabilité des conditions météorologiques.

Ces référentiels doivent pouvoir anticiper les évolutions liées aux changements globaux.

Des travaux existent dans d'autres pays, offrant des référentiels reliant les types de milieux à des hypopériodes correspondantes (Wheeler et al. 2004<sup>7</sup>). Il pourrait être pertinent de tendre vers ce type d'outil avec des référentiels propres aux zones humides du massif armoricain et s'étendant à différents indicateurs.



<sup>7</sup> B.D. Wheeler, D.J.G. Gowing, S.C. Shaw, J.O. Mountford, and R.P. Money, 2004. Ecohydrological Guidelines for

Lowland Wetland Plant Communities (Eds. A.W. Brooks, P.V. Jose, and M.I. Whiteman,). Environment Agency (Anglian Region)



---

**POUR ACCÉDER À L'ÉTUDE COMPLÈTE (LIENS DE TÉLÉCHARGEMENT)**

**Rapport de synthèse scientifique du projet ETREZH**

**Fiches de retours d'expériences travaux et détail des suivis sur les sites d'étude approfondie :**

- Neutralisation de drainage
  - Bois Orcan : [Travaux](#) [Suivis](#)
  - La Haie : [Travaux](#) [Suivis](#)
- Suppression de remblai
  - Keravilin : [Travaux](#) [Suivis](#)
  - Pégase : [Travaux](#) [Suivis](#)

---

Travail coordonné par :



En partenariat technique et financier avec :



En partenariat scientifique et technique avec :



**Et avec l'appui des porteurs des projets de restauration**