

RESTAURATION DES ZONES HUMIDES



Armel Dausse

FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, ANTENNE DE BREST

23 novembre 2021 – Montauban-de-Bretagne

- Altérations des zones humides et effet sur les fonctions
- Qu'est ce que la restauration écologique
- Concevoir et mettre en œuvre un projet de restauration
- Exemple d'un projet de A à Z
- Quelques itinéraires techniques

LES SOURCES D'ALTERATION & LEURS EFFETS SUR LES FONCTIONS DES ZONES HUMIDES



Les zones humides subissent de nombreuses altérations

ARTIFICIALISATION

Urbanisation



REMBLAI



SYLVICULTURES



DRAINAGE

Enterré



ALTERATION DES COURS D'EAU



Infrastructure de transport



POLDERISATION



CULTURES



Aérien (fossés)

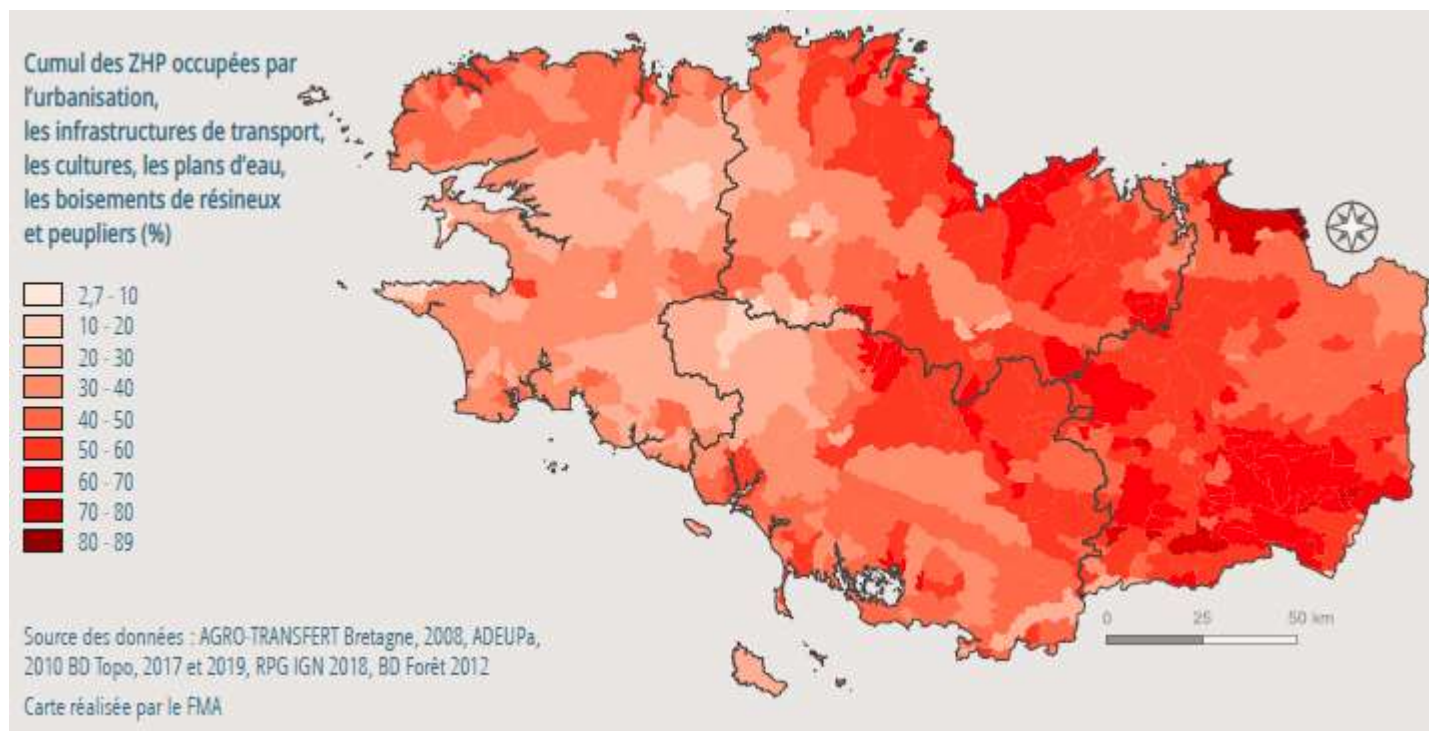


CREATION DE PLANS D'EAU

Effets plus ou moins forts sur les fonctions des zones humides et **plus ou moins réversibles**

+ les effets indirects : modification de la circulation de l'eau, modification du niveau trophique, ...

ALTÉRATION DES ZONES HUMIDES POTENTIELLES DE BRETAGNE

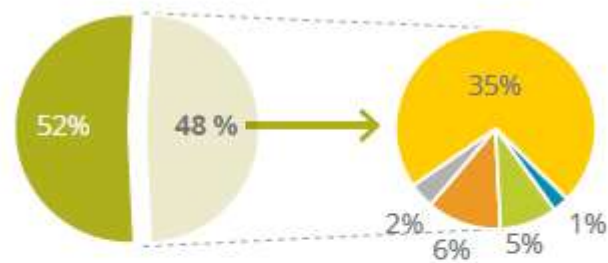


Pourcentage surfacique total de zones humides potentielles par bassin versant de masse d'eau occupées par un aménagement ou un usage pouvant altérer leurs fonctions

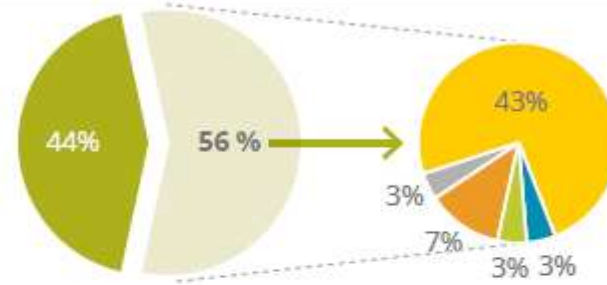
Evaluation de l'altération des zones humides de Bretagne

Usages et aménagements dominants sur les zones humides potentielles pouvant altérer les fonctions de ces milieux

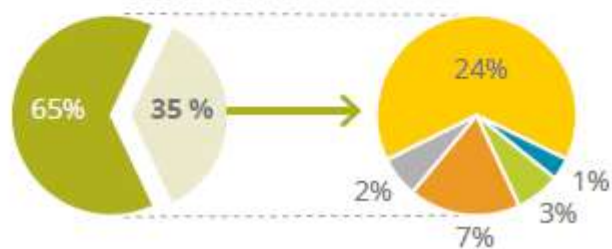
Côtes d'Armor ZHP : 137 471 ha - 19.7% du territoire



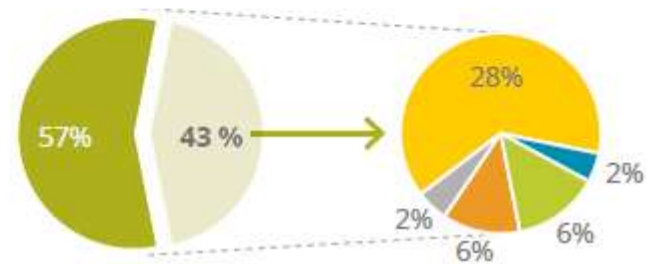
Ille-et-Vilaine ZHP : 179 788 ha - 26.3% du territoire



Finistère ZHP : 112 701 ha - 16.7 % du territoire

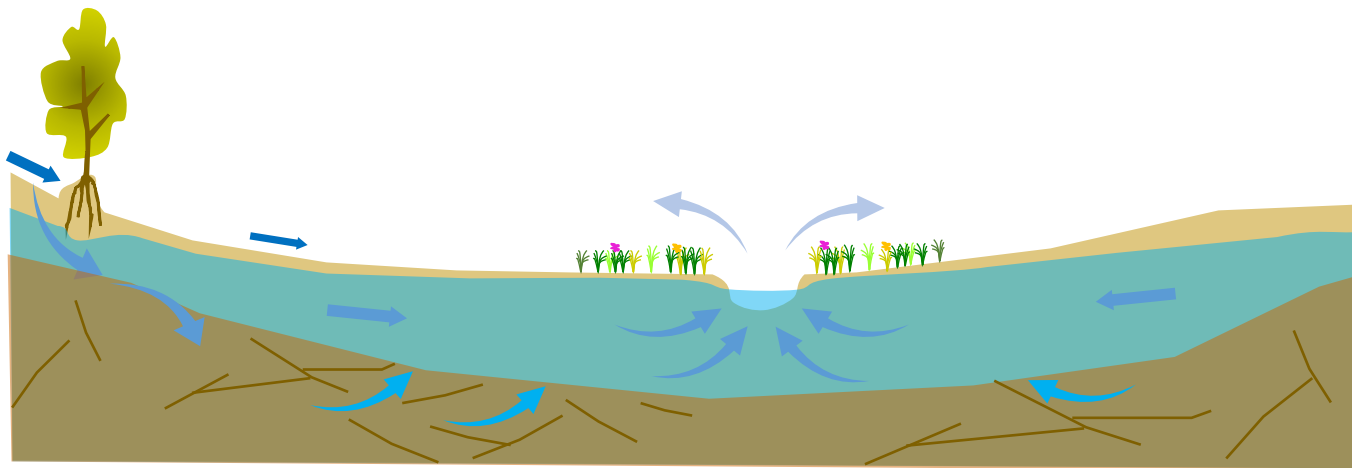


Morbihan ZHP : 137 580 ha - 20.0 % du territoire



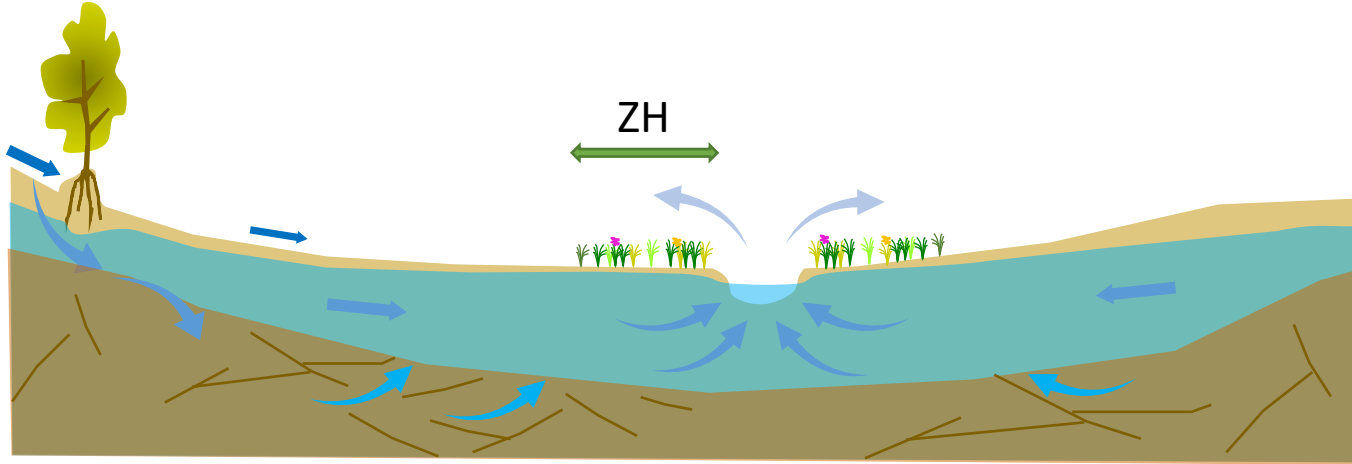
- Non concerné par les sources d'altération étudiées
- Cultures
- Urbanisation
- Plans d'eau
- Infrastructures de transports
- Plantation de résineux & peupliers

MODIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

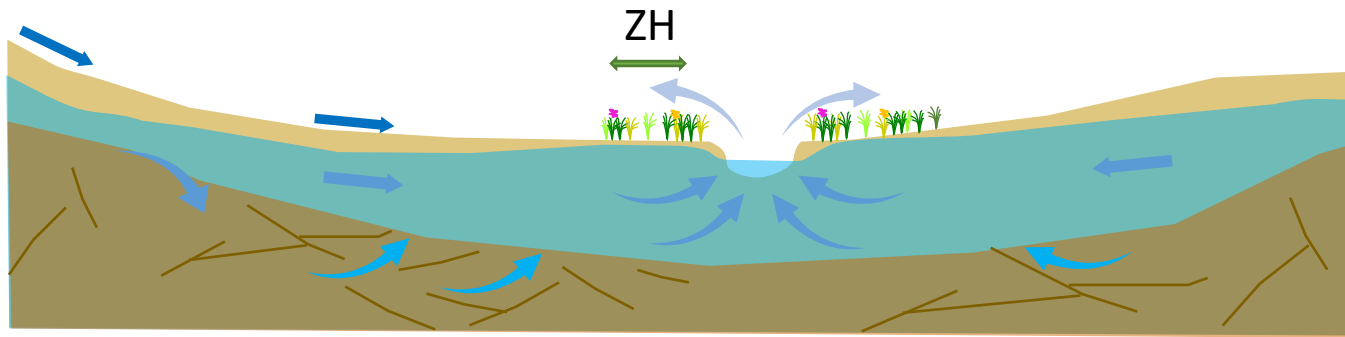


MODIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

Sans altération

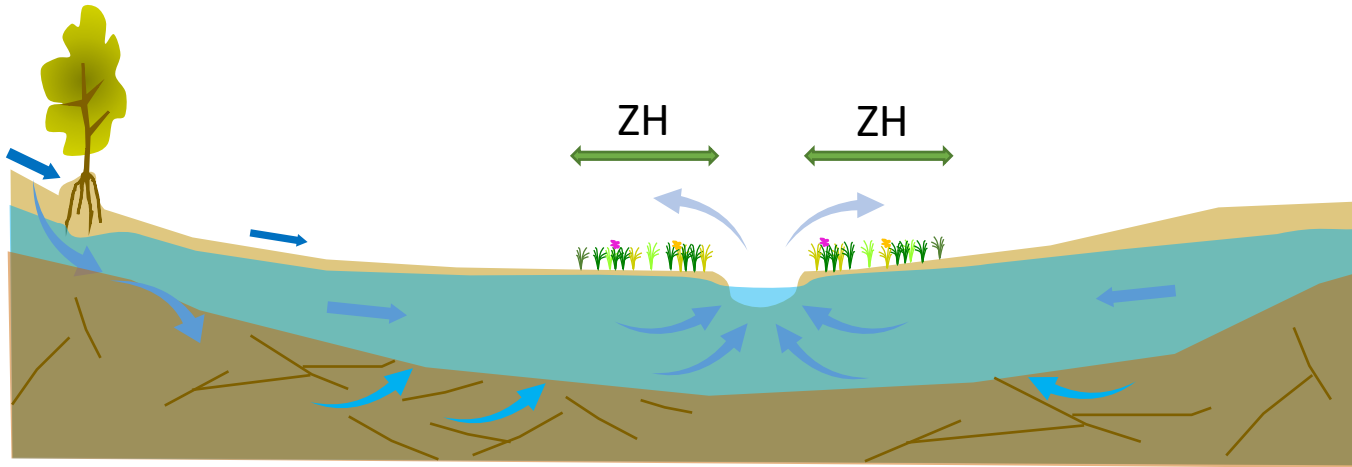


SUPPRESSION DES HAIES

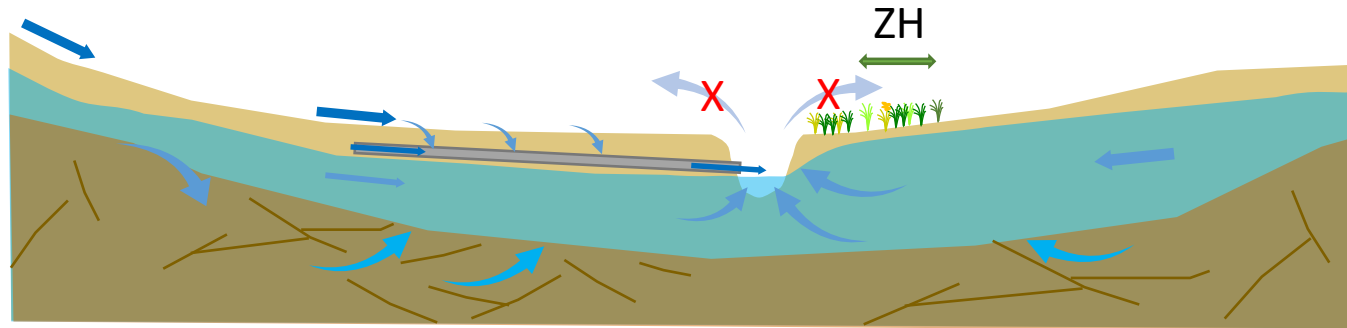


Disparition du ralentissement dynamique de l'eau et diminution de son infiltration dans le sol
→ Diminution de la recharge de nappe et de l'alimentation de la zone humide

MODIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE



DRAINAGE



Evacuation rapide de l'eau de surface du sol

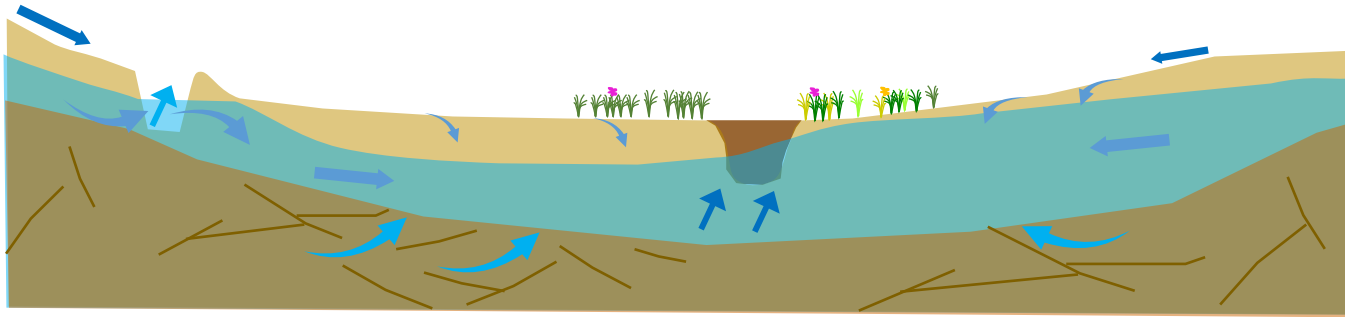
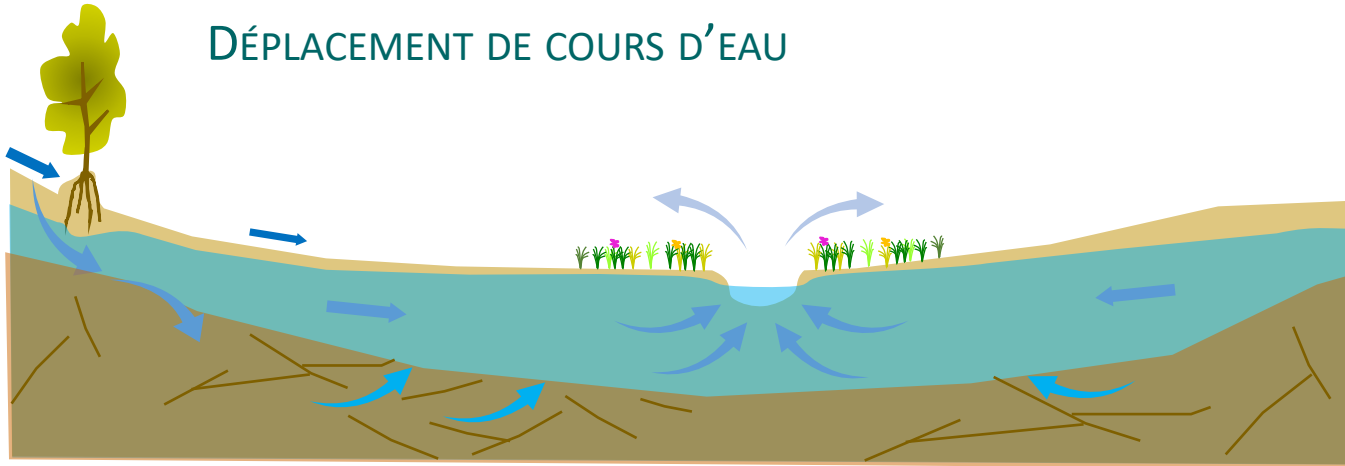
Diminution de l'infiltration en profondeur
→ Diminution de la recharge de nappe

→ Si drainage en amont de la ZH →
diminution de l'alimentation de la ZH

Généralement couplé à un surcreusement du cours d'eau

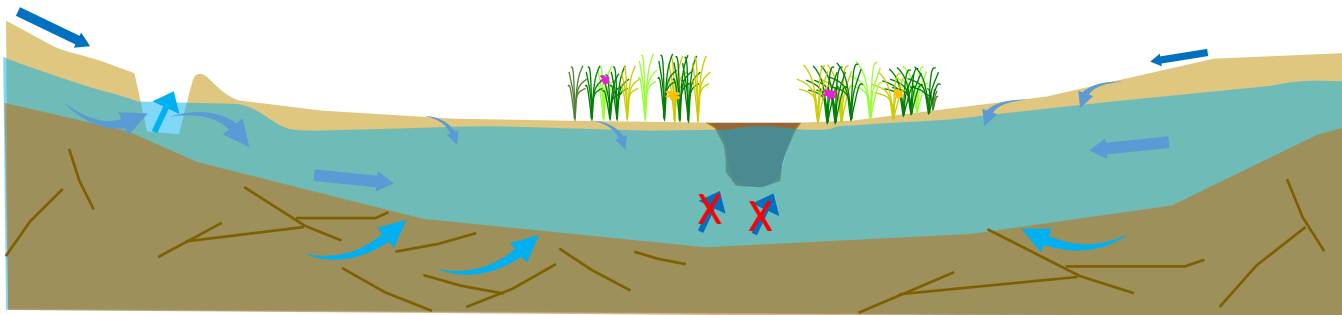
MODIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

DÉPLACEMENT DE COURS D'EAU



2 scénarii :

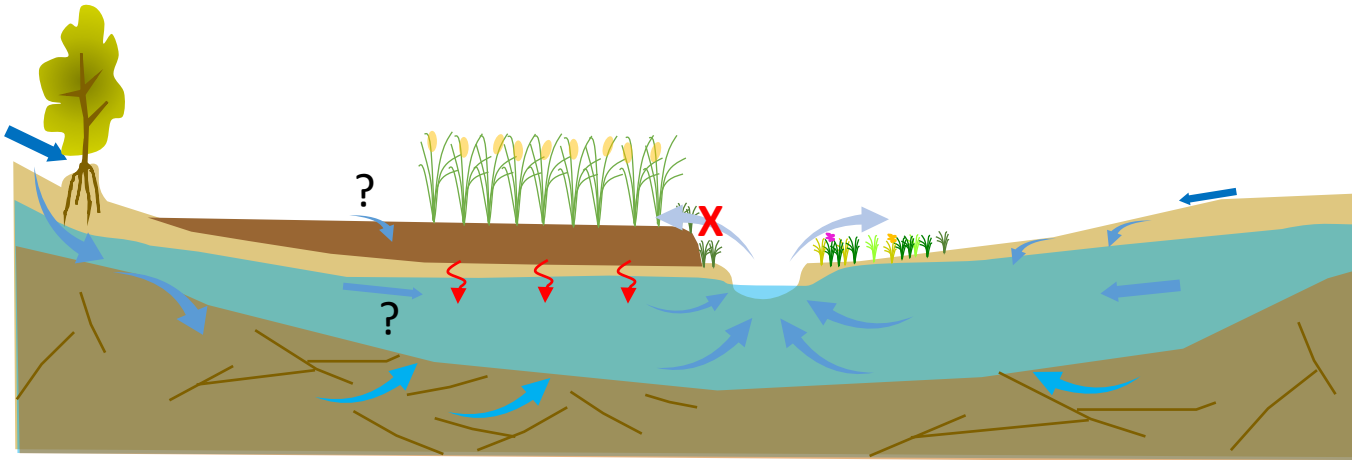
L'eau peut s'écouler hors de la zone humide → diminution du niveau de nappe par perte d'alimentation d'un versant



L'eau ne peut pas s'écouler hors de la zone humide
→ Sur-saturation de la zone humide

ALTERATION DU SOL OU DE SON NIVEAU

REMBLAIEMENT



Déconnexion entre la surface du sol et la nappe → Horizon actif déconnecté

Tassement du sol
→ Modification de la circulation de l'eau dans le sol

→ Modification du fonctionnement biogéochimique (perte de capacité épuratrice)

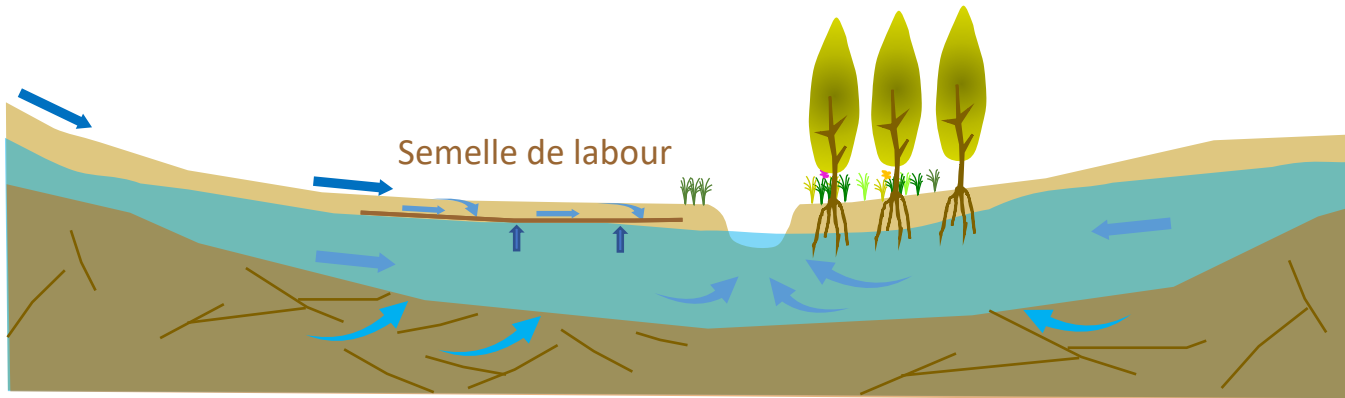
Si urbanisation ou infrastructure de transport → imperméabilisation



Disparition de l'infiltration et modification du circuit de l'eau

MISE EN CULTURE ET TRAVAUX ASSOCIÉS

Effets plus ou moins marqués selon les pratiques



Labours et coupes sylvicoles:

- Déstructuration du sol
→ oxydation de la matière organique
- Baisse de la dénitrification
- Augmentation du risque érosif

Labours:

- Apparition d'une semelle de labour
→ Baisse des échanges verticaux

Mise en culture (agricole et sylvicole):

- Modification de l'habitat
- Baisse de la capacité d'accueil de la biodiversité spécifique aux zones humides
- Effet du drainage associé

Plantations sylvicoles

- Baisse du niveau de nappe d'autant plus marqué pour les espèces à feuilles persistantes

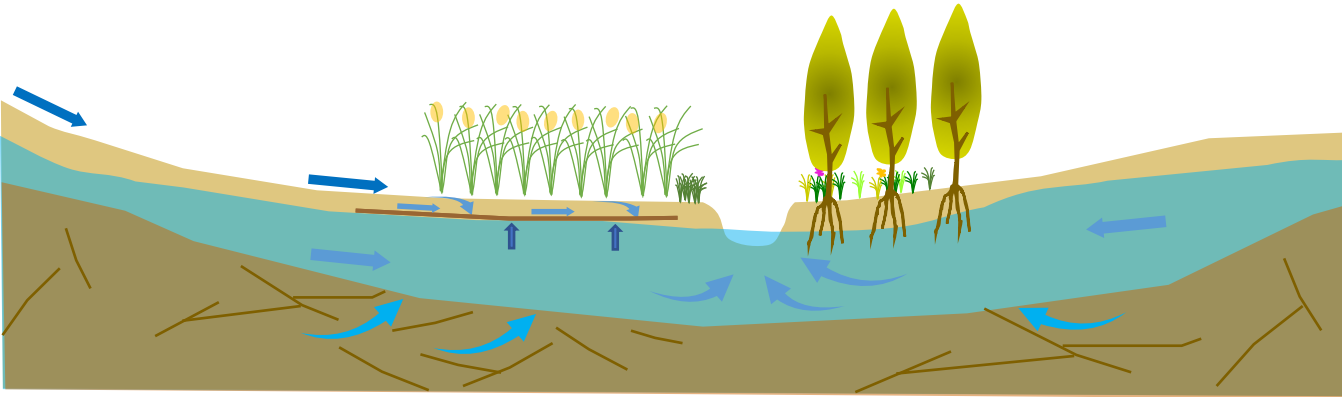
Si résineux:

→ + acidification du sol

ALTERATION DES VÉGÉTATIONS

MISE EN CULTURE

Effets plus ou moins marqués selon les pratiques



Mise en culture (agricole et sylvicole):

- Modification de l'habitat
- Baisse de la capacité d'accueil de la biodiversité spécifique aux zones humides

Plantations sylvicoles

- Baisse du niveau de nappe d'autant plus marqué pour les espèces à feuilles persistantes

Si résineux:

→ + acidification du sol

EUTROPHISATION

- Modification des espèces présentes
 - Disparition d'espèces à croissance lente au profit d'espèces productives à croissance rapide;
 - Décomposition plus rapide de la litière
- Aboutit à une diminution de la capacité d'abattement en nitrate et une baisse de la biodiversité
- Favorise une production importante de N_2O

INVASIONS BIOLOGIQUES

- Modification des espèces présentes
- Modification des chaînes trophiques

EFFET DES ALTÉRATIONS SUR LES ZONES HUMIDES

RAPPORT LES ZONES HUMIDES DE BRETAGNE – EFFET DES ALTÉRATIONS, ENJEUX DE LA RESTAURATION



Fiches altération: Parties 2 du rapport

Lien de téléchargement des documents:

<http://www.forum-zones-humides.org/rapport-rerzh.aspx>

QUATRE FICHES DES SYNTHÈSE



LOCALISATION DES ALTÉRATIONS POTENTIELLES

MÉTHODE D'AIDE À LA LOCALISATION DE ZONES HUMIDES À RESTAURER



AIDE À LA LOCALISATION DE ZONES HUMIDES À RESTAURER

Méthode développée par le FMA dans le cadre du rapport « Les zones humides de Bretagne – Etat des lieux des altérations, Enjeux de la restauration »

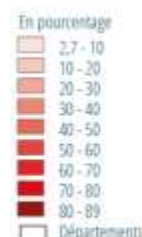
- Données disponibles sous GéoBretagne

<https://geobretagne.fr/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/metadata/0c5c9f10-d860-4b5d-81ab-9671fdc411ca>

- Méthode décrite en annexe du rapport

NOTE METHODOLOGIQUE SIG	
Zones humides potentielles de Bretagne occupées par un aménagement ou un usage pouvant altérer leurs fonctions	
	
Travail réalisé par le Forum des Marais Atlantiques à l'occasion du rapport : Les zones humides de Bretagne – Etat des lieux des altérations, Enjeux de la restauration, 2020 Du Niveau sur la restauration des zones humides de Bretagne Coordination : Anne Le Drouin Conception, rédaction, cartographie : Alix Roger, Anne Le Drouin Analyse, Maquette, Mise en page : Eva Borge, Anne Le Drouin Logiciels utilisés : QGIS 3.10 et 3.14	
1. Contexte d'élaboration de la méthode et objectifs possibles	10
2. Unités de la méthode	10
3. Méthode d'analyse spatiale sous SIG des zones humides potentiellement altérées en Bretagne	10
3.1 Les grands états	10
3.1.1 Production des données sur les zones humides potentiellement altérées	10
3.1.2 Analyse des données selon différents usages	10
3.2 Les données utilisées	10
3.3 Méthodes de la géométrie et de la topologie des données	10
3.4 Préparation des données d'aménagement et de l'usage	10
3.4.1 Infrastructures de transport	10
3.4.2 Plans d'eau et bassins artificiels > 500 m²	101
3.4.3 Surface cultivée	101
3.4.4 Plantations de résineux et peupliers	101
3.5 Méthodologie SIG pour la production des données sur les zones humides potentiellement altérées	102
3.5.1 Pour l'état d'altération potentielle	102
3.5.2 Pour l'état d'altération potentielle	102
3.6 Analyse des données selon différents usages	103
3.6.1 Remembrement des infrastructures existantes sur des plans, selon différents usages	103
3.6.2 Ouverture vers les usages de stockage et les zones humides potentiellement altérées	104
Exemple de mise	104
Méthode de distribution QGIS utilisée pour représenter les résultats sur des cartes	105

Niveau d'analyse rattaché aux bassins versant de masses d'eau



Cumul des ZHP occupées par l'urbanisation, les infrastructures de transport, les cultures, les plans d'eau, les boisements de résineux et peupliers

Source des données : AGRO-TRANSFERT Bretagne, 2008, ADEUPA, 2010-80 Topo, 2017 et 2019, RPQ IGN 2018, BD Forêt 2012
Carte réalisée par le FMA

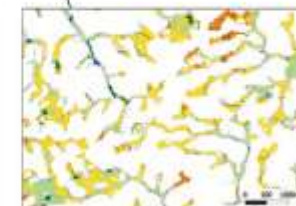
Niveau d'analyse local

Usages pouvant altérer

les fonctions des zones humides potentielles

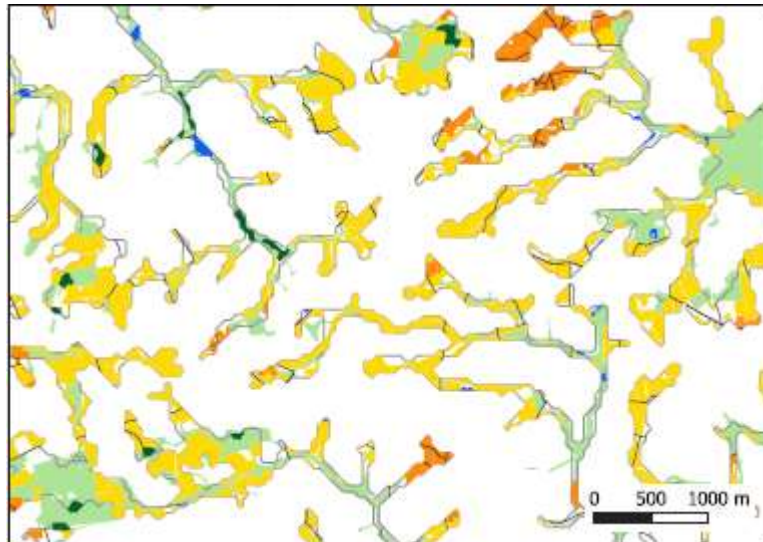


Zones humides effectives a priori non altérées
Zones humides potentielles



QUALIFICATION, QUANTIFICATION ET SPATIALISATION DE L'ALTÉRATION DES ZONES HUMIDES

Méthode utilisée



- ZHE a priori non altérées
- ZHP
- Type d'altération en ZHP
 - Infrastructure de transport
 - Plan d'eau
 - Plantation
 - Artificialisation
 - Culture

Aménagements et usages étudiés

Analyses spatialisées:



Artificialisation (urbanisation et transports)



Cultures



Plantations de résineux et peupliers



Créations de plans d'eau



Stations de lagunage

Manque de référentiels:



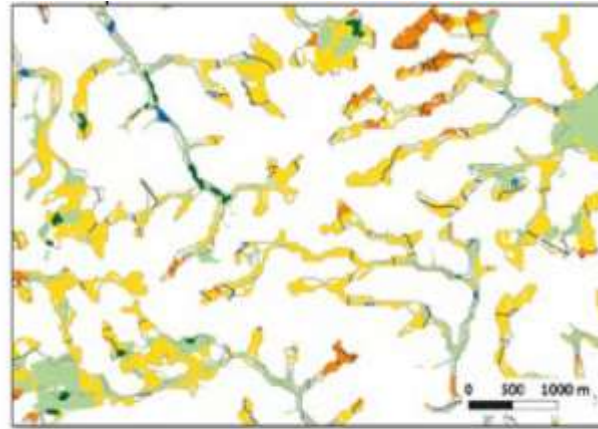
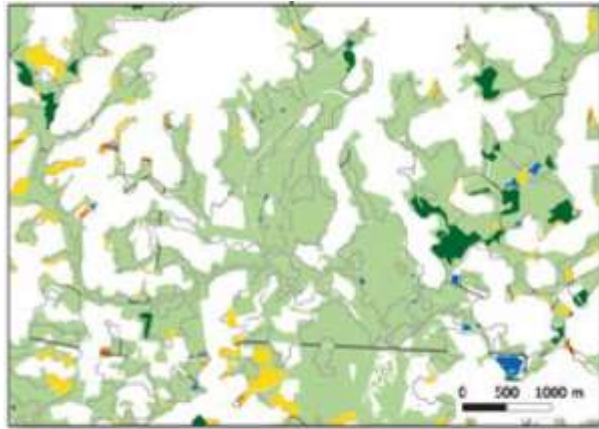
Rectification des cours d'eau



Poldérisation

QUALIFICATION, QUANTIFICATION ET SPATIALISATION DE L'ALTÉRATION DES ZONES HUMIDES

Rendus sur deux secteurs contrastés



■ Zones humides effectives a priori non altérées

□ Zones humides potentielles

Usages pouvant altérer

les fonctions des zones humides potentielles

■ Infrastructures de transport

■ Artificialisation

■ Plans d'eau et bassins artificiels

■ Cultures avec prairies temporaires

■ Plantations (résineux ou peupliers)

LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

LES PRINCIPES

CONTEXTES DE LA RESTAURATION DES ZONES HUMIDES

Zones humides protégées au niveau européen et national dans le cadre de la lutte contre la dégradation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques (DCE 200/60/CE et loi sur l'eau)

Contextes de la restauration des zones humides

- Loi sur l'eau: compensation écologique
- SDAGE: plans de restauration et de reconquête, règles de la compensation écologique
- Programmes d'actions sur les zones humides des territoires (contrats territoriaux, trame verte et bleue...)
- Plan Algues Vertes: volet reconquête des zones naturelles
- Politiques de préservation des milieux naturels



LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

DÉFINITION DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

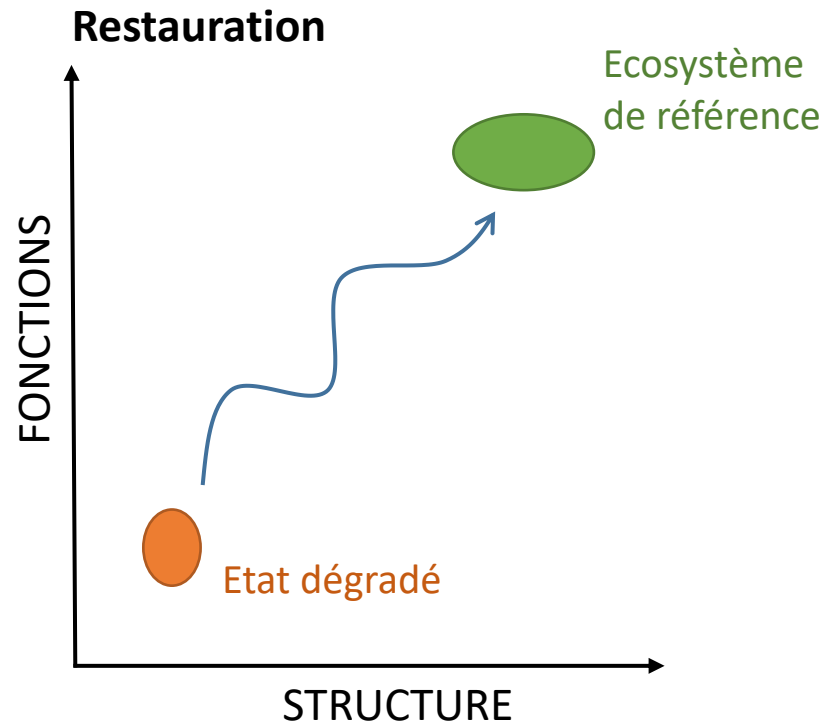
La restauration écologique est un processus qui assiste l'autoréparation (le rétablissement) d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé, détruit...

Abécédaire de la SER, 2004

SER France → Association REVER

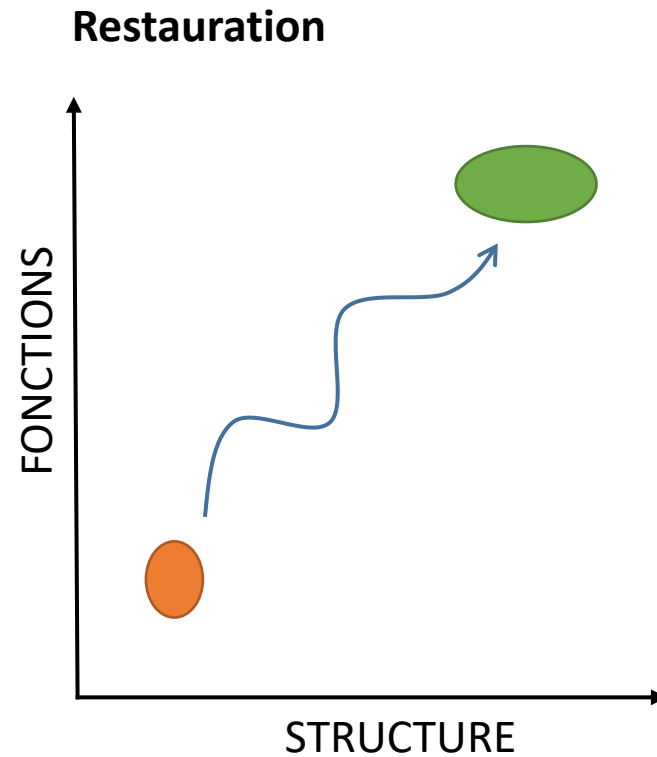


Réseau d'étude et de valorisation en
écologie de la restauration
<https://reseau-rever.fr/>

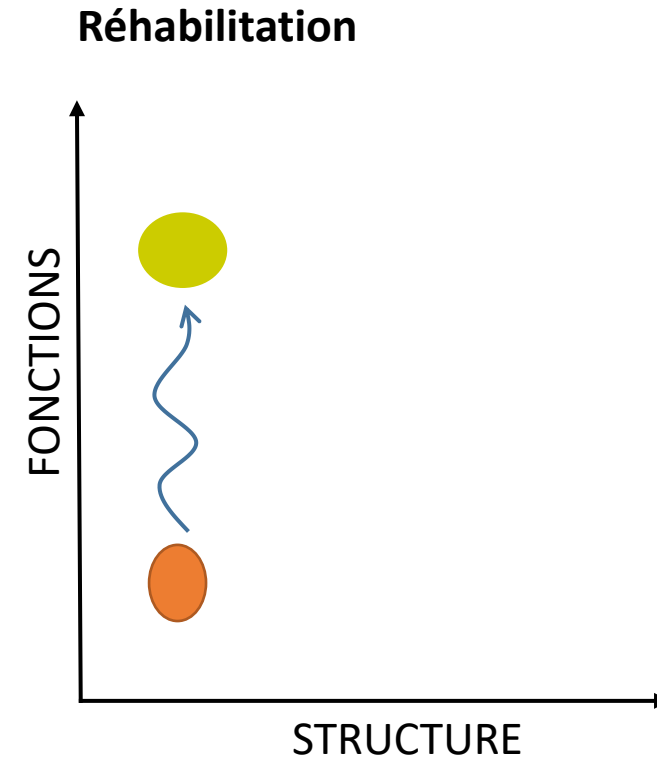


Rétablissement de l'intégrité écologique = Structure + Fonctions

LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

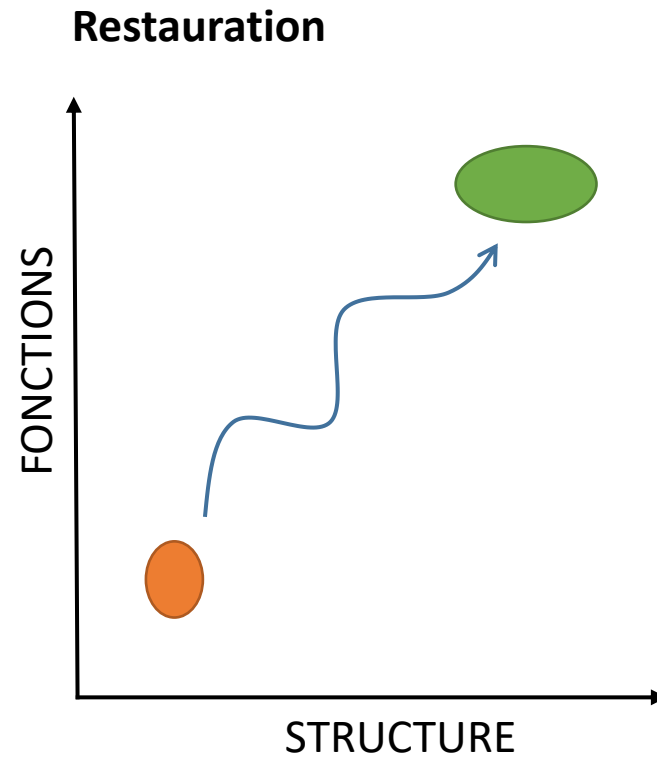


Rétablissement de
l'intégrité écologique
(structure + fonctions)

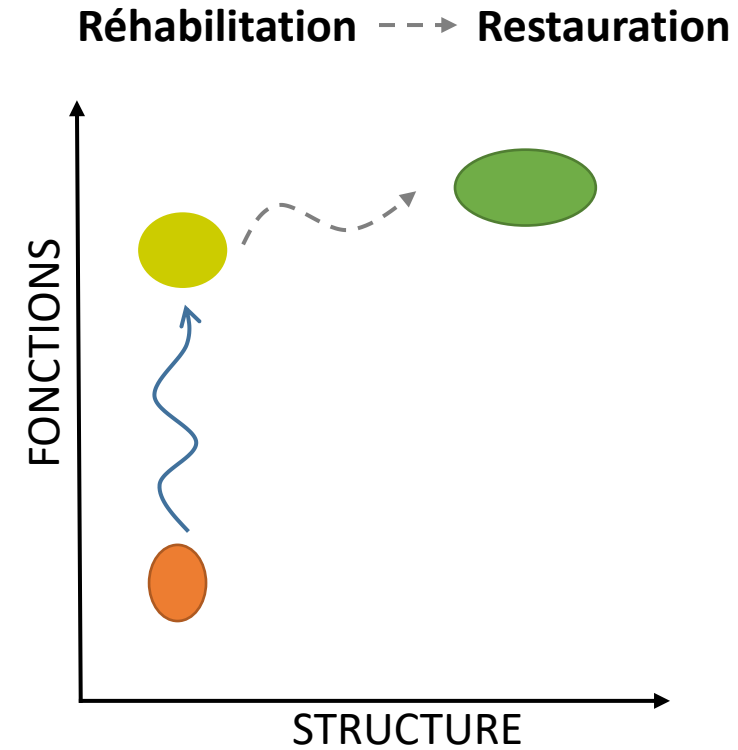


Rétablissement d'une ou plusieurs
fonctions écologiques

LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE



Rétablissement de
l'intégrité écologique
(structure + fonctions)



Rétablissement d'une ou plusieurs
fonctions écologiques
puis de la structure

LES APPROCHES

- **Restauration active**

Techniques du génie écologique (interventions pouvant être lourdes).

Nécessaires quand l'altération du système est trop importante pour permettre la résilience spontanée.

- **Restauration passive**

Suppression de la source d'altération (arrêt de l'entretien des fossés, remise en talweg passive, revégétalisation spontanée...)

Possible si la dégradation ne fait pas passer le système au-delà de sa capacité de cicatrisation (résilience).

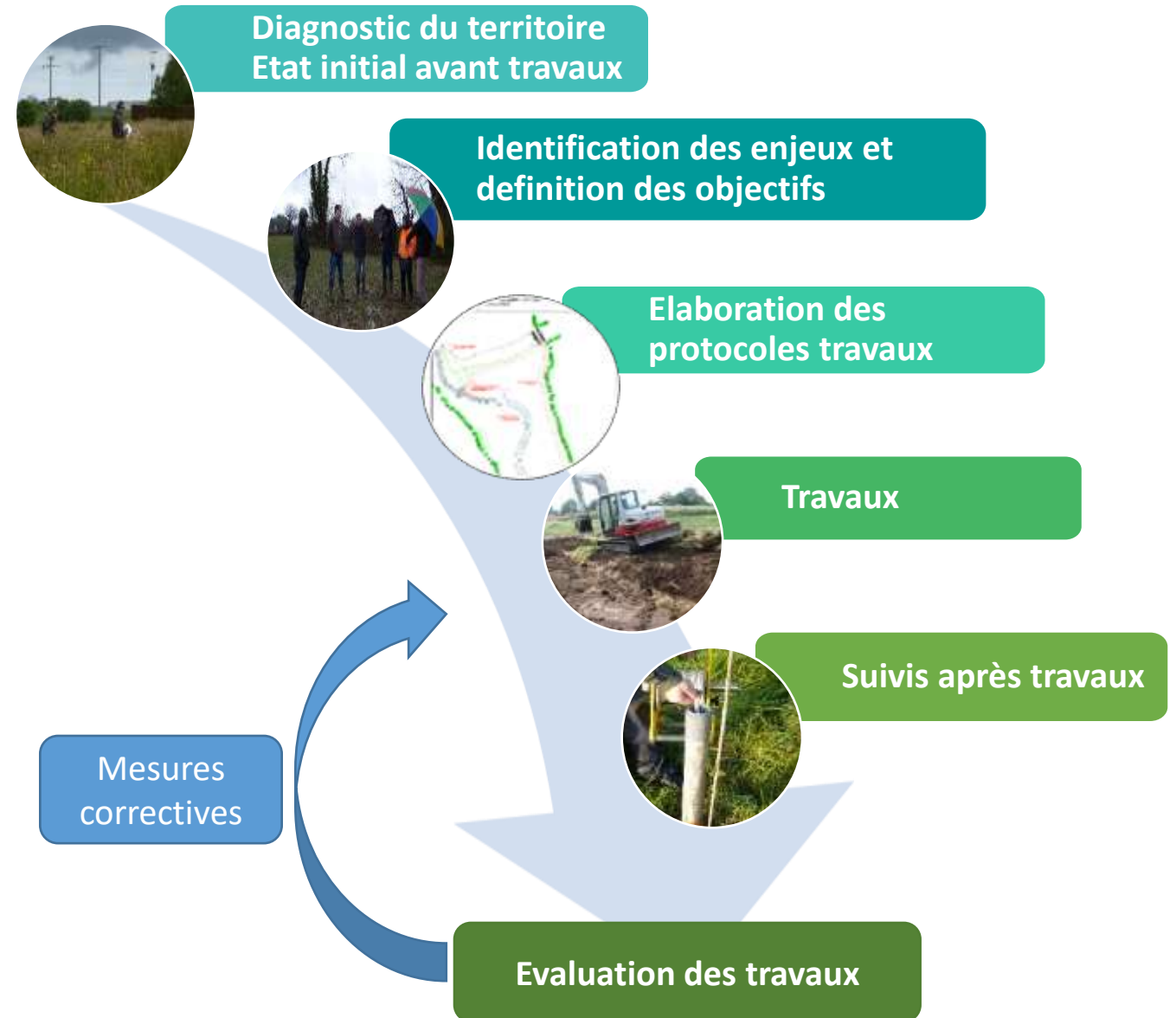
→ Différence de moyens, mais objectifs similaires

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN PROJET DE RESTAURATION



LES ÉTAPES D'UN PROJET DE RESTAURATION

Déroulement d'une opération de restauration



CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN PROJET DE RESTAURATION

DIAGNOSTICS AVANT TRAVAUX

ENJEUX DU DIAGNOSTIC

La **réussite** et la **pérennité** d'un projet de restauration dépendent d'un bon diagnostic avant projet

Ce diagnostic doit :

- être réalisé à des échelles emboîtées prenant en compte le fonctionnement du bassin-versant
- intégrer les usages
- intégrer le temps



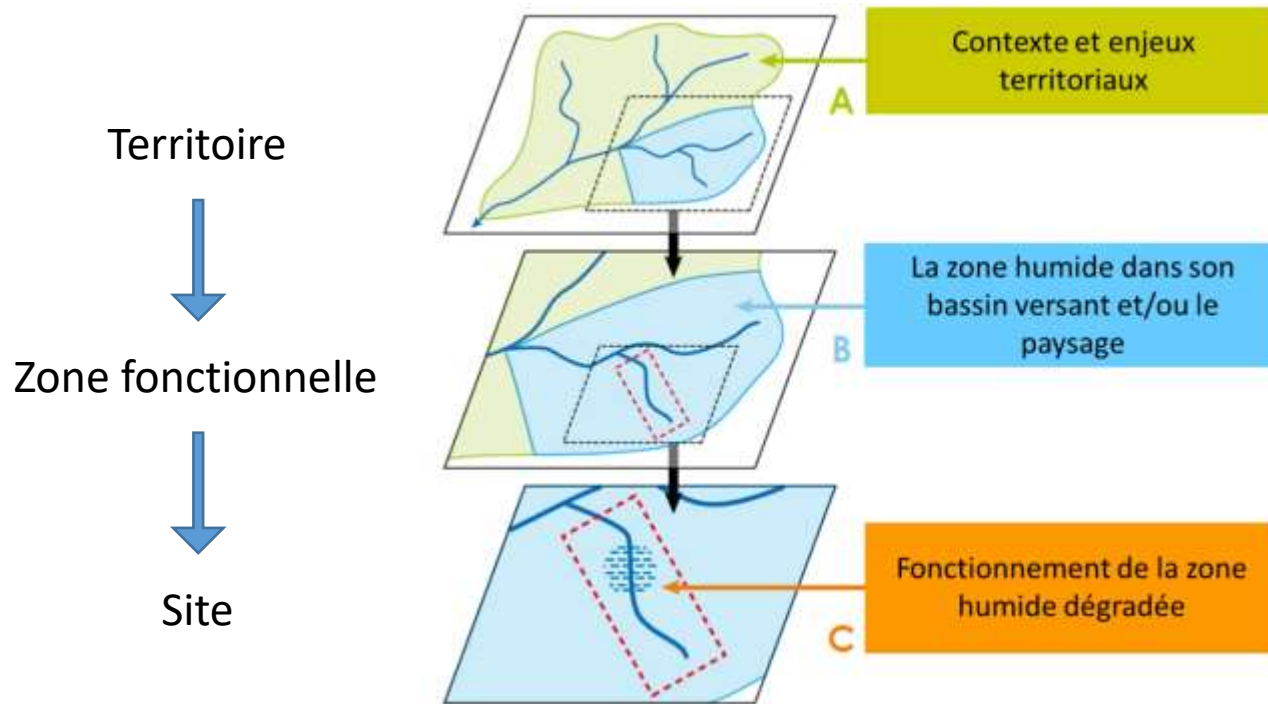
OBJECTIFS DU DIAGNOSTIC

Comprendre le fonctionnement du site au sein du territoire pour proposer un projet cohérent du point de vue écologique et économique.

- Identifier les enjeux du territoire auxquels peuvent répondre la restauration de zones humides
- Identifier les contraintes et les risques pouvant venir contrarier le projet de restauration
- Identifier les éléments favorables au projet de restauration
- Comprendre le fonctionnement de la zone humide dans son état altéré et identifier les enjeux propres au site

RÉALISER UN DIAGNOSTIC EMBOÎTÉ

→ Avoir une réflexion au-delà de la parcelle



RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

1/Le territoire

Objectif : Identifier les enjeux liés au contexte territorial

Réaliser une analyse des enjeux:

- **Hydrologiques et physico-chimiques** : qualité des eaux, zones de crues...
- **Biologiques** : zonages existants (ZNIEFF, APB, N2000), inventaires existants, ...
- **Socio-économiques** : acteurs impliqués et usages sur les zones humides et alentours ...
- **Réglementaires ou de planification** : SAGE, documents d'urbanisme, loi sur l'eau, espèces protégées...



RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

2/ Zone fonctionnelle et interactions avec la zone humide

Objectif : Identifier les éléments du paysage pouvant influencer (en + ou -) le fonctionnement actuel et/ou futur de la zone humide à restaurer

Appréhender l'ensemble de la zone fonctionnelle de la zone humide (= les milieux alentours qui participent à son fonctionnement)

- Sources d'alimentation en eau de la zone humide et courts-circuits
- Continuités écologiques et ruptures
- Complémentarité d'habitats (cycles de vie)
- Sources de pollutions diffuse ou ponctuelle ...

Identifier les dysfonctionnements et menaces qui peuvent affecter le fonctionnement de la zone humide

→ Evaluer leur influence et leur réversibilité.

Se projeter dans l'avenir

- Projets d'aménagement à venir
- Changements d'usages ...

DIAGNOSTIC AVANT TRAVAUX



RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

3/ Etat initial de la zone humide dégradée

Objectifs :

- Identifier les enjeux présents sur le site lui-même
 - Identifier la nature des dégradations de la zone humide
 - Evaluer leurs conséquences sur les fonctions de la zone humide
- Mettre en place une base pour l'évaluation des travaux de restauration



➡ **Différents degrés de diagnostic possibles:**

De la simple évaluation à la réalisation d'un état initial sur la base de suivis à moyen termes

RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

3/ Etat initial de la zone humide dégradée

Un diagnostic du fonctionnement hydrologique primordial

Les questions à se poser

- D'où vient l'eau?
- Quelle est sa qualité?
- Comment circule-t-elle dans le site?
- Qu'est ce qui altère l'alimentation et/ou la circulation de l'eau en amont et sur le site lui-même?



Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion. Pôle Relai Tourbières 2010. (cf. Chapitre 3)
Connaissance de l'hydrologie pour la gestion des zones humides - CEN Rhone-Alpes
<https://www.cen-rhonealpes.fr/wp-content/uploads/2014/04/CT-hydro.pdf>

Identifier le mode d'alimentation en eau de la zone humide

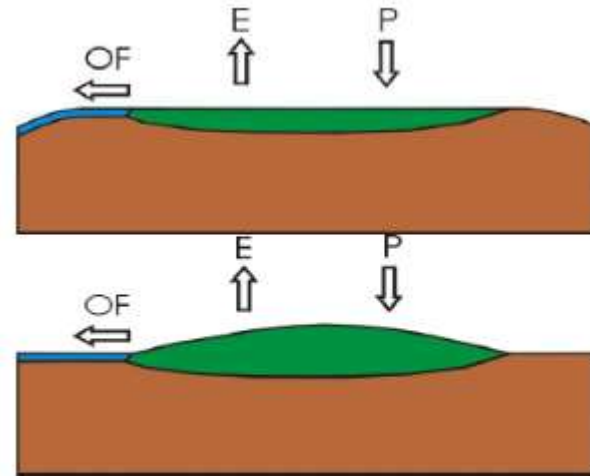
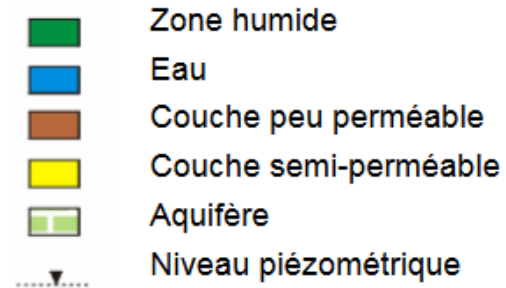


Illustration 30 – Zones humides de plaine

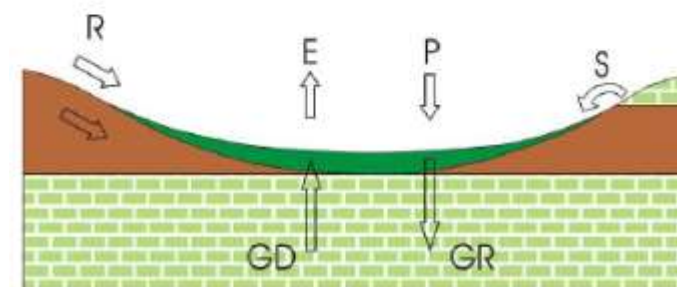
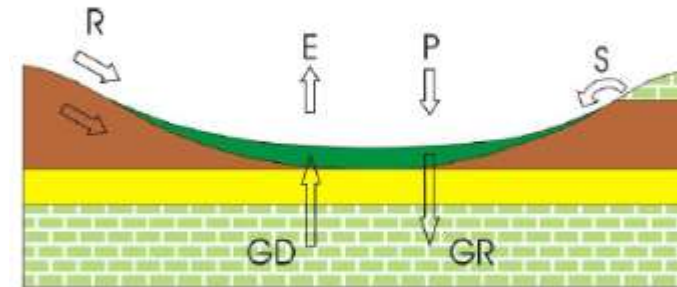
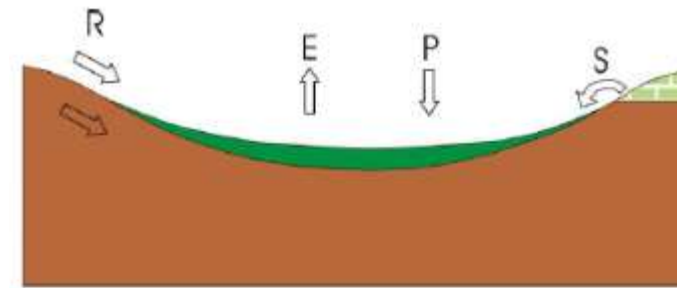


Illustration 32 – Zones humides de dépression

BRGM 2010

Identifier le mode d'alimentation en eau de la zone humide

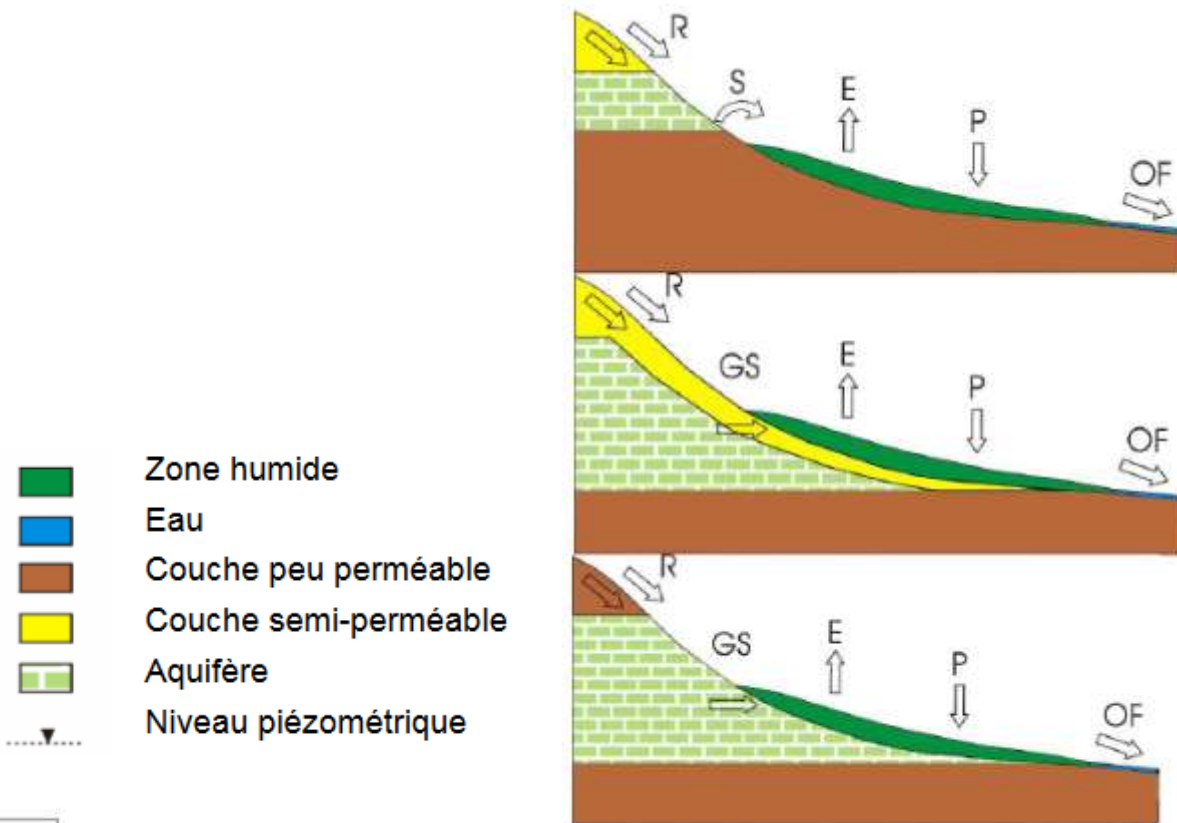


Illustration 31 - Zones humides de coteau

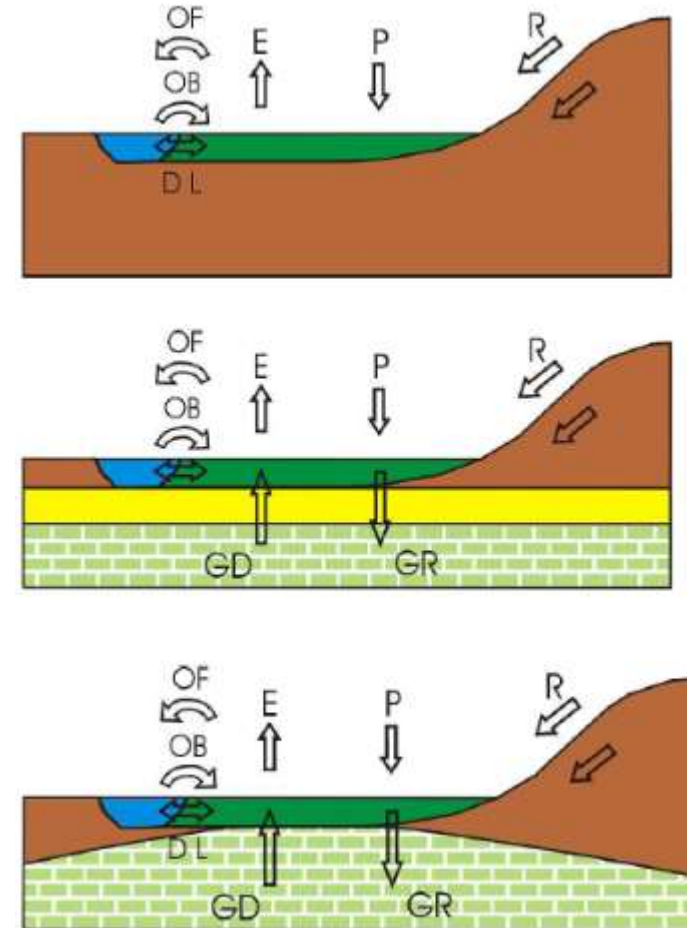


Illustration 33 - Zones humides de vallée

Abréviations utilisées:

- P = précipitations
- E = évapotranspiration
- R = ruissellement (*run off*)
- L = arrivée d'eau latérale (*lateral inflow*). L'eau s'écoule à travers le sol depuis un fossé, une rivière ou un lac vers la zone humide (ZH). Le niveau d'eau de la ZH est plus bas que celui de la masse d'eau
- D = drainage. L'eau s'écoule à travers le sol depuis la ZH vers un fossé, une rivière ou un lac. Le niveau d'eau de la ZH est plus bas que celui de la masse d'eau réceptrice.
- OB = (*over bank flow*). L'eau s'écoule depuis un fossé, une rivière ou un lac vers la ZH. Le niveau d'eau de la ZH est plus bas que celui de la masse d'eau réceptrice.
- OF = (*surface out flow*). L'eau s'écoule depuis la ZH vers un cours d'eau. Cela inclut l'eau retournant à la rivière après la décrue. Le cours d'eau peut prendre sa source dans la ZH
- S = source (*spring*)
- GD = vidange de nappe (*groundwater discharge*). L'eau s'écoule verticalement, de bas en haut, de l'aquifère sous-jacent dans la ZH. Le niveau piézométrique de l'aquifère est supérieur au niveau d'eau de la ZH
- GR = recharge de nappe (*groundwater recharge*). L'eau s'écoule verticalement, de haut en bas, de la ZH vers l'aquifère sous-jacent. Le niveau piézométrique de l'aquifère est inférieur au niveau d'eau de la ZH
- GS = exutoire de nappe (*groundwater seepage*). L'eau s'écoule latéralement de l'aquifère adjacent dans la ZH

Issu de BRGM 2010. Contribution à la caractérisation des relations entre eau souterraine, eau de surface et écosystèmes terrestres associés en lien avec la DCE. Rapport final. BRGM/RP-57011-FR. 235 p.

RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

3/ Etat initial de la zone humide dégradée

- Les enjeux territoriaux identifiés permettent de prioriser les fonctions à évaluer
 - Orientent le mode de diagnostic
 - Guident le choix d'indicateurs
- Distinguer les suivis mis en place pour évaluer les enjeux du site de ceux permettant d'évaluer le succès des opérations
 - Peuvent être les mêmes mais pas nécessairement



*Attention aux contraintes réglementaires:
détection des espèces protégées*

RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

Vérification de la pertinence du choix du site



Avant de poursuivre le projet de restauration, vérifier si:

- **Le dysfonctionnement** de la zone humide est **avéré**
 - L'altération visible impacte-t-elle réellement le fonctionnement de la zone humide?
- Les **altérations de l'environnement alentour** n'ont pas plus d'impact sur le fonctionnement de la zone humide que la dégradation présente sur le site lui-même
 - Si c'est la cas, vérifier qu'il est possible d'agir sur la source d'altération
- Vérifier la **faisabilité réglementaire et foncière**

RÉALISATION D'UN DIAGNOSTIC EMBOITÉ

Synthétiser et hiérarchiser les enjeux

- Enjeux du territoire
- Enjeux du site



Enjeux écologiques: faune et/ou flore patrimoniale ou d'intérêt, continuité écologique ...



Enjeux biogéochimiques: qualité de l'eau, stockage de carbone, rétention de polluants...



Enjeux hydrologiques: régulation des crues, soutien d'étiage ...



Enjeux socio-économiques: maintien de l'activité agricole, maintien d'un type de paysage, ouverture au public, sensibilisation...

DIAGNOSTIC AVANT TRAVAUX

Exemple de tableau d'aide à la décision

Fonctions	Enjeux	Niveau de l'enjeu		Etat du site avant travaux	Priorité d'action
		Territoire	Site		
Biogéochimique	 Régulation qualitative de l'eau	●●●	●●●	●●●●●	●○○
Hydrologique	 Régulation quantitative de l'eau	●○○	●○○	●○○○○	●●●
Biologique	 Continuité écologique	○○○	○○○	NA	
	 Diversité floristique	●○○	●●●	●○○○○	●●○
	 Diversité faunistique	●○○	●●○	●●○○○	●○○
Socio-économique	 Maintien de l'activité agricole	●●●	●●●	●●●●●	●●●

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN PROJET DE RESTAURATION

DÉFINITION DES OBJECTIFS

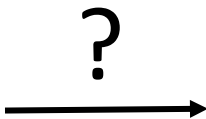
DÉFINITION DES OBJECTIFS

L'ÉCOSYSTÈME DE RÉFÉRENCE



- Déterminer l'**écosystème cible** (référence) → restauration
et/ou
- Définir quelles fonctions doivent être restaurées en priorité pour répondre aux enjeux définis aux différentes échelles → réhabilitation

Un écosystème de référence, ou référence, sert de modèle pour la planification d'un projet de restauration et ensuite pour son évaluation.
Abécédaire de la SER, 2004



L'ÉCOSYSTÈME DE RÉFÉRENCE

- Choix basé sur **l'historique du site** - ce qu'il était avant son altération
- En l'absence d'historique connu, se baser:
 - sur les écosystèmes présents aux alentours dans le même contexte hydro-géo-morphologique (**potentiel du site**)
 - sur des sources bibliographiques



USAGES ET GESTION



Inclure les usagers actuels et/ou futurs lors de la définition des objectifs

Les usages et le mode de gestion entraînent des contraintes à intégrer en amont du projet



TRADUIRE LES OBJECTIFS STRATÉGIQUES EN OBJECTIFS OPÉRATIONNELS



Triptyque: pour qui, pourquoi, comment?



Premier objectif = Faire revenir l'eau

→ **Restaurer un fonctionnement hydraulique** adéquate pour le développement du type de zone humide ciblé



Points de vigilance

- Attention à ce que les objectifs du projet de restauration soient en **adéquation avec les enjeux du territoire**
- Attention à ce que le projet ne priorise pas trop une fonction aux dépens des autres



DÉFINITION DES OBJECTIFS

Exemple : Ancienne pisciculture du Corroac'h, Plomelin (29), site ENS du CD du Finistère



DÉFINITION DES OBJECTIFS

Exemple : Ancienne pisciculture du Corroac'h, Plomelin

ENJEUX



- Continuité écologique du cours d'eau
- Connectivité cours d'eau-zone humide
- Biodiversité

OBJECTIFS



Objectifs stratégiques

- Restaurer la continuité latérale et longitudinale du cours d'eau
- Permettre le développement d'une prairie humide diversifiée



Objectifs opérationnels

- Supprimer la passe à poisson défectueuse
- Déconnecter le cours d'eau du plan d'eau
- Créer une nouvelle passe à poisson
- Supprimer l'infrastructure de l'ancienne pisciculture
- Recréer un sol au niveau naturel
- Recréer un lit pour le cours d'eau dans son ancien talweg
- Laisser la végétation se développer spontanément

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN PROJET DE RESTAURATION

PLANIFIER ET METTRE EN ŒUVRE LES TRAVAUX

DÉFINITION DES MODES OPÉRATOIRES ET DES MODALITÉS D'INTERVENTION

Comment atteindre les objectifs fixés?

→ Quelles opérations permettent de résoudre les problèmes identifiés?

- Quelles sont les différentes phases à programmer?
- Dans quel ordre effectuer les opérations?
- Quand effectuer les opérations?

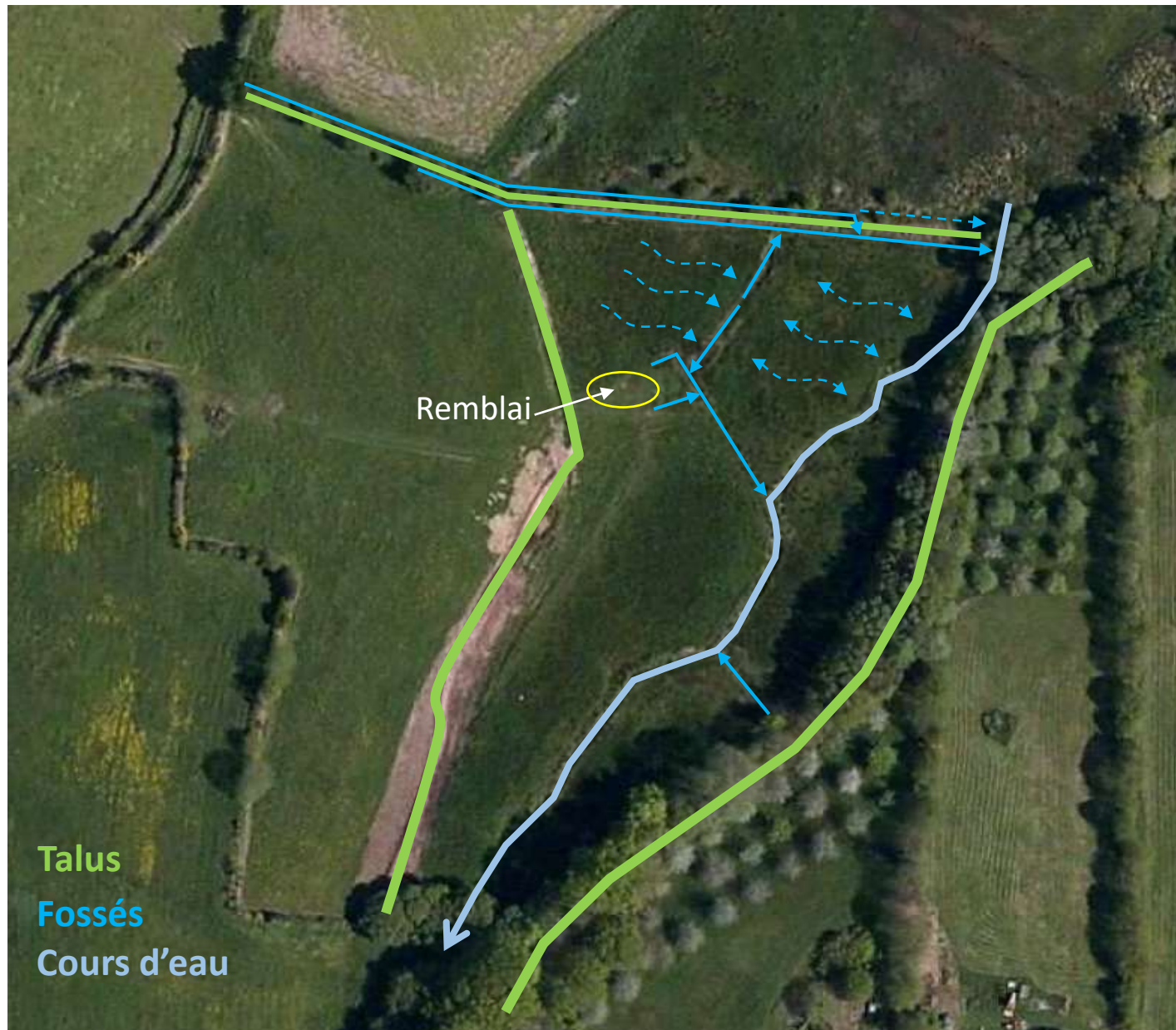


Tenir compte :

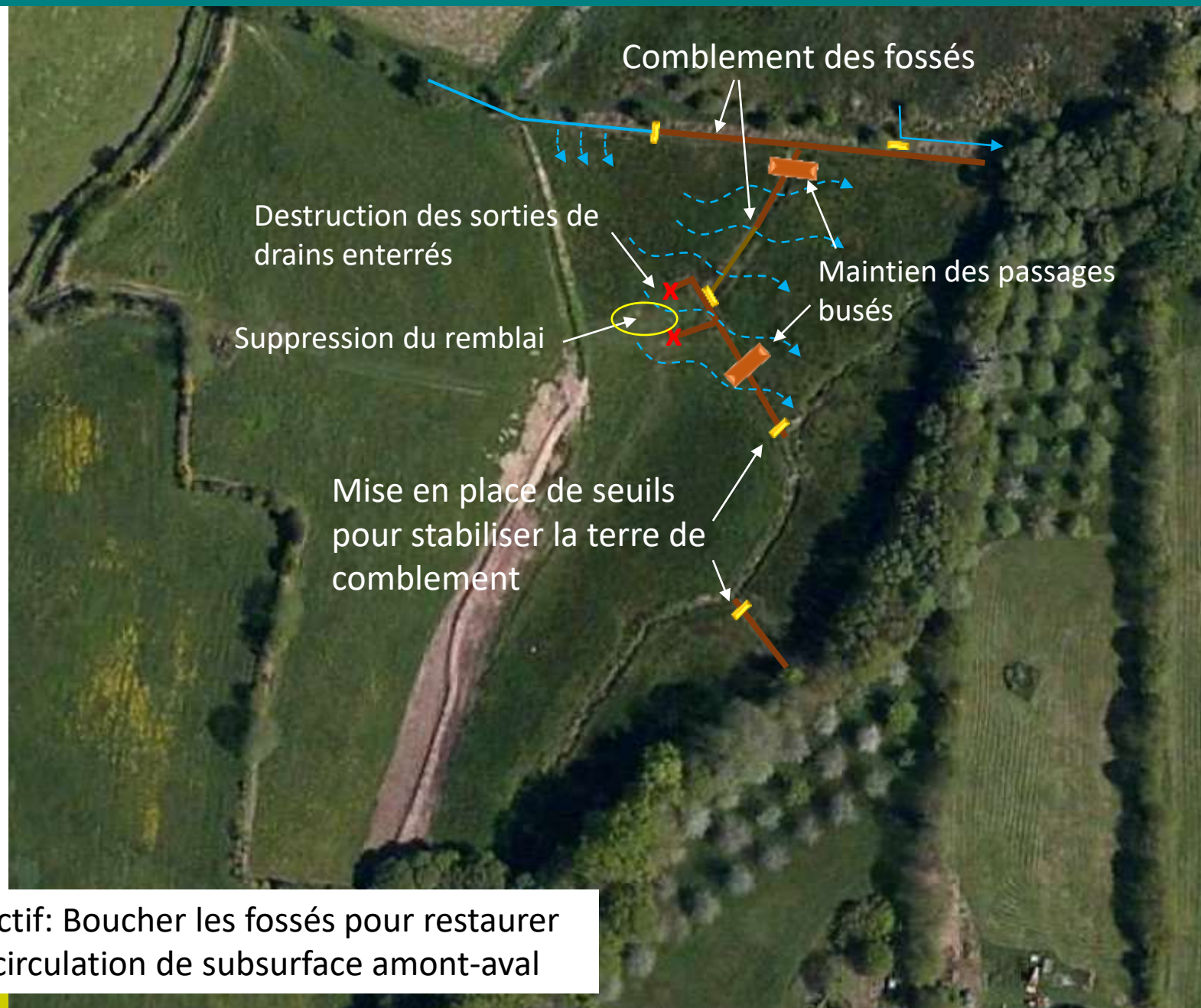
- Du cycle de vie des espèces présentes
- Des contraintes de portance du site
Période d'étiage ≈ fin août – fin octobre



PLANIFIER ET METTRE EN ŒUVRE LES TRAVAUX



PLANIFIER ET METTRE EN ŒUVRE LES TRAVAUX



Objectif: Boucher les fossés pour restaurer une circulation de subsurface amont-aval

CHOIX DES ITINÉRAIRES TECHNIQUES

- Quel mode opératoire, quel type de matériel ou d'engins utiliser ?



Evaluer la faisabilité de l'intervention

- Contexte réglementaire
- Acteurs pouvant intervenir (en interne ou prestation) et moyens disponibles
- Accessibilité
- Portance du sol
- Filières d'exploitation des produits extraits du site le cas échéant
- Faisabilité financière



<http://zoneshumides29.fr>



<https://www.pole-tourbieres.org/>

Travaux en zones humides - Vade-mecum
des bonnes pratiques

PLANIFIER ET METTRE EN ŒUVRE LES TRAVAUX

Faisabilité réglementaire

Depuis le 1^{er} septembre 2020, le Décret n° 2020-828 du 30 juin 2020 modifiant la nomenclature et la procédure en matière de police de l'eau entre en application.

➔ Ajout au R214.1 du Code de l'environnement (nomenclature eau) la **rubrique 3.3.5.0.** :

« Travaux, définis par un arrêté du ministre chargé de l'environnement, ayant uniquement pour objet la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques, y compris les ouvrages nécessaires à cet objectif (D). Cette rubrique est exclusive de l'application des autres rubriques de la présente nomenclature. Ne sont pas soumis à cette rubrique les travaux n'atteignant pas les seuils des autres rubriques de la présente nomenclature. »

Webinaire (document à venir)



Zones humides et réglementation :
vos questions, nos réponses !

Avec le soutien technique de



Avec le soutien financier de



SPATIALISME TERRITORIAL ET RÉSILIENCE

<http://www.forum-zones-humides.org/reglementation-zh.aspx>



http://zonesthumides29.fr/outils_r.html

Travaux de restauration concernés (définis par l'arrêté du ministère de l'environnement)

- Désendiguement
- Déplacement du lit mineur pour améliorer la fonctionnalité du cours d'eau ou rétablissement du cours d'eau dans son lit d'origine
- Restauration de zones humides
- Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges
- Reméandrage ou remodelage hydro-morphologique
- Recharge sédimentaire du lit mineur
- Remise à ciel ouvert de cours d'eau couverts
- Restauration de zones naturelles d'expansion des crues.

Aide à l'interprétation de l'article:

- ❖ Si les travaux dépassent un ou des seuils visés aux rubriques de la nomenclature Eau et s'ils figurent dans la liste prévue par l'arrêté du 30 juin 2020, ils sont soumis à déclaration au titre uniquement de la rubrique 3.3.5.0, quelle que soit l'importance des travaux.
- ❖ Si les travaux ne dépassent aucun des seuils visés aux autres rubriques de la nomenclature Eau, mais figurent sur la liste des travaux prévus par l'arrêté, la rubrique 3.3.5.0 ne s'applique pas.
- ❖ Si les travaux figurent seulement dans la rubrique 3.3.5.0 et dans aucune autre rubrique, les travaux sont soumis à déclaration au titre de la rubrique 3.3.5.0.

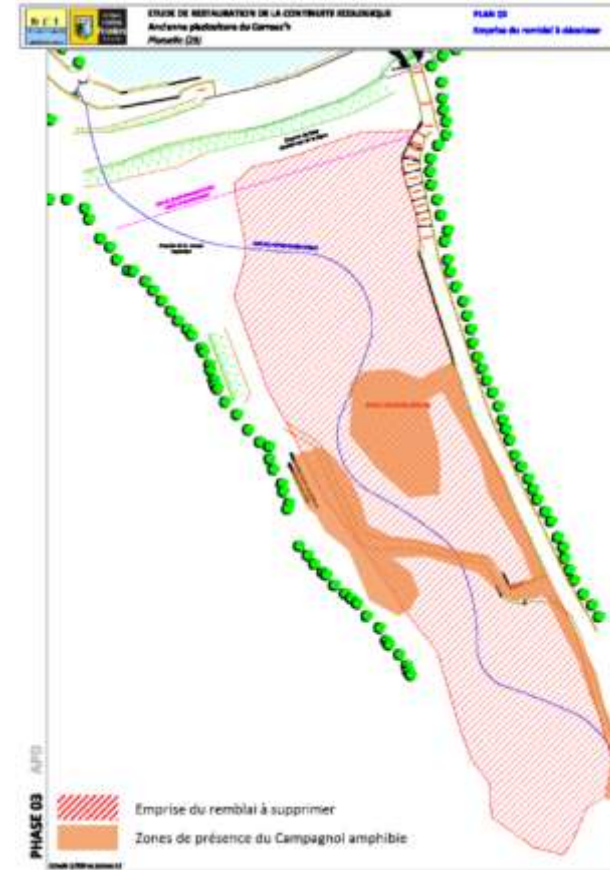
DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES (DCE)

= Traduire les itinéraires techniques pressentis en cahier des charges



Dans le dossier de consultation des entreprises (DCE), préciser:

- Les contraintes liées à l'intervention en ZH
- Les contraintes liées aux espèces présentes (protégées ou non)



DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES (DCE)

Visite de site

Faire une **visite de site** avec les entreprises **avant la remise des offres**

Idéalement dans les conditions similaires à celle du chantier

- Permet aux entreprises de prendre conscience des **contraintes du chantier**
- Permet de repérer à priori avec les entreprises les **secteurs sensibles** (présence d'espèces protégées, zones à préserver...) et les contraintes inhérentes



PENDANT LES TRAVAUX

Un besoin de pédagogie

Les entreprises ont peu l'expérience de travaux en zone humide et sont souvent éloignées des préoccupations de la restauration de milieux naturels



Conseil

Expliquer personnellement aux conducteurs d'engins les raisons des travaux et les modes opératoires



Points de vigilance

- **Être présent** en permanence les premiers jours puis passer au moins une fois par jour pendant la durée des travaux
- Matérialiser les secteurs à préserver sur site (piquetage clair):
un plan ne suffit jamais



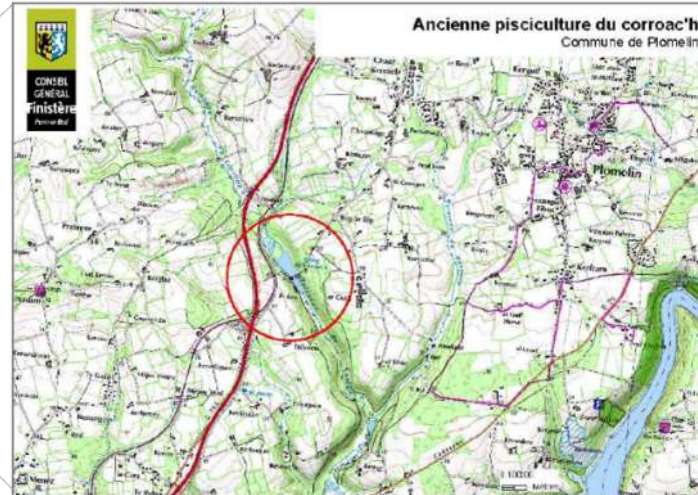
EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

ANCIENNE PISCICULTURE DU CORROAC'H, PLOMELIN (29)



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

ANCIENNE PISCICULTURE DU CORROAC'H, PLOMELIN (29)



Le site

Ancienne pisciculture du Corroac'h,
Plomelin (29)
ENS du Conseil départemental du Finistère

- Arrêt de l'activité en 2006
- Remblaiement des bassins et abandon du site

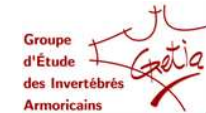


EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

Suivis avant-après travaux

Evolution spatio-temporelle des communautés végétales

- Inventaires floristiques
- Relevés phytosociologiques
- Transects de quadrats contigus (1 x 1 m)



Evolution des communautés faunistiques

- Araignées et carabidés: piégeage par Barbers entre avril et juillet
- Inventaires qualitatifs: batraciens, odonates, orthoptères et hétérocères
- Inventaires semi-quantitatifs des micromammifères semi-aquatiques

Fonctionnement hydrologique

- Mise en place de transects piézométriques

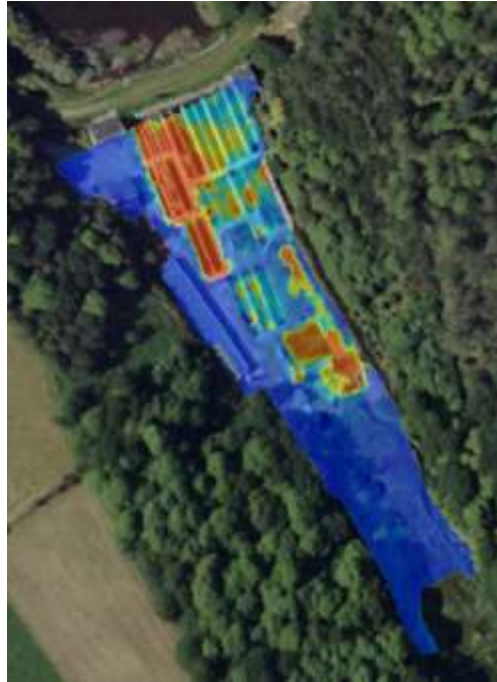


Fonctionnement biogéochimique

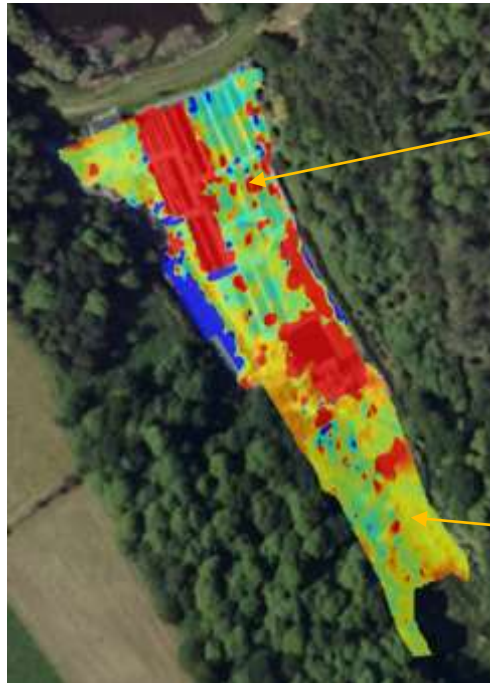
- Teneur en C, N, P totaux; nitrate et ammonium du sol (mars, juin, novembre)



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION



Analyse de la conductivité électrique du sol à 0,75 et 1,5 m



Fosses exploratoires: 1 jour de pèle



Espèces patrimoniales et protégées recensées sur le site

Deux espèces de micromammifères dont les individus et l'habitat sont protégés au niveau national :

- Le Campagnol amphibie
- La Crossope aquatique

Quatre espèces d'invertébrés patrimoniales dont une protégée au niveau national :

- L'Orthétrum brun
- l'Agrion délicat
- L'Agrion de Mercure (protection nationale)
- Le Cordulégastre annelé

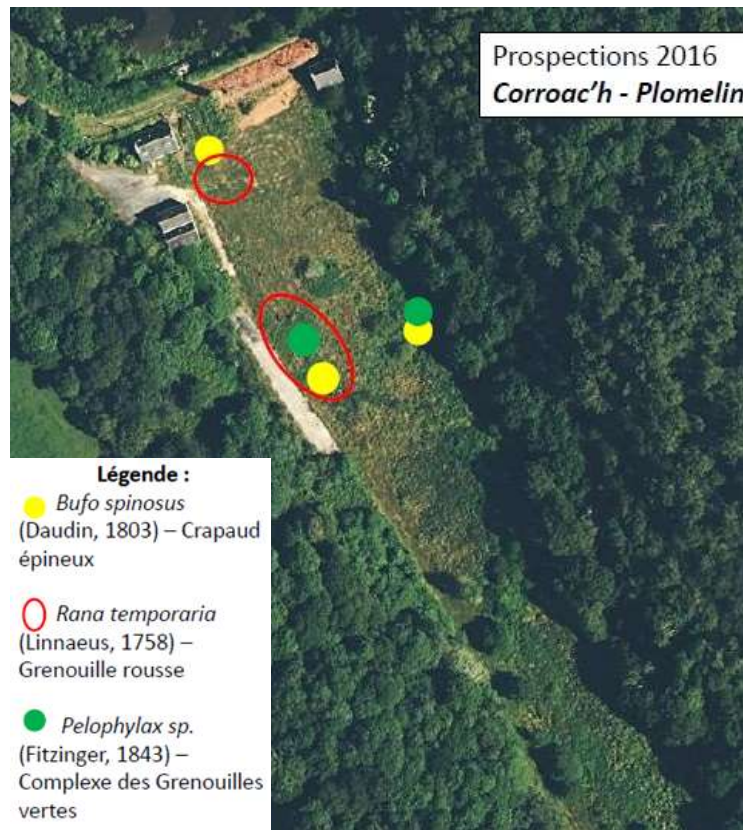
Quatre espèces de batraciens :

- Le Triton palmé
- La Grenouille rousse
- La Grenouille verte
- Le Crapaud épineux

Espèces parmi les plus fréquentes en Bretagne, mais la destruction d'individu est interdite au niveau national, ainsi que l'habitat du Triton palmé.

EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

Localisation des espèces protégées



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

ANCIENNE PISCICULTURE DU CORROAC'H, PLOMELIN (29)



Enjeux

- Continuité du cours d'eau: passe à poisson défectueuse (ouvrage Grenelle), plan d'eau sur cours
- Continuité des milieux humides en fond de vallée
- Continuité latérale cours d'eau-zone humide

Objectifs

- Restaurer la continuité longitudinale et latérale du cours d'eau
- Restaurer une prairie humide diversifiée



Enjeux spécifiques identifiés lors de l'état initial

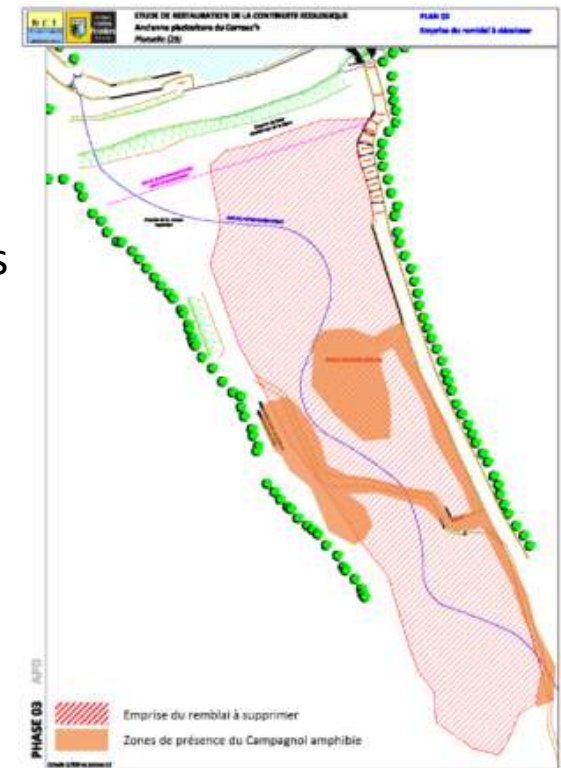
Présence de 6 espèces protégées

EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

ATTÉNUATION DES IMPACT EN PHASE TRAVAUX

Accompagnement du maître d'ouvrage sur le volet espèces protégées

- **Accompagnement des démarches réglementaires espèces**
Demande de dérogation pour destruction d'espèces et d'habitat d'espèces protégées
- **Protocole de réduction des impacts sur les espèces protégées**
- **Propositions et accompagnement lors des travaux**
Décapage lent de l'horizon organique de l'ensemble du site avant terrassements
→ Permet la mise en fuite des individus vers le cours d'eau ou les milieux adjacents



ATTÉNUATION DES IMPACT EN PHASE TRAVAUX

- Concentration des eaux de surface et mise en place d'un bassin tampon avant rejet dans le cours d'eau



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

MISE EN ŒUVRE DES TRAVAUX

Période

Septembre-Novembre 2016

Opérations

- Suppression de 9 750 m³ de remblai dont 1435 t de béton



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

Opérations

- Création de 180 m de cours d'eau



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

Opérations

- Déconnexion du cours d'eau de l'étang et mise en place d'une rampe rugueuse de 60 m



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

MESURES CORRECTIVES

- Creusement d'une nouvelle mare suite au constat de la non fonctionnalité de la première (assèchement trop rapide et forte mortalité de têtards)
- Ajout d'un seuil à la passe à poisson pour diminuer la hauteur de la première chute



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

EVALUATION DE L'OPÉRATION

Evaluation visuelle de l'état du cours d'eau

- Diversification des habitats et des faciès d'écoulement
- Débordement en période de crue

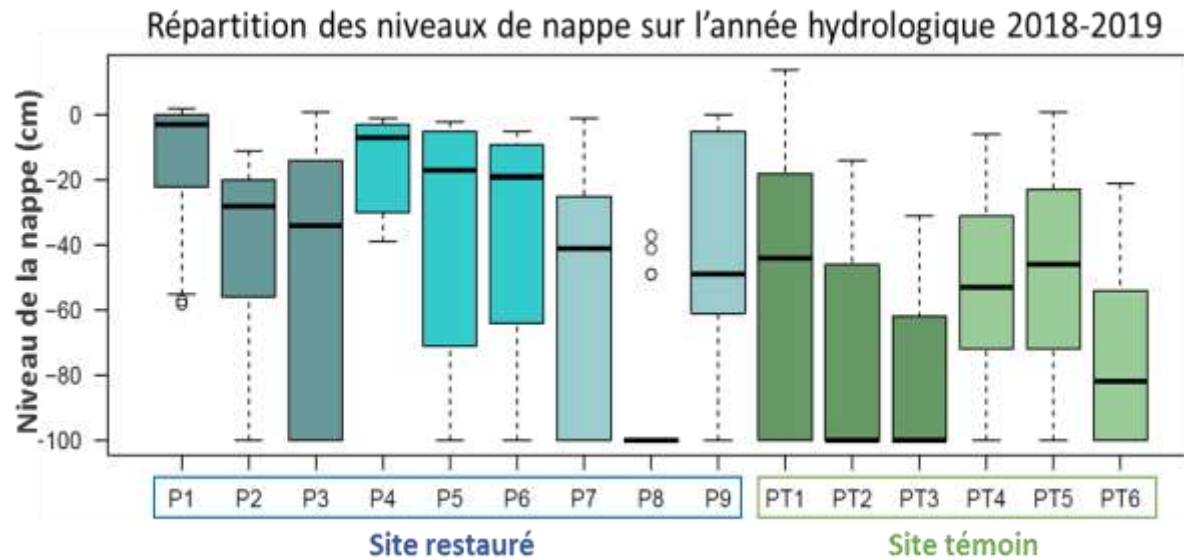


EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

EVALUATION DE L'OPÉRATION

- **Suivi piézométrique post-travaux**

Comparaison site restauré et site témoin



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

- Suivi des teneurs en azote minéral du sol



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

- Transects de végétation traduits en indice de Hill

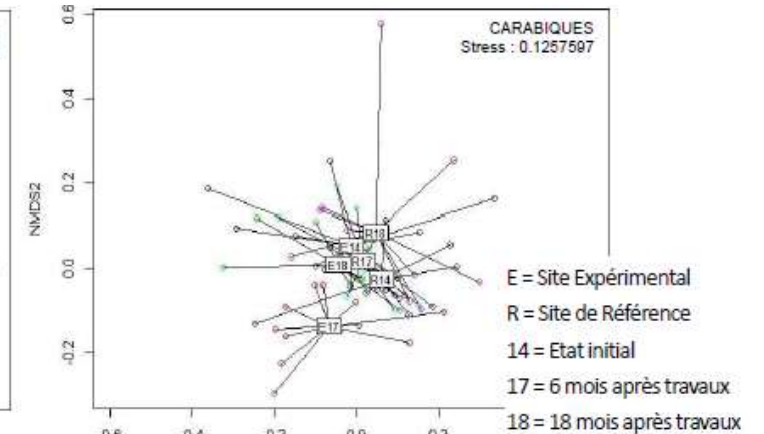
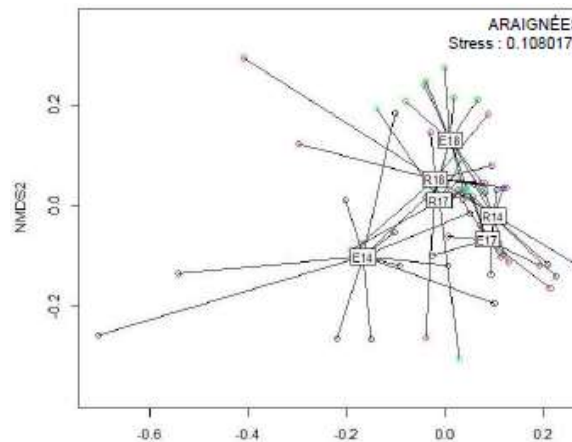
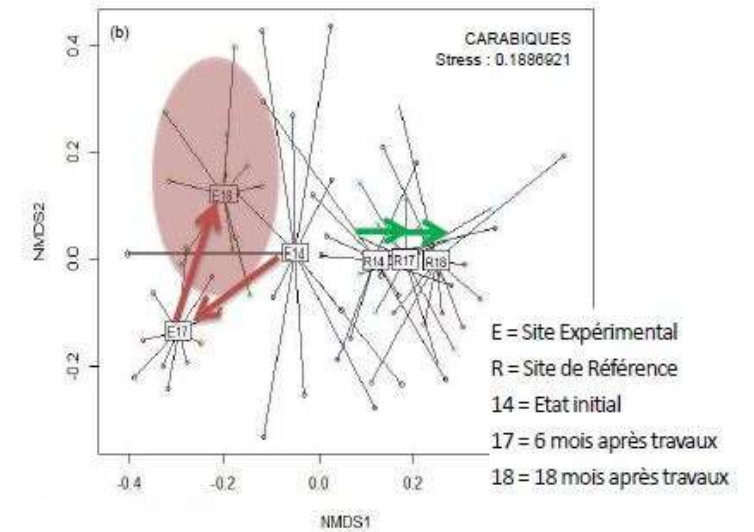
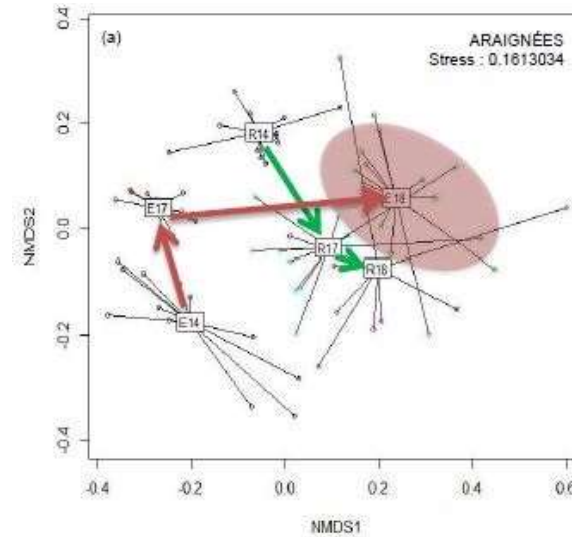


EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

- Evolution des peuplements d'arthropodes

Ordination NMDS (Non-metric multidimensional scaling) des espèces d'araignées et de carabes sur les sites pilotes (E) et témoins (R) selon les années d'échantillonnage.

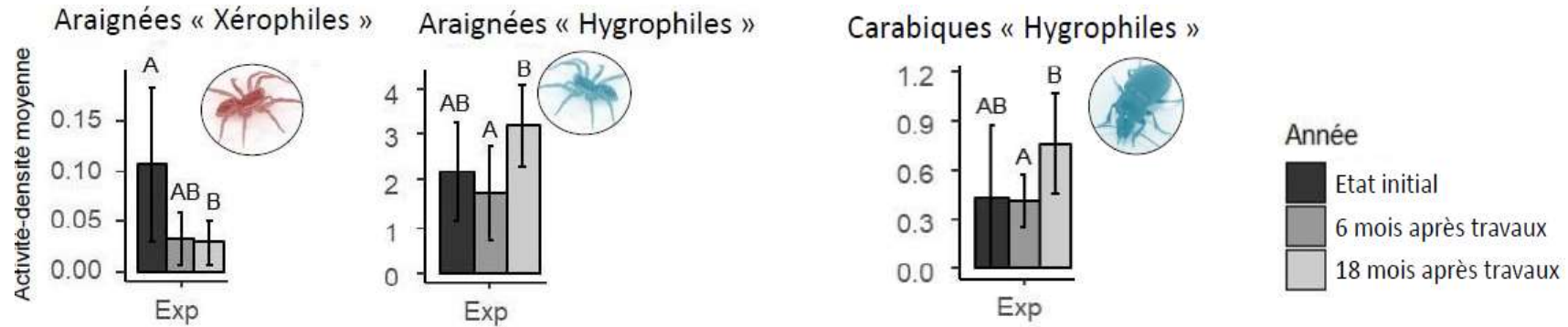
Ordination NMDS sur les groupes fonctionnels d'araignées et de carabes sur les sites pilotes (E) et témoins (R) selon les années d'échantillonnage.



Conrad (2018)

EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

- Evolution des peuplements d'arthropodes



EXEMPLE DE PROJET DE RESTAURATION

Evolution des fonctions

Enjeux	Priorité	Etat avant travaux	Etat 5 an après travaux	Evolution
 Régulation qualitative de l'eau	●○○	○○○○○	●●●●●	↗
 Régulation quantitative de l'eau	●○○	○○○○○	●●●●○	↗
 Continuité écologique	●●●	●○○○○	●●●●●	↗
 Diversité floristique	●●○	●●●●○	●●●●○	→
 Diversité faunistique	●●○	●●●●○	●●●●○	→
 Maintien de l'activité agricole	●○○	NA	NA	NA



EXEMPLES DE TRAVAUX DE RESTAURATION



EXEMPLES DE TRAVAUX DE RESTAURATION

LA SUPPRESSION DE REMBLAI

SUPPRESSION DE REMBLAI

Objectifs des travaux

- Retrouver le niveau du terrain saturé en eau
- Retrouver la capacité de débordement du cours d'eau



SUPPRESSION DE REMBLAI

Avant travaux

- Réaliser des sondages (fosses) pour vérifier:
 - La nature des remblais
 - La profondeur de l'horizon organique
 - Le volume à supprimer
 - Si le sol a été modifié sous le remblai
- Etudier les options de valorisation sur site ou à proximité



Point de vigilance

Attention au tassement du sol sous remblai qui risque d'amener l'ancienne surface plus bas que le terrain naturel (ou niveau souhaité)

- risque de zone plus humide après travaux qu'avant altération et difficulté de gestion
- un travail du sol ou un sous-solage peut être nécessaire
(Techniques à tester, pas encore de recul)

SUPPRESSION DE REMBLAI



Sur du remblai simple:

Repérage du terrain naturel (TN) par le changement de couleur



TN

→ Décaissement trop profond

Avant travaux

Exemple d'analyse complémentaire possible sur du remblai complexe

Fosses exploratoires: 1 jour de pèle

Analyse de la conductivité électrique du sol

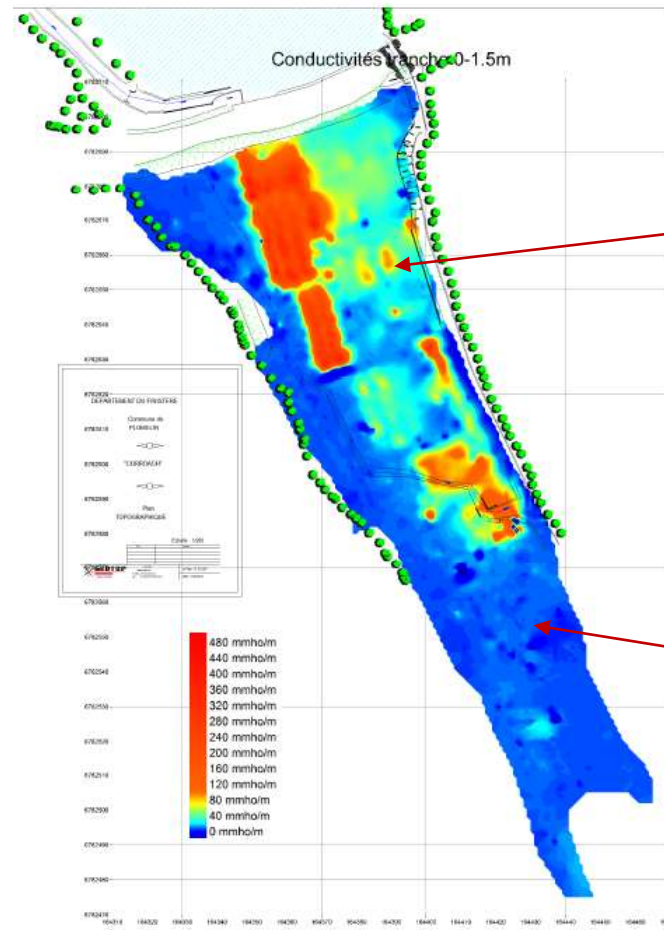


Figure 7 : Conductivités apparentes de la tranche 0-1.5 m



Mode opératoire

- Réaliser la suppression de remblai d'aval en amont pour que les engins « restent au sec »
- Travailler l'ensemble du modelé en une seule passe par secteur
- Lisser le sol sans tasser en surface (tassement en fond parfois nécessaire)
- Finition à définir en fonction des usages après travaux et du tassement du sol: dépierrage, travail du sol en surface...



Démarche à suivre en présence d'espèces animales protégées

- Fauche/débroussaillage de la végétation quelques jours avant le chantier pour rendre le milieu peu accueillant.
- Décapage lent du secteur des travaux **d'amont en aval** (contraire à la logique de chantier) pour laisser s'échapper les individus
- Décapage progressif de l'horizon organique par petites épaisseurs
- Reprendre la suppression du reste du remblai d'aval en amont



EXEMPLES DE TRAVAUX DE RESTAURATION

LA NEUTRALISATION DE DRAINAGE

MODIFICATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

DRAINAGE

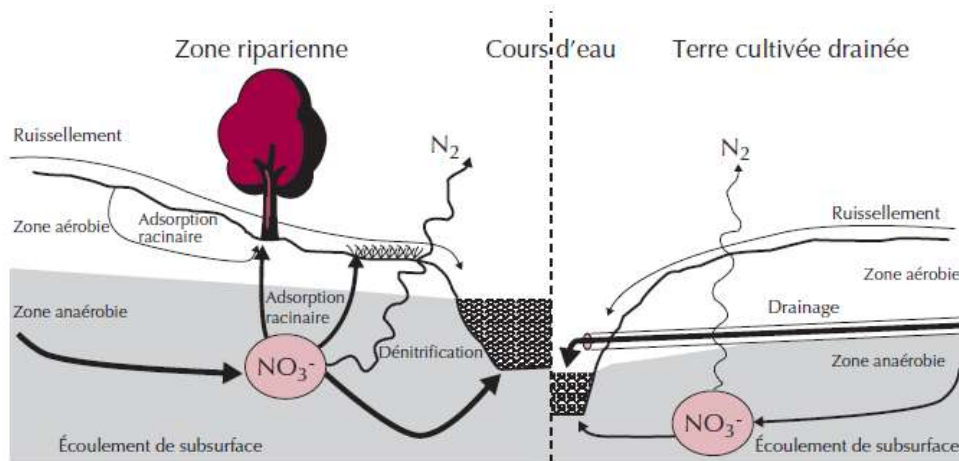
Effet du drainage

Abaisse le toit de nappe

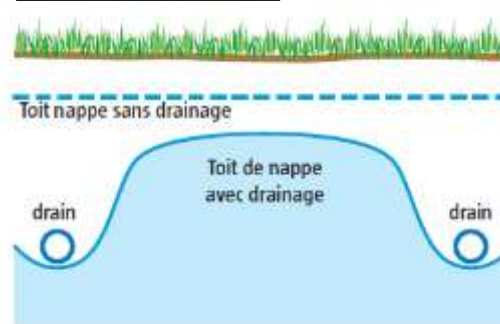
Accélère les flux d'eau hors du site



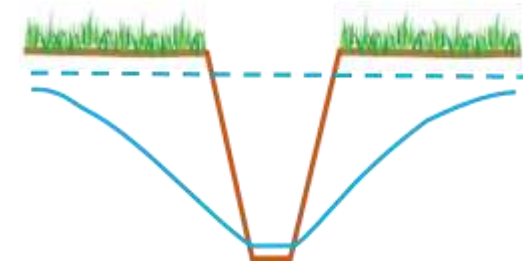
Souvent couplés à des cours d'eau sur-créusés



Drains enterrés



Fossés de drainage



Objectifs des travaux

- Faire remonter le niveau de la nappe d'eau
- Supprimer les court-circuits de l'eau (augmenter le temps de résidence)

NEUTRALISATION DU DRAINAGE

COMBLEMENT DE FOSSÉS DE DRAINAGE

Mode opératoire

- Supprimer la vase dans le fond du fossé pour stabiliser le fond de forme
- Tasser la terre dans le fond mais pas en surface



Points de vigilance

- Attention aux espèces protégées (odonates et micromammifères)
→ Procéder comme pour la suppression de remblai sur les bords des fossés
- Provenance de la terre utilisée pour le comblement (attention aux espèces invasives)
→ Si apport de terre nécessaire la mettre au fond

NEUTRALISATION DU DRAINAGE



- Attention à la compaction de la terre de comblement:
→ prévoir de bomber largement pour éviter les dépressions
qui créeront des court-circuits de l'eau
(+/- 20 % de volume en plus à prévoir)



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET

Suppression de fossés de drainage d'une prairie de fond de vallée, Saint Evarzec (29)



- **Enjeux :**

Qualité de l'eau

Qualité fourragère

- **Objectifs**

Objectif principal : Rehausser le niveau de la nappe afin d'optimiser les conditions d'abattement de l'azote par dénitrification

Objectif secondaire : Augmenter la valeur fourragère par contrôle du jonc diffus

NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET

Suppression de fossés de drainage d'une prairie de fond de vallée, Saint Evarzec (29)

- Etat du site avant travaux



Réseau de fossés profonds (environ 80 cm à 1m20 m)



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET

Suppression de fossés de drainage d'une prairie de fond de vallée, Saint Evarzec (29)

- **Travaux** : Septembre 2014
Comblement des fossés de drainage avec les matériaux d'anciens curages
- **Coût total** (location de la pelle, travaux en régie) : 560 € HT



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET

Suppression de fossés de drainage d'une prairie de fond de vallée, Saint Evarzec (29)

Avant travaux



Fin de chantier



3 mois après travaux



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

MISE EN PLACE D'OBSTACLES À L'ÉCOULEMENT

- **Mise en place de batardeaux (étanches)**



Peut être doublé de bouchons
ou d'un comblement par divers
matériaux (tourbe, sciure, terre)

Life tourbières du Jura:
Comblement des fossés avec de la sciure



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

MISE EN PLACE D'OBSTACLES À L'ÉCOULEMENT

- **Le fascinage : obstacle perméable**

Piquets dans la berge et bourrage de branches et rondins

→ Freine les écoulement et fait remonter le niveau de nappe



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET



Tourbière de pente anciennement boisée et drainée par des fossés (Hanvec, 29)



- **Enjeux**

Conservation de la biodiversité/Régulation des débits

- **Objectifs**

Objectif principal : Remonter le niveau de la nappe pour revenir vers une végétation plus caractéristique des tourbières de pente.

Objectifs secondaires : Limiter la progression des ligneux et augmenter le temps de résidence de l'eau sur le site



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET

Tourbière de pente anciennement boisée et drainée par des fossés (Hanvec, 29)

- Etat du site avant travaux



Fossés de 80 cm à 1 m de profondeur (jusque la roche) avec débit torrentiels en hiver.

EXEMPLE DE PROJET

Tourbière de pente anciennement boisée et drainée par des fossés (Hanvec, 29)

- **Travaux:** Octobre-Novembre 2014
 - Abattage des repousses de résineux
 - Mise en place de fascines en travers des fossés principaux
 - Création de brèches dans les talus latéraux
 - Complements localisés des fossés latéraux
- **Coût total** matériel et prestations: 14 071 € HT



NEUTRALISATION DU DRAINAGE

EXEMPLE DE PROJET

Tourbière de pente anciennement boisée et drainée par des fossés (Hanvec, 29)



NEUTRALISATION DE DRAINS ENTERRÉS

- **Mode opératoire**

- **Passage d'une sous-soleuse ou d'une draineuse-trancheuse**
perpendiculairement aux drains
→ Coupe les drains en différents endroits dans la parcelle
- **Ecrasement des exutoires de drains**
→ Met en charge les drains qui finissent pas se combler de sédiments

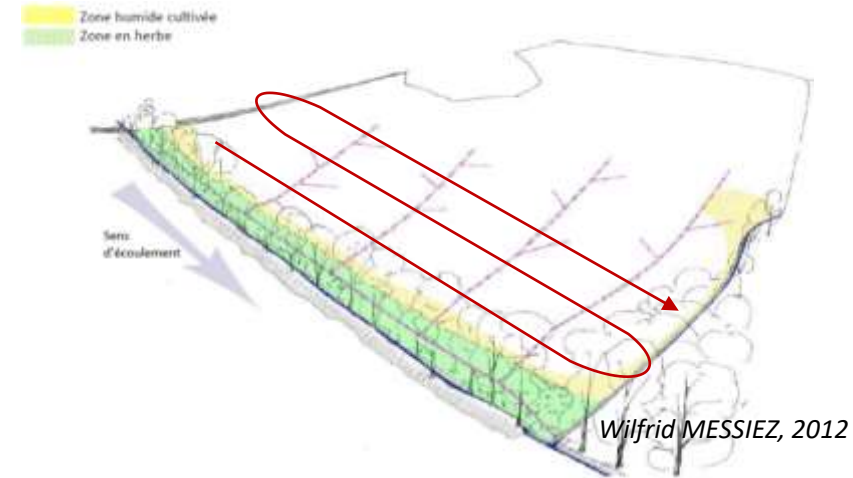


Attention: Manque de recul sur ces deux techniques de dédrainage

- **Bouchons localisés**
→ excaver localement le système de drainage et mettre en place un bouchon d'argile

Retour d'expérience positif sur tourbière

http://a-igeco.fr/site/wp-content/uploads/2020/10/PNGE2020_LaureatCat1_Castagne.pdf



EXEMPLES DE TRAVAUX DE RESTAURATION

DEPOLDERISATION

DEPOLDERISATION

Objectif

Rétablir les échanges terre – mer pour retrouver les fonctions associées aux marais salés

• Modes opératoires

- - Mise en place d'un ouvrage de régulation hydraulique dans la digue
 - Création d'une brèche dans la digue par ailleurs maintenue en place
- +
 - Suppression de la digue

Points de vigilance

Niveau topographique → oxydation de la MO et absence d'apport sédimentaire (apport de sédiments parfois nécessaire pour un résultat rapide)

Recréation de chenaux à anticiper (chenal principal)



Tollesbury, UK en 1995



*Marais salé de l'Islet à Plurien (22)
Réouverture accidentelle d'un polder*

EXEMPLES DE TRAVAUX DE RESTAURATION

TRAVAUX SUR COURS D'EAU AYANT UN EFFET SUR LES ZONES HUMIDES ATTENANTES

RESTAURATION MORPHOLOGIQUE DU COURS D'EAU

RESTAURATION MORPHOLOGIQUE DU COURS D'EAU

Recharge en granulat et remise en talweg

Objectifs vis-à-vis de la zone humide:

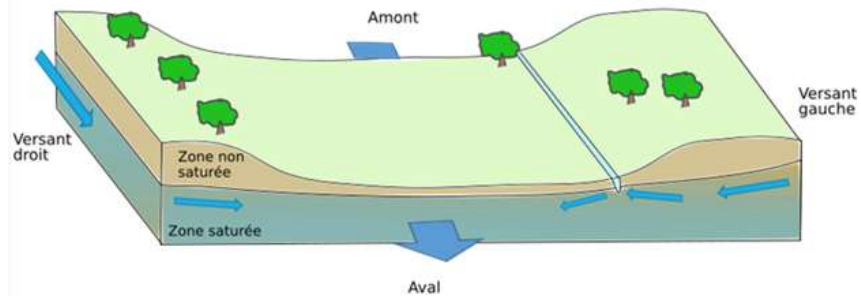
- Limiter l'effet drainant du cours d'eau → faire remonter le toit de nappe
- Recréer des connexions latérales entre cours d'eau et zone humide



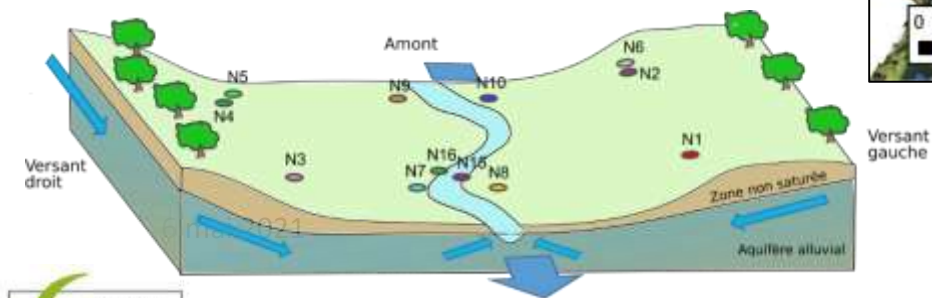
- Site du **Pas de l'Âne** à Vignoc (35)



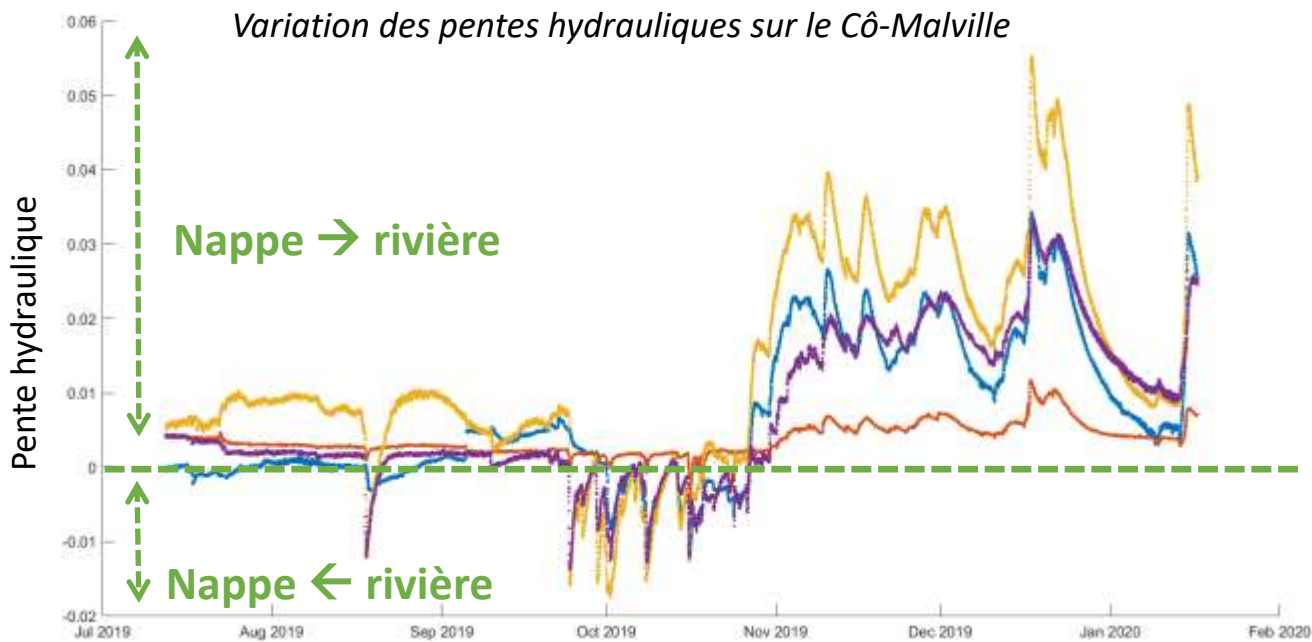
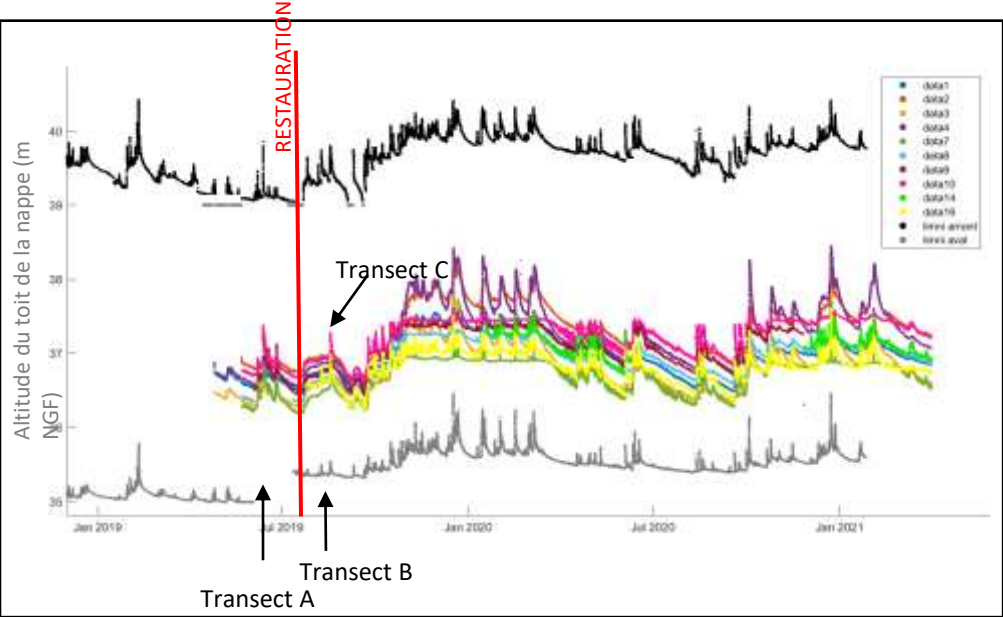
1 AVANT RESTAURATION: cours d'eau en pied de versant



2 APRES RESTAURATION: cours dans le thalweg

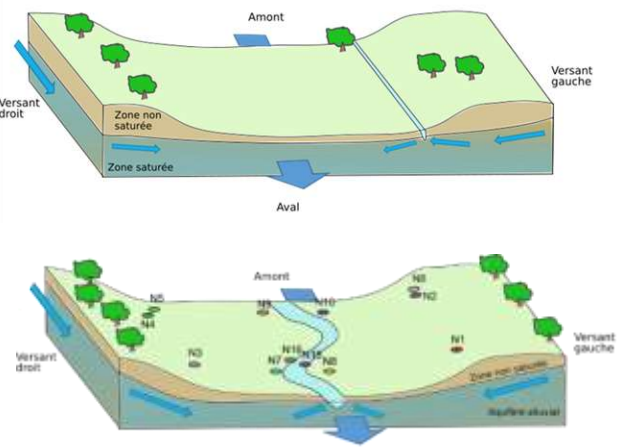


Exemple d'analyse des chroniques toit de nappe / hauteur d'eau en rivière



La nappe alimente les rivières

Site du Pas de l'Âne, Vignoc (35) – Bas fond		
% du temps entre février et octobre	27%	2019 (avant)
Profondeur du toit de la nappe inférieure à 50 cm	51%	2020 (après)



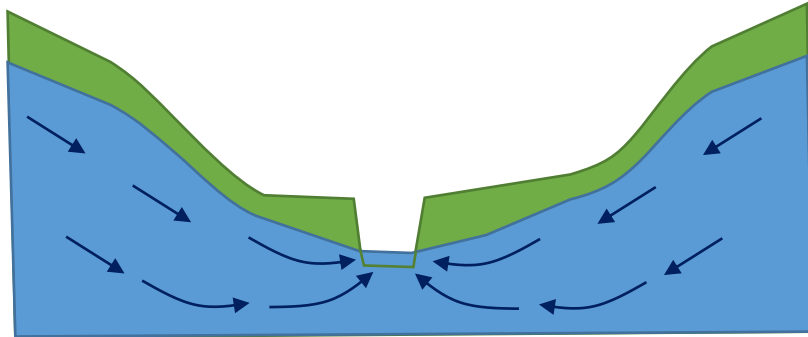
l'extension des zones humides dépend de la profondeur du toit de la nappe

RESTAURATION MORPHOLOGIQUE DU COURS D'EAU

Effet de l'apport de granulat au cours d'eau

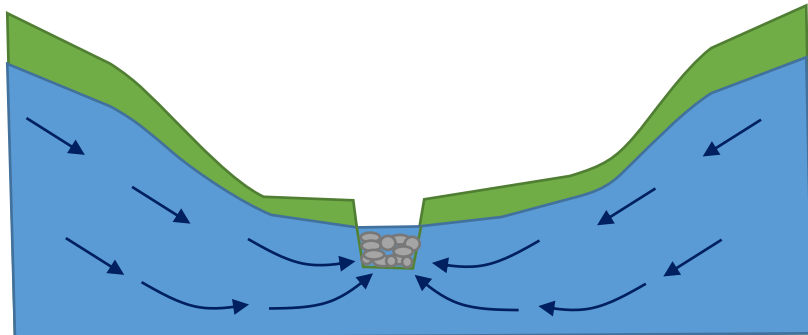


Scenario théorique, valable uniquement si l'apport d'eau du versant est suffisant



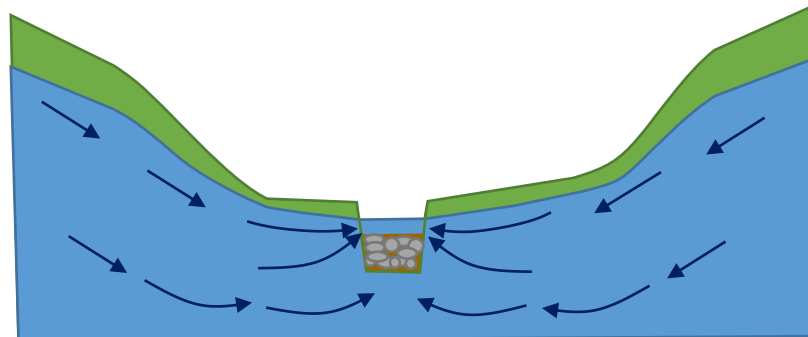
Cours d'eau sur-creusé

La nappe est drainée en fond de vallée, son niveau est bas dans la zone humide



Apport de granulat

- La section du cours d'eau est restreinte par l'apport de matériaux.
- Le niveau de la lame d'eau remonte (même volume d'eau à circuler dans un plus petit espace).
- Le granulat étant très poreux, l'effet drainant sur la nappe persiste, mais celle-ci remonte dans la zone humide du fait de la remontée du fil d'eau



Colmatage progressif du granulat (selon débit du cours d'eau et apports de l'amont):

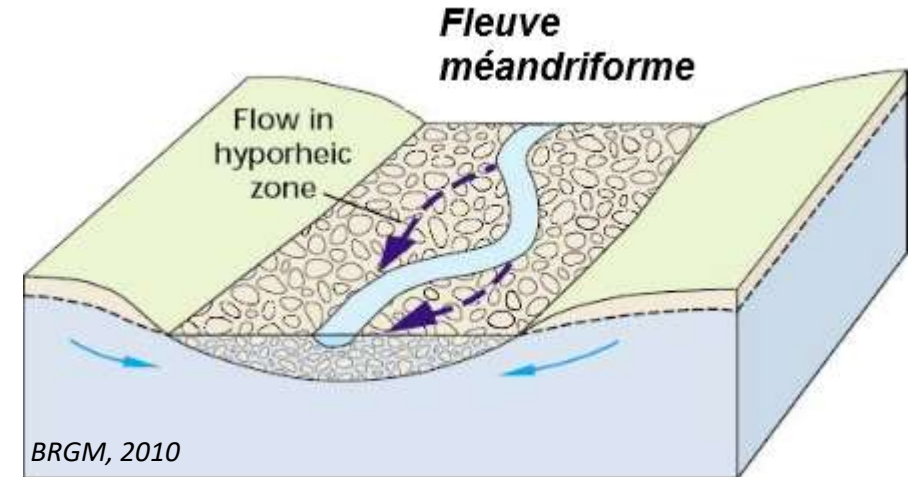
- L'effet drainant du fond du cours d'eau diminue. Moins d'eau circule dans le granulat donc la lame d'eau remonte encore.
- Le niveau du toit de nappe remonte dans la zone humide.

RESTAURATION MORPHOLOGIQUE DU COURS D'EAU

Reméandrage

Objectifs vis-à-vis des zones humides:

- Favoriser les échanges latéraux cours d'eau - zone humide

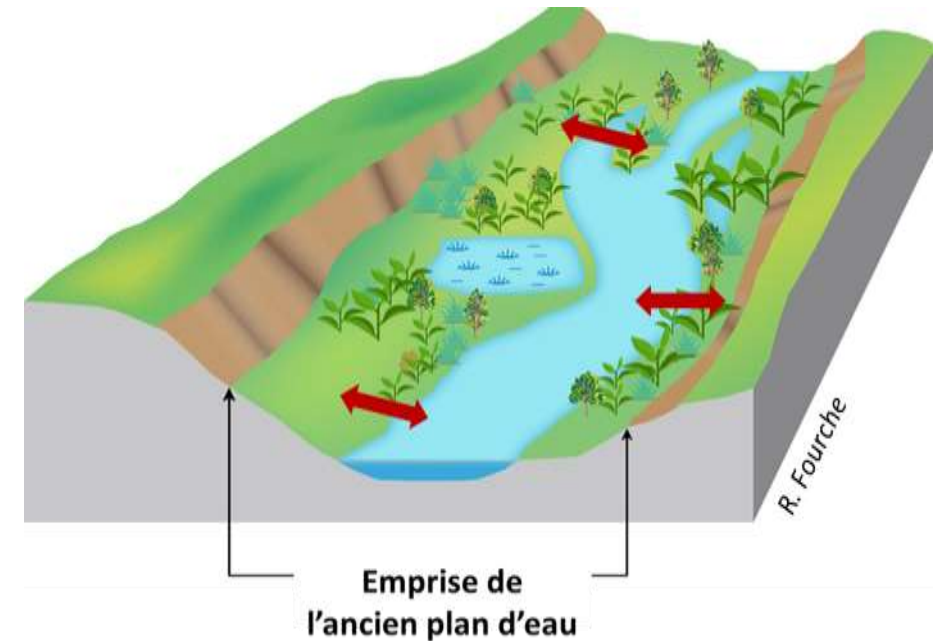


RESTAURATION MORPHOLOGIQUE DU COURS D'EAU

Suppression de plans d'eau sur cours

Objectifs vis-à-vis des zones humides:

- Regagner des surfaces de zones humides
- Restaurer une connectivité latérale avec le cours d'eau



RESTAURATION DES ZONES HUMIDES



Armel Dausse

FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, ANTENNE DE BREST

adausse@forum-marais-atl.com