

RESTAURATION DE ZONES HUMIDES ET DE COURS D'EAU SUR D'ANCIENS SITES DE LAGUNAGE

SYNTHESE DE RETOURS D'EXPERIENCES

2021



Coordination : Armel DAUSSE, Forum des Marais Atlantiques (FMA)

Rédaction : Emilie JUNGAS, Syméon KERGOURLAY

Relecture : Nathalie AUBREE (Service Eau et Assainissement, Département du Finistère), Armel DAUSSE (FMA), Gaël Mélan (DDTM 29), Mickaël LE BIHAN (OFB), Anaëlle MAGUEUR (FMA).

Document réalisé dans le cadre du **Réseau sur la restauration des zones humides de Bretagne**, financé par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, la DREAL Bretagne, la Région Bretagne et les Départements d'Ille et Vilaine et du Finistère.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1 POURQUOI RESTAURER DES ZONES HUMIDES ET DES COURS D'EAU APRES L'ARRET DE L'ACTIVITE D'UNE STATION D'EPURATION PAR LAGUNAGE ?	2
1.1 Principe de construction et de fonctionnement d'une station d'épuration par lagunage	2
1.2 Enjeux de la restauration de zones humides suite à l'arrêt de l'activité	4
1.2.1 Les différentes fonctions des zones humides et dysfonctionnements liés à la construction de la station de lagunage	4
1.3 Intérêt de la restauration de zones humides suite à l'arrêt d'exploitation de STEP	6
1.4 Les obligations réglementaires liées à l'arrêt de l'activité	7
2 PREPARER LES TRAVAUX	8
2.1 Diagnostic avant travaux et définition des objectifs	8
2.1.1 Diagnostic général	8
2.1.2 Eléments spécifiques aux STEP	9
2.2 Anticiper les impacts potentiels des travaux	10
2.2.1 Période de travaux	10
2.2.2 Impacts liés au terrassement	10
2.2.3 Impacts liés à la vidange des lagunes	11
2.3 Les contraintes réglementaires liées aux travaux	11
2.3.1 Loi sur l'eau	11
3 LES TRAVAUX	13
3.1 Précautions avant travaux	13
3.2 Types de travaux les plus courants	13
3.2.1 Vidange des bassins et gestion des boues	13
3.2.2 Démantèlement d'ouvrages en dur et réseaux	14
3.2.3 Reprofilage de la vallée en déblai-remblai	14
3.2.4 Restauration du cours d'eau	16
3.3 Aménagements complémentaires	18
3.4 Végétalisation	18
3.5 Ouverture du site au public	19
4 APRES TRAVAUX	20
4.1 Usages et gestion du site après travaux	20
4.1.1 Gestion du site	20
4.1.2 Entretien du cours d'eau réhabilité	20
4.1.3 Entretien des mares	21
4.2 Suivi/évaluation des travaux	21
5 RETOURS D'EXPERIENCES	22

INTRODUCTION

Depuis le début des années 80, le lagunage naturel s'est largement développé en France et a pris une place importante parmi les procédés de traitement des eaux usées domestiques, notamment en milieu rural. Les stations de lagunage représentent environ 20 % du parc de stations d'épuration du territoire français, et dans certains départements ruraux cette part peut atteindre, voire dépasser 50 %. Il ressort qu'environ 30 % des lagunes ont présenté, au moins une fois, un problème de dysfonctionnement attribué à des causes diverses (sous-dimensionnement, nature des effluents, prolifération algale, défaut d'entretien...). Ces stations de lagunages sont généralement situées dans les points bas des communes, pour permettre un écoulement gravitaire des eaux. Elles sont ainsi souvent construites en zone humide.

En France, la taille moyenne des installations de lagunage est de 5 500 m², soit une capacité de 500 à 600 équivalents habitants (EH). La croissance démographique, dans certaines communes rurales, ne permet plus l'utilisation de ces stations et oblige les collectivités à se tourner vers des procédés plus lourds, en boues activées ou autres, capables d'accueillir une plus grande capacité d'EH. Par ailleurs, ces systèmes passifs ne permettent que difficilement la régulation des effluents, notamment en cas d'à-coups hydrauliques. De nombreux bassins de lagunages ont ainsi été abandonnés. La remise en état des bassins de lagunage suite à l'arrêt de l'activité est définie et réglementée par l'acte qui autorise la construction de la station. Si des zones humides ont été identifiées lors de la création des lagunes, des prescriptions spécifiques doivent apparaître dans l'arrêté ou dans le dossier. Si les modalités de remise en état ne sont pas précisées dans l'arrêté, cette dernière sera réalisée en fonction de la volonté du maître d'ouvrage. De ce fait, de nombreux sites sont restés en l'état après arrêt de leur exploitation. Cependant, les anciens sites de lagunage présentent un potentiel écologique souvent important du fait de leur localisation en fond de vallée.

L'objectif de ce document, basé le recueil d'expériences, est d'apporter des conseils pour la conception et la mise en œuvre de travaux de restauration de zones humides et de cours d'eau sur des sites de lagunage en fin d'activité et au travers de fiches de retours d'expériences, d'illustrer quelques projets réalisés.



Retraitement de berge du cours d'eau sur le site des anciennes lagunes de Vignoc ©Laëtitia Citeau

1 POURQUOI RESTAURER DES ZONES HUMIDES ET DES COURS D'EAU APRES L'ARRET DE L'ACTIVITE D'UNE STATION D'EPURATION PAR LAGUNAGE ?

1.1 Principe de construction et de fonctionnement d'une station d'épuration par lagunage

Le lagunage naturel est un système d'épuration biologique des eaux usées, particulièrement adaptées aux petites collectivités. Les effluents traités concernent principalement les eaux résiduaires domestiques peu concentrées. Ces stations sont généralement alimentées de façon

gravitaire, impliquant généralement leur construction sur des points topographiquement bas. Ainsi, en Bretagne, **89 % des stations de lagunage se situent dans l'enveloppe d'une zone humide potentielle (ZHP)** (tableau 1).

Tableau 1 : Nombre et proportion de lagunes (STEP et lagunages industriels) dans les enveloppes des ZHP, par département

	Nb de lagunes	Nb de lagunes en ZHP	% de lagunes en ZHP
Morbihan	86	74	86,0
Ile et Vilaine	118	102	86,4
Cote d'Armor	127	118	92,9
Finistere	58	53	91,4
Bretagne	389	347	89,2

Le principe d'une station d'épuration par lagunage consiste à faire circuler lentement les eaux usées, généralement par gravité, dans une succession de bassins artificiels peu profonds. Pour assurer une bonne efficacité de fonctionnement, trois bassins en série sont nécessaires, mais les recommandations peuvent aller jusqu'à quatre bassins pour augmenter les capacités de stockage et améliorer l'épuration. L'installation d'une station de lagunage nécessite ainsi une grande surface de terrain (12 m²/EH).

Les lagunes sont créées pour la plupart avec des mouvements de terre en déblai/remblai sur place. Les bassins sont séparés et entourés par des digues suffisamment larges (4 m minimum) pour permettre la circulation d'engins lourds. Lorsque le terrain a une perméabilité trop élevée, des travaux d'étanchéité du fond des lagunes et des digues sont réalisés afin d'éviter l'infiltration des eaux non épurées dans le sol. L'étanchéité est assurée par compaction du sol ou ajout d'argiles, ou pour les plus récentes, par la mise en place d'une géomembrane. Le point le plus bas des bassins doit être au moins à 20 cm au-dessus du niveau haut de la nappe phréatique. Un fossé de drainage des eaux

de ruissellement sur le pourtour des bassins doit également être prévu.

Un ensemble d'infrastructures sont nécessaires au fonctionnement de l'installation. Un dégrilleur est placé en entrée de la station couplé à une cloison siphonée placée au niveau de l'arrivée de l'eau dans le premier bassin. Un ensemble de canalisations fait la liaison d'un bassin à l'autre et des circuits spécifiques (bypass) permettant également parfois de contourner chaque bassin au besoin, en cas de dysfonctionnement ou pendant l'entretien. Chaque bassin est équipé d'une canalisation de trop-plein. Ces équipements sont plus ou moins imposants selon leur conception et les matériaux utilisés.

Au cours du cheminement de l'eau dans les bassins, l'épuration est assurée par des micro-organismes (bactéries et algues). Les bactéries se nourrissent de la matière organique pour la transformer en matière minérale grâce à l'oxygène produit par les microalgues. La faible profondeur des bassins permet une bonne pénétration de la lumière, une oxygénation suffisante et limite les effets d'une éventuelle stratification thermique (Figure 1).

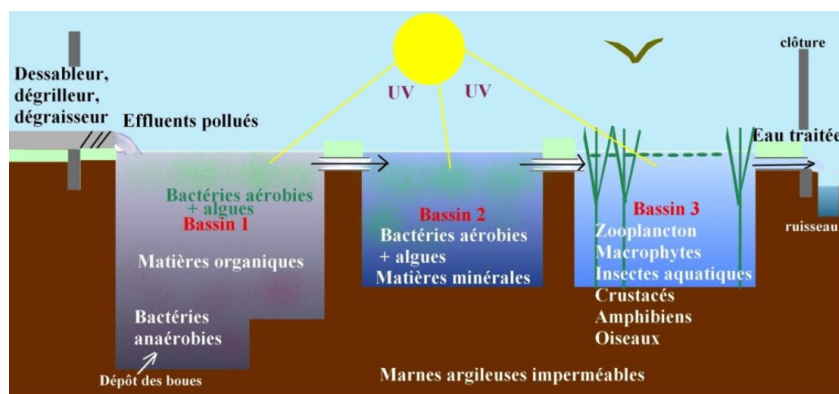


Figure 1 - Principe de fonctionnement de l'épuration des eaux usées par lagunage (<https://lespaturagesdulittoral.fr/assainissement-ecologique/>).

Le processus d'épuration est différencié entre les lagunes :

- **Première lagune** : Elle favorise la décantation des matières organiques ainsi que la décomposition, anaérobie dans le fond du bassin et aérobie dans la colonne d'eau. Elle est le siège prépondérant de l'abattement de la charge carbonée. En sortie de ce bassin, la concentration en bactéries et microalgues peut être importante.
- **Deuxième lagune** : Elle permet un abattement de l'azote, du phosphore et une réduction de la concentration algale.
- **Troisième lagune** : Elle optimise l'abattement obtenu et permet de conserver une bonne qualité de traitement lors d'un incident (dysfonctionnement) ou d'une opération d'entretien (curage).

A la sortie des bassins de lagunage, après un temps de résidence de 60 à 80 jours, les eaux usées épurées sont rejetées dans le milieu naturel. Le rejet peut être précédé d'une filtration sur gravier pour retenir les matières en suspension, majoritairement les microalgues.

L'épuration par lagunage présente une bonne élimination des germes pathogènes, mais impose des contraintes d'exploitation lourdes, notamment pour le curage des boues. Il s'agit des matières en suspension composées d'amas de micro-organismes et de particules qui s'agglomèrent lentement tout le long du cheminement et sédimentent au fond des bassins. Le curage des bassins est une opération d'entretien essentielle pour maintenir un bon niveau d'épuration, mais contraignante d'un point de vue technique, réglementaire et budgétaire.

Avant tout curage, une analyse des boues est nécessaire, afin de déterminer si elles peuvent être épandues sur des terres agricoles. Dans certains cas, une pollution par des métaux lourds ou des hydrocarbures peuvent aboutir à une obligation de mise en décharge spécialisée, engendrant un coût élevé d'entretien.

Durant le curage du premier bassin, les eaux usées sont dirigées vers le second bassin (canalisation du by-pass ou pompage) et les boues sont évacuées selon différentes techniques de curage :

- Pompage direct des boues sans vidange du surnageant (ne permet pas une bonne visibilité du travail effectué).
- Evacuation partielle du surnageant puis utilisation d'un radeau flottant avec un dispositif de pompage se déplaçant à l'intérieur du bassin en fonction de la texture des boues à évacuer (pas de dégradation des berges).
- Evacuation totale du surnageant puis utilisation d'un engin de chantier à l'intérieur des bassins qui pousse les boues vers un poste de pompage (bonne visibilité du travail effectué).
- Evacuation totale du surnageant puis séchage des boues sur place pendant une période suffisante (environ un mois), afin de réduire leur volume (méthode généralement utilisée après la fin de l'exploitation des lagunes).

Les recommandations indiquent que l'opération de curage doit intervenir dès que l'épaisseur de dépôt atteint 30 cm, selon les installations tous les 8 à 12 ans. Après l'opération de curage, les boues sont le plus fréquemment épandues simultanément à leur évacuation.

1.2 Enjeux de la restauration de zones humides suite à l'arrêt de l'activité

1.2.1 Les différentes fonctions des zones humides et dysfonctionnements liés à la construction de la station de lagunage

Les zones humides portent de nombreuses fonctions (hydrologiques, biogéochimiques et biologiques) dont l'intensité diffère selon leur type et leur localisation dans le bassin versant, leur conférant des services écosystémiques associés. La création de station de lagunage sur une zone humide a pour conséquence sa transformation, sur une partie du site en un espace aquatique strict, accompagné du remblaiement sur une autre partie. Cela entraîne la perte de surface de zones humides, engendrant la disparition ou l'atténuation de certaines fonctions portées par ces milieux. La perte de ces fonctions peut avoir des conséquences sur d'autres zones humides en aval, en retenant une partie de l'eau qui les alimentait, et peut être mis en lien avec certains enjeux du territoire breton, notamment ceux relatifs à la qualité et la quantité de l'eau et à la biodiversité.



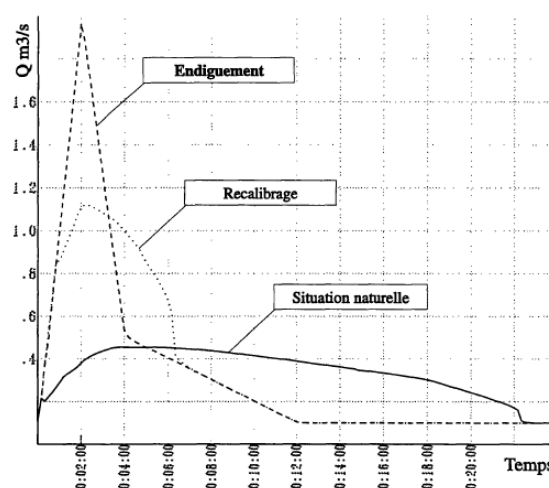
FONCTIONS HYDROLOGIQUES

Les zones humides jouent un rôle de « zone tampon ». Elles sont impliquées dans le grand cycle de l'eau et contribuent à réguler les débits des cours d'eau. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge. Elles se gorgent d'eau en période humide et la restituent progressivement en période sèche. Sur les zones humides alluviales, le débordement des cours d'eau et le stockage de l'eau dans les dépressions permettent une atténuation du pic de crue, une diminution du débit ainsi qu'un étalement dans le temps du débit maximum, protégeant l'aval d'inondation¹.

Les zones humides alimentées par l'eau souterraine soutiennent les étiages en ralentissant le transit de l'eau entre le secteur de résurgence de la nappe et le cours d'eau². **La connexion latérale entre le cours d'eau et la zone humide permet ainsi une capacité de rétention de l'eau des sols, des écosystèmes aquatiques et des aquifères.**

La construction de stations de lagunage sur des zones humides alluviales ou sur des zones de résurgence entraîne une rupture de la continuité entre la nappe et le cours d'eau transitant par la zone humide. La principale conséquence de ce dysfonctionnement vis-à-vis de la régulation hydrologique est une contribution à l'augmentation des débits transités dans le cours d'eau en période de crue, et à l'assèchement du lit du cours d'eau en

été (absence de tamponnage des flux). Cet effet est d'autant plus accentué si le cours d'eau a été modifié lors de la construction des lagunes (surcreusement du lit, déconnexion entre le lit mineur et le lit majeur, endiguements, déplacement du lit, absence de sinuosité).



Effet de l'altération du cours d'eau sur les pics de crue (issu de Wasson et al. 1995)



FONCTIONS BIOGEOCHIMIQUES

Les zones humides jouent un rôle majeur dans le maintien de la qualité de l'eau par le biais de mécanismes de rétention et de transformation des matières dissoutes ou particulières, plus ou moins polluantes, transportées par l'eau³. Il peut s'agir de

¹ Ramsar, 2017. Journée mondiale des zones humides, des zones humides pour la prévention des catastrophes, 13 p.

² COUSSEMENT, C., 2012. Relations eaux souterraines et zones humides, Atelier scientifique CAMA 29, 50 p.

³ Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., et al. 2013. The economics of ecosystems and

composés minéraux comme les nitrates et les phosphates, de molécules phytosanitaires ou de métaux lourds, provenant en grande partie des sols agricoles.

La capacité épuratrice de l'eau des zones humides résulte de deux processus majeurs : la sédimentation de particules sur lesquelles sont absorbés les éléments polluants, les piégeant ainsi au sein de la zone humide, et la transformation de ces polluants par des processus biologique ou physique, pouvant aboutir à leur dégradation et leur disparition. L'autoépuration des nitrates dans l'eau des zones humides est principalement assurée par les bactéries dénitrifiantes, utilisant les nitrates pour leur métabolisme et rejetant l'azote sous forme de diazote, gaz majoritaire de l'atmosphère. Les végétaux des zones humides permettent également de capter une partie des nitrates et des phosphates pour assurer leur croissance.



Par ailleurs, la présence d'eau dans les zones humides de manière plus ou moins continue ralentit voire inhibe la dégradation de la matière organique qui s'accumule dans le sol en leur conférant un rôle de puits de carbone, et donc **un rôle dans l'atténuation du changement climatique global**.

La capacité d'une zone humide à retenir des éléments polluants et à stocker du carbone dépend de la topographie et en grande partie de la quantité et de la qualité de l'eau qui y circule, de sa vitesse d'écoulement et de la position de la zone humide dans le bassin versant.

Lorsque la zone humide est dégradée et qu'il y a une déconnexion hydrologique avec le cours d'eau attenant et sa nappe, les débits dans le cours d'eau s'accroissent et les temps d'échange entre le fond du

cours d'eau et la nappe souterraine sont limités. Ces dysfonctionnements entraînent une diminution de la capacité épuratoire du cours d'eau comme de la zone humide. La charge en éléments polluants n'étant pas réduite par le filtre naturel que forme la zone humide, la qualité des eaux se dégrade de l'amont vers l'aval du bassin versant. A l'aval apparaît alors des risques d'eutrophisation des eaux, liés à un apport trop important de nutriments pouvant mener notamment à des proliférations algales.



FONCTIONS BIOLOGIQUES



Les milieux humides sont des réservoirs d'espèces et figurent parmi les écosystèmes les plus riches et les plus diversifiés. Grâce à l'abondance de l'eau et des matières nutritives, les milieux humides connaissent généralement une production intense. De plus, les multiples types de milieux humides favorisent la diversité faunistique et floristique terrestre et aquatique. Les cours d'eau, zones rivulaires et leurs ripisylves créent des corridors écologiques favorables aux populations animales, aussi bien commune, que spécifique.

En France, environ 50 % des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones à un moment de leur cycle de vie et **elles constituent l'habitat exclusif de près de 38 % d'entre elles**⁴. La Bretagne accueille sur ces zones humides, des populations migratrices et hivernantes parmi les plus importantes du pays. Les zones humides jouent également un rôle important dans la continuité entre milieux, aussi bien longitudinale (le long des cours d'eau et entre bassins versants) que latérale (entre le cours d'eau et les zones rivulaires).

biodiversity for water and wetlands. London and Brussels: IEEP; Gland: Ramsar Secretariat.

⁴ Février Y., Gelinaud G. & Yesou P., 2017. Les oiseaux menacés de Bretagne. In Siorat F. et al. (coords.),

Conservation de la faune et de la flore : listes rouges et responsabilité de la Bretagne. *Penn Ar Bed*, 227, pp. 30-43.

Outre la protection des zones humides elles-mêmes, qui permet la préservation d'habitat propice aux espèces, le maintien de la continuité écologique entre zones humides et milieux complémentaires est indispensable à la préservation et la reconquête de la biodiversité. Le débordement des eaux dans les zones humides lors des crues permet l'accès de certaines espèces faunistiques à leurs zones de fraie ou de se déplacer d'un cours d'eau ou d'une zone humide à l'autre. Elles favorisent de la même façon le transfert et la dispersion des graines. Les corridors établis entre différents milieux humides ou entre milieux humides et non-humides, permettent la circulation de divers groupes faunistiques et la dispersion des espèces végétales.

Cependant, leur surface ayant largement diminué, les espèces qu'elles abritent et qui y sont fortement inféodées tendent à voir leurs populations diminuer. Ainsi, les espèces classées comme patrimoniales ou menacées sont surreprésentées dans les milieux

humides. La tendance générale à l'enrichissement des milieux en nutriments rend par ailleurs les espèces des milieux oligotrophes particulièrement vulnérables et ce sont ainsi les plus menacées.

En Bretagne, près de 40 % des espèces floristiques menacées sont inféodées aux zones humides⁵, ce qui fait de la préservation et de la restauration des zones humides, des enjeux majeurs pour la conservation de la diversité végétale de la région. Les anciens sites de lagunage laissés en état présentent une perte d'habitat humide ou leur transformation vers des habitats de type étang, menant à une perte de diversité propre, et une possible rupture de continuité des milieux humides en fond de vallée. On y observe souvent un manque de diversité spécifique, la présence d'espèces invasives et des habitats pour la faune et la flore de faible qualité. La présence des digues et le détournement fréquent du cours d'eau, entraînent par ailleurs une rupture de continuité latérale entre cours d'eau et zone humide.

1.3 Intérêt de la restauration de zones humides suite à l'arrêt d'exploitation de STEP

La réhabilitation des sites de lagunage présente l'opportunité d'avoir un gain à la fois sur les zones humides et le cours d'eau, et sur la continuité écologique longitudinale et latérale, pouvant répondre simultanément à des enjeux multiples. Les zones humides peuvent contribuer à la fois à l'atténuation des changements globaux, pour la protection des biens et des personnes, en particulier à travers leur rôle protecteur contre les inondations, et pour le maintien d'une eau disponible et de bonne qualité pour la consommation et pour la production agricole et la biodiversité. En fonction de leur situation sur le territoire, la mise en valeur paysagère et la valorisation écologique sur ces sites peuvent présenter par ailleurs **un réel intérêt socio-économique**. La biodiversité est le support de différentes activités permettant l'accueil du public, des randonneurs et des scolaires. Les

activités touristiques, pédagogiques, de pêche et d'observation de la nature, liées aux zones humides sont importantes. Ces milieux contribuent au bien-être et à la santé des citoyens, en secteur urbain ou périurbain en participant à la constitution d'espaces de calme, de zones rafraîchissantes en période de chaleur et à la purification de l'air (Figure 2).

Enfin, trouver des sites de restauration de zone humide n'est pas aisé, notamment par difficulté d'accès au foncier. La plupart des sites dégradés se trouvent en effet sur des parcelles privées avec des usages parfois difficilement conciliables avec la présence d'une zone humide fonctionnelle. C'est pourquoi la restauration de zones humides sur d'anciennes stations d'épuration par lagunage peut présenter **une opportunité et une faisabilité intéressantes**.

⁵ La flore vasculaire menacée de Bretagne, 2017. CBNB : M. Hardegen, E. Quéré, S. Magnanon & J. Haury. Penn ar Bed n°227. Mai 2017.



Figure 2 : Exemples d'anciens sites de lagunage réhabilités en zone humide.

1.4 Les obligations réglementaires liées à l'arrêt de l'activité

Dans tous les cas, lorsque l'usage d'une station de lagunage est abandonné, une déclaration d'arrêt d'activité est obligatoire.

Les obligations liées à l'arrêt d'une station de lagunage sont définies et réglementées par l'acte qui autorise sa construction et sont basées sur le code de l'environnement. Sur les stations de lagunages anciennes, aucune mention n'était généralement faite de l'obligation de remise en état du site dans le document d'autorisation d'exploitation. Ainsi, elle dépendait généralement du bon vouloir du maître d'ouvrage.

Pour les nouvelles stations, **si une zone humide est identifiée lors de la création des lagunes, des prescriptions pour la remise en état doivent apparaître dans l'arrêté.** Si aucune zone humide n'est identifiée et que l'arrêté d'autorisation ne stipule aucune obligation de remise en état, cette dernière dépendra du respect du code de l'environnement et notamment de l'application des articles de la loi sur l'eau. Ainsi si la station de lagunage a été construite en zone humide, la DDTM peut prendre un arrêté d'obligation de remise en état du site, c'est à dire d'un retour vers son état avant la construction de la station de lagunage.

Dans la plupart des cas, la réhabilitation de ces sites est demandée lors de la construction de la nouvelle station d'épuration qui vient la remplacer. Les projets de restauration de sites recensés montrent qu'ils sont généralement réalisés comme mesure compensatoire d'un autre projet d'aménagement, ou d'une nouvelle station de lagunage.

Dans tous les cas, une analyse des boues et du sol sont nécessaires à l'arrêt de l'activité pour déterminer leur quantité et leur devenir. Si les boues doivent être épandues, un dossier peut être nécessaire en fonction du volume et de la qualité des boues (Article L.214-1 du code de l'environnement, Rubrique 2.1.3.0 ; épandage des boues issues du traitement des eaux usées) et la procédure à suivre en dépend :

- 1° Quantité de matière sèche supérieure à 800 t/an ou azote total supérieur à 40 t/an : procédure d'autorisation.
- 2° Quantité de matière sèche comprise entre 3 et 800 t/an ou azote total compris entre 0,15 et 40 t/an : procédure de déclaration.



Exemple de lagunes avec digue contraignant le cours d'eau et bassins en zone humide

2 PREPARER LES TRAVAUX

De nombreuses stations d'épuration par lagunage ont été construites en zone humide, généralement sur des zones de résurgence ou sur des zones humides alluviales. Les travaux de restauration doivent permettre le rétablissement de l'intégrité (structure et fonction) d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit afin de retrouver un écosystème fonctionnel, répondant à différents enjeux du territoire. Sur les sites de lagunage, où l'altération principale est liée à la création d'une série de bassins, **le principe des travaux est avant tout de reconstituer le profil naturel de la vallée afin de restaurer le fonctionnement hydrologique du site.**

2.1 Diagnostic avant travaux et définition des objectifs

2.1.1 Diagnostic général

La réussite et la pérennité d'un projet de restauration dépendent d'un bon diagnostic. Ce diagnostic doit être réalisé à des échelles emboîtées (territoire/zone fonctionnelle/site) et doit prendre en compte les usages et le temps. L'objectif est de comprendre le fonctionnement du site au sein du territoire pour proposer un projet cohérent du point de vue écologique, hydrologique et économique. Le diagnostic doit permettre de souligner les dysfonctionnements écologiques du site, d'estimer le potentiel d'accueil vis-à-vis de la faune et de la flore, d'analyser les effets du projet sur l'environnement (étude d'incidence) et de proposer le meilleur scénario pour permettre la restauration d'écosystèmes fonctionnels et résilients, compatibles avec les usages auxquels seront dédiés le site.

A l'échelle du territoire, l'objectif est d'identifier les enjeux liés au contexte territorial en lien avec les zones humides. Il s'agit de réaliser une analyse des conditions physiques (relief, réseau hydrographique, zones de crue), des conditions environnementales (état des milieux naturels, des continuités écologiques, pressions sur les milieux humides, actions concernant d'autres thématiques environnementales sur le territoire d'étude, état qualitatif et quantitatif de la ressource en eau, zonages environnementaux existants, inventaires disponibles...), des conditions socio-économiques (acteurs impliqués et usages sur les zones humides et alentours) et des conditions réglementaires ou de planification (SAGE, documents d'urbanisme, loi sur l'eau, espèces protégées).

A l'échelle de la zone fonctionnelle en interaction avec le site, l'objectif est d'identifier les éléments du paysage pouvant influencer positivement ou négativement le fonctionnement actuel et/ou futur du site. Il s'agit d'appréhender l'ensemble de la zone fonctionnelle (sources d'alimentation en eau, continuités écologiques, complémentarité d'habitats, sources de pollutions, emplacement des haies et talus...), d'identifier les dysfonctionnements et les menaces qui peuvent

affecter le fonctionnement du site et d'évaluer leur influence et leur réversibilité. Enfin, il s'agit de se renseigner sur les projets d'aménagement à venir ou sur les éventuels changements d'usages à proximité qui pourraient influencer l'évolution du site. A ce stade également, il est important de se renseigner sur les possibilités de gestion future du site par des agriculteurs du secteur et le type d'usage (pâturage et/ou fauche) qui pourrait les intéresser.

A l'échelle du site de lagunage, les objectifs du diagnostic sont d'identifier les enjeux présents sur le site lui-même : nature précise des modifications de la vallée et ampleur des dégradations et conséquences sur les fonctions de la zone humide, état hydromorphologique du cours d'eau, contraintes présentes sur le site, identification des réseaux et des servitudes.... Le diagnostic avant travaux sert également de base pour l'évaluation des travaux de restauration. L'ampleur de l'étude de l'état initial et le choix des indicateurs d'évaluation dépendent des enjeux locaux et de l'ambition du projet en termes de retour d'expérience. Les objectifs de la restauration d'un site, qui permettent d'identifier les itinéraires techniques à suivre, diffèrent ainsi en fonction des enjeux définis aux différentes échelles.

Exemples d'objectifs définis par site :

Lagunes de Melesse (cf. Partie III, fiche 2) :

- Restaurer les fonctions écologiques du site.
- Utiliser une partie du site pour la gestion des eaux pluviales.
- Accueillir et sensibiliser le public à la préservation du patrimoine naturel.



Principe d'aménagement des trois lagunes de Melesse

Lagunes de la Moinerie (cf. Partie III, fiche 7) :

- Convertir les lagunes en bassins de rétention des eaux pluviales.
- Favoriser le retour des amphibiens sur le site.

Lagunes de la Mézière (cf. Partie III, fiche 3) :

- Restaurer les fonctions écologiques du site.
- Améliorer la dissipation de l'énergie du cours d'eau.
- Restaurer le fonctionnement d'une prairie inondable.

Lagunes d'Evette-Verboté (cf. Partie III, fiche 8) :

- Favoriser l'émergence des milieux humides.
- Développer une biodiversité locale.
- Sensibiliser le public à la préservation du patrimoine naturel.



Site réhabilité des lagunes d'Evette-Verboté

2.1.2 Éléments spécifiques aux STEP

Remaniement de la topographie du site et des caractéristiques hydromorphologiques du cours d'eau

Les stations d'épuration par lagunage sont majoritairement créées sur des points bas avec une pente plus ou moins importante et à proximité d'un cours d'eau dans lequel sont rejetées les eaux traitées. La construction de la station de lagunage implique de lourds travaux de terrassement souvent réalisés en déblai/remblai, sur place. Les matériaux extraits lors du creusement des bassins sont utilisés pour créer des digues autour des lagunes. Sur les sites en pente, on trouve les lagunes sur des terrasses successives plus ou moins marquées dans le flanc de coteau. Le diagnostic doit permettre d'identifier les mouvements de terre réalisés et de définir les volumes déplacés. Il convient notamment de vérifier si on peut arriver à l'équilibre entre volumes déblayés et volumes remblayés pour éviter les exports ou apports de matériaux sur le site.

Vidange des bassins et gestion des boues

La réalisation de programme de travaux sur des lagunes de STEP nécessite la vidange des bassins et le curage des boues accumulées. Le volume et

la qualité des boues doivent alors être évalués pour leur trouver un débouché. Toutes les précautions habituelles pour éviter les impacts possibles sur les cours d'eau doivent être prises lors de la vidange des bassins.

Démantèlement des ouvrages

Différents ouvrages sont présents sur les sites de lagunage, comme vu au chapitre 1.1. Le démantèlement de ces ouvrages doit être accompagné d'un tri sélectif des matériaux et d'une mise en décharge adaptée. Ce tri doit être anticipé lors de la planification des travaux.

L'attention est également portée sur le fait que des remaniements de terrain ou d'ouvrages peuvent avoir eu lieu au long de la vie de la station de lagunage et dont il n'existe plus de trace apparente. Ainsi, il arrive régulièrement lors des travaux de terrassement de retrouver des anciens ouvrages ou canalisation dont le démantèlement et la mise en décharge n'étaient pas anticipés. Une étude poussée de l'historique du site et/ou des fosses de prospection avant le lancement du marché de terrassement peuvent permettre d'anticiper dans une certaine mesure ces mauvaises surprises.

Présence de réseaux

Du fait de leur activité et leur localisation, les sites de lagunage sont a minima connectés au réseau d'eaux usées. Une attention particulière doit être apportée, lors du diagnostic avant travaux, à la détection et l'analyse du devenir de ces réseaux. Lors de l'arrêt de l'activité, la canalisation doit parfois être maintenue et être prolongée vers la nouvelle station recueillant ces eaux usées, et traverse alors l'emprise du site de l'ancienne station de lagunage. Il arrive également que d'autres réseaux enterrés soient présents (canalisation d'eau potable, réseaux

électriques...), notamment sur les sites périurbains.

Servitudes ou maintien partiel d'usage

Sur certains sites, même après arrêt de l'activité, certains usages doivent être maintenus : droit de passage, poste de relevage pour la nouvelle STEP...

Dans d'autres cas, les lagunes peuvent être utilisées pour un nouvel usage, comme le tamponnage des eaux pluviales urbaines ou de voirie. Il convient d'analyser ces contraintes lors du diagnostic avant travaux afin d'aménager le site de façon compatible avec ces usages.

Le site des **lagunes de Melesse** (cf. **Partie III, fiche 2**) est entouré de parcelles agricoles (essentiellement des prairies). Une clôture en limite des parcelles pâturées a été installée et une candidature pour des MAEC (Mesures Agro-Environnementales et climatiques) de type « gestion extensive des prairies » et « préservation des vergers » a été élaborée pour des parcelles agricoles du secteur.

Sur le site des **lagunes d'Evette-Verboté** (cf. **Partie III, fiche 8**) les espaces de servitude pour le réseau d'assainissement ont été maintenus en l'état et leur accessibilité a été garantie en cas de travaux sur le réseau.

2.2 Anticiper les impacts potentiels des travaux

Les travaux de réhabilitation ont pour objectif d'améliorer le fonctionnement général du site et l'accueil de la biodiversité, ainsi à terme l'impact sera positif sur le milieu et les espèces. Il est cependant nécessaire de prendre des précautions durant la phase de travaux afin de limiter au maximum les impacts temporaires. Il peut également exister sur certains sites un risque de perturbation de la faune lié à l'augmentation de la fréquentation du site, lorsqu'ils sont ouverts au public.

Se référer aux fiches 2 et 7 de l'ouvrage « [Protection des milieux aquatiques en phase chantier - Anticipation des risques ; Gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollution chimique des eaux](#) ⁶ »

2.2.1 Période de travaux

Tous les **travaux doivent de préférence être réalisés entre mi-août et fin octobre**, en période d'étiage afin de limiter le dérangement des espèces et pour faciliter la réalisation des travaux en zone humide. Elle se situe hors période de reproduction, de ponte, de nidification, de développement et d'hibernation de la grande majorité des espèces. Cette période favorise également une bonne reprise de la végétation après les travaux.

2.2.2 Impacts liés au terrassement

Les impacts temporaires potentiels sur le milieu sont principalement liés aux travaux de terrassement. Ceux-ci peuvent créer un **risque de destruction d'espèces ayant colonisé le site**. Il conviendra donc de **s'assurer de l'absence d'espèce protégée**.

Les travaux de terrassement entraînent également un **risque d'apport de sédiments vers le cours d'eau** voisin pouvant perturber la faune piscicole en aval de la zone des travaux. Durant les travaux, le passage répété d'engins peut entraîner un compactage et une imperméabilisation du sol. Pour

⁶ Protection des milieux aquatique en phase chantier - Anticipation des risques ; Gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollution chimique des eaux. McDonald et al. 2018. Collection. Guides et protocoles. 148p.

limiter ces effets, il convient de définir des voies de circulation, de travailler avec des engins adaptés ayant une faible pression au sol (pelles sur chenilles, pneus basse-pression...) ou via la pose de plats bords. Un travail en une seule passe est également préférable. Au besoin, un travail de décompactage du sol pourra venir rectifier la situation.

2.2.3 Impacts liés à la vidange des lagunes

Même si les boues ont été curées, la vidange des lagunes peut entraîner un apport d'eau chargée en sédiments au cours d'eau. En fonction de la qualité

de l'eau des bassins, il convient donc de prévoir un dispositif de filtration lors de la vidange. La vidange est une étape critique pour les écosystèmes aquatiques situés en aval⁷. Il est par conséquent nécessaire de prendre les dispositions nécessaires pour éviter des transferts de MES qui pourront impacter les cours d'eau en aval. Les mêmes précautions générales que lors de la vidange d'étangs sont à prendre (OFB, 2018⁸ ; Jeanneau & Le Bihan, 2018⁹).

2.3 Les contraintes réglementaires liées aux travaux

2.3.1 Loi sur l'eau

Restauration du site

A compter du 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 pour la restauration de zones humides et cours d'eau. Cet article ajoute 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.** » Les travaux de restauration des fonctions naturelles des milieux aquatiques relevant de la rubrique 3.3.5.0, qui peuvent avoir lieu dans le cadre de la restauration de zone humide à la place de stations de lagunage sont les suivants :

- 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.

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

⁷ Gigueux, M. (1992) Le développement phytoplanctonique dans la Moselle en aval de Metz et dans la Seille In Nancy-Metz, pp.147. Université de Metz, Metz

⁸ Mc Donald, D., De Billy, V. & Georges, N., 2018. Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres

sources potentielles de pollutions des eaux. Collection Guides et protocoles. Agence française de la biodiversité. 148 pages.

⁹ Jeanneau G., Le Bihan M., 2018. Retour d'expériences sur les opérations de suppressions de plans d'eau à l'échelle du territoire Bretagne, Pays de la Loire. Rapport. 52p

sont soumis à déclaration au titre de la rubrique 3.3.5.0.

Vidange des lagunes

Elle suit la même nomenclature que la vidange des plans d'eau, rubrique 3.2.4.0 de la nomenclature Eau. Les vidanges de lagunes entrent dans le seuil de déclaration :

Autres vidanges de plans d'eau, dont la superficie est supérieure à 0,1 ha, hors opération de chômage des voies navigables, hors piscicultures mentionnées à l'article L. 431-6, hors plans d'eau mentionnés à l'article L. 431-7.

Dérogation aux mesures de protection de la faune et la flore sauvages

Même en l'absence d'étude d'impact, ce qui est généralement le cas dans les projets de restauration de zones humides, il est de la responsabilité du maître d'ouvrage de **s'assurer de l'absence d'impact de ses travaux sur la faune et la flore protégées et leurs habitats**. Si des espèces protégées risquent d'être impactées, il est nécessaire de remplir un formulaire CERFA qui doit être accompagné d'un dossier démontrant les mesures d'évitement, de réduction et, le cas échéant, de compensation des impacts sur ces espèces. En dehors du cadre d'autorisation environnementale unique, ce dossier est à adresser à la DREAL. **Les dérogations sont possibles dans le cas d'absence d'autre solution, si le projet est**

réalisé dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore et de la conservation des habitats naturels, ou si le projet ne porte pas atteinte à l'état de conservation de l'espèce considérée. Ces dérogations sont données après avis du CSRPN ou du CNPN et sont accordées par l'intermédiaire d'un arrêté préfectoral précisant les mesures à mettre en place pour éviter et réduire les impacts. La compensation n'est généralement pas demandée dans le cadre de projet visant l'amélioration générale des conditions écologiques d'un milieu.

Absence d'opposition au titre de Natura 2000

Même si le cas reste peu probable dans le contexte de la réhabilitation d'une station de lagunage, l'évaluation des incidences Natura 2000 peut être nécessaire. Elle est demandée lorsque les travaux sont susceptibles d'affecter de manière significative un site Natura 2000, individuellement ou en raison de leurs effets cumulés. Il existe des régimes d'autorisation propres à Natura 2000 pour certaines activités. Il convient de s'adresser à l'opérateur Natura 2000 du secteur du projet ou de la DDTM pour connaître ces seuils. Une étude d'incidence peut notamment être demandée lors de l'assèchement d'un plan d'eau, lors d'un affouillement ou exhaussement du sol dont la profondeur ou la hauteur est inférieure à 2 m et qui porte sur une surface supérieure à 100 m², ou encore, lors de la plantation de boisements forestiers.



Reprofilage du fond de vallée sur le site des anciennes lagunes de Vignoc (35) © Laëtitia Citeau

3 LES TRAVAUX

3.1 Précautions avant travaux

Il est fortement recommandé de **faire réaliser des visites du site** aux entreprises répondant à l'appel d'offre pour la réalisation des travaux et **expliquer les conditions spécifiques de réalisation de travaux en zones humides et sur cours d'eau**.

Il est recommandé d'**évaluer la végétation ligneuse, arbustive et gênante pour la réalisation du chantier**, afin de prévoir des travaux de débroussaillage/bucheronnage et d'évaluer les modalités de broyage (si possible sur place) et

d'évacuation, en évitant la prolifération de semence d'espèces invasives.

Les **zones d'accès au chantier doivent être délimitées** (emprises), et les zones de passage doivent être matérialisées sur le site afin de limiter les zones impactées. Les zones sensibles, telles que les berges, doivent être protégées vis-à-vis de l'érosion. Les secteurs où l'accès est interdit, par exemple ceux où sont présents des espèces ou des habitats à protéger, doivent être clairement matérialisés.

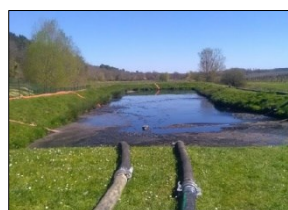
3.2 Types de travaux les plus courants

3.2.1 Vidange des bassins et gestion des boues

La vidange des bassins peut s'effectuer par différentes techniques, selon le contexte du site. Le plus couramment, cela se fait par pompage de l'eau et par écoulement gravitaire. Des techniques de bassins temporaires avec filtre en gravier peuvent également être employées.

Les lagunes peuvent ensuite être laissées en l'état pour permettre le ressuyage des matériaux et minimiser le volume de boue (séchage sur place).

Après cette période de mise en assec, les boues peuvent être curées et évacuées, en favorisant la valorisation des matériaux par épandage ou compostage (évacuation en terres agricoles). Un dossier de plan d'épandage des boues doit être rédigé et validé par la DDTM.



Pompage de l'eau



Écoulement gravitaire



Bassin de décantation en sortie des eaux de vidange



Rejet dans le milieu naturel

En fonction des sites et de leur gestion, ces étapes peuvent avoir été réalisées dans le cadre d'un autre projet. Le curage des boues de la lagune de Vignoc (cf. Partie III, fiche 1) a été effectué après l'arrêt de l'activité de la station, et la vidange a été réalisée quelques mois avant le début des travaux, dans le cadre du financement « territoire à énergie positive » du ministère de l'Environnement.



Filtre de graviers sur série de bassins de décantation

3.2.2 Démantèlement d'ouvrages en dur et réseaux

Quelques ouvrages de régulation et de circulation de l'eau peuvent être présents sur les sites. **La nature de tous les matériaux à retirer doit être déterminée et les éléments déposés doivent être évacués vers les centres de stockage adaptés.** Selon le type de matériaux, les contraintes d'opération et le coût des travaux sont susceptibles de varier.

La position de la canalisation ou des réseaux présents n'est pas toujours compatible avec le

projet de restauration. Dans ce cas, **un dévoiement du, ou des réseaux peut être à prévoir.** Durant toute la durée des travaux sur le réseau d'assainissement, le service doit être maintenu ce qui implique de laisser la canalisation existante en place pendant la création de la nouvelle conduite. **Cependant, au vu du coût du déplacement des réseaux (eau potable et/ou nouvelle canalisation d'eaux usées), l'aménagement du site peut être adapté pour pouvoir les conserver en place.**

Sur le site des **lagunes de La Mazière (cf. Partie III, fiche 3)**, une partie du réseau a été démantelé et réinstallé hors des zones d'emprises des terrassements pour permettre de dévier le tracé du cours d'eau dans la zone de lagune en limitant les contraintes liées aux traversées du réseau, et pour décaler la conduite dans l'emprise de la future zone de défluence. Le dévoiement du réseau d'eaux usées s'accompagne du remplacement et/ou déplacement des regards et des autres ouvrages d'entretien et de surveillance.

Sur le site des **lagunes de Vignoc (cf. Partie III, fiche 1)**, 240 m de canalisation ont été remplacées et déplacées de 5 m, de la digue séparant le cours d'eau des lagunes (destinée à être détruite) vers l'intérieur des lagunes. Dans ce cas-là, le réseau était mis en péril par l'érosion des berges et la mise à nu de la canalisation.

3.2.3 Reprofilage de la vallée en déblai-remblai

Le reprofilage doit être pensé dans la mesure du possible en accord avec le profil naturel du terrain et en fonction des objectifs de restauration du site en termes d'habitats et d'usages. Ainsi, lors de la phase de diagnostic, il est préconisé de faire des levés topographiques sur le site lui-même, en amont et aval, si ces secteurs n'ont été que peu ou pas modifiés. Ces levés serviront à caler les modèles du site par prolongation des profils amont et/ou aval sur le site à restaurer. L'objectif est de **limiter les brusques variations de relief** dans l'enceinte de la zone restaurée et de **favoriser la continuité entre les milieux.**

Il convient de faire attention à ce que la portance du site, liée à son degré d'engorgement en eau, soit

compatible avec le mode de gestion prévu après restauration. La gestion des terrassements doit être coordonnée de manière à optimiser les volumes et à **favoriser à l'échelle du site la transposition des déblais et remblais.** L'objectif est également de **limiter au maximum l'évacuation des matériaux** hors de l'enceinte du site pour réduire les coûts de travaux et de l'empreinte carbone.

Si des exportations de matériaux sont nécessaires, un débouché doit être prévu. Il est conseillé de se renseigner sur d'éventuels chantiers ou projets aux alentours du site pouvant nécessiter des matériaux. Si nécessaire, des matériaux peuvent être importés de l'extérieur. Dans ce cas **une attention particulière doit être portée sur leur origine** afin

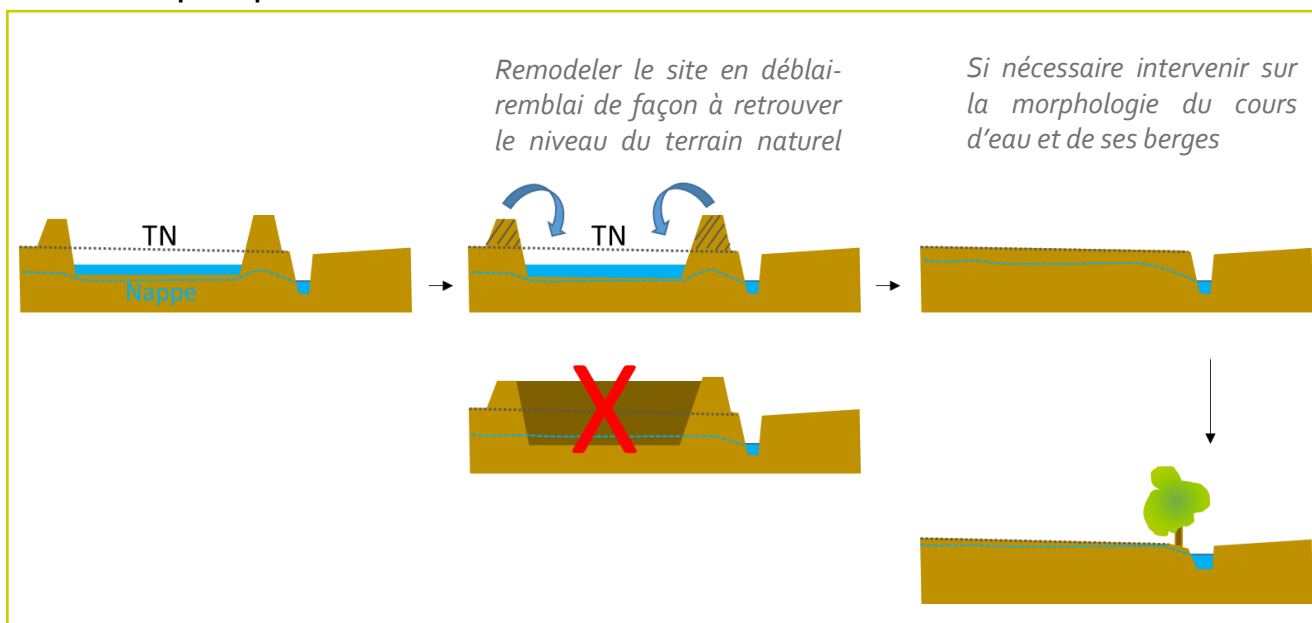
d'éviter toute contamination par des espèces invasives.

En fonction du mode d'imperméabilisation des lagunes lors de leur construction, il peut être nécessaire d'enlever la couche d'argile apportée ou de décompacter le sol afin de **permettre à nouveau les mouvements d'eau horizontaux dans le sol**. Dans tous les cas, lors de modèles de terrain, il est important de **respecter au mieux la stratigraphie du sol**.

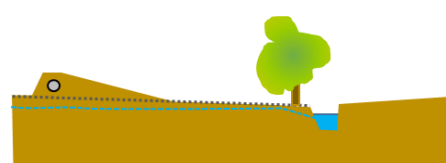
Un apport de terre végétale en surface est généralement nécessaire pour permettre la

réimplantation de la végétation. Celle-ci peut soit être prélevée sur place avant travaux par décapage et stockage temporaire, soit si la quantité n'est pas suffisante, par apport extérieur. Une attention particulière devra être apportée également dans ce cas à l'origine de la terre apportée. Un apport de terre issu d'un milieu riche en espèces cibles (étrépage d'une parcelle donneuse) peut permettre la reprise d'une végétation spontanée intéressante.

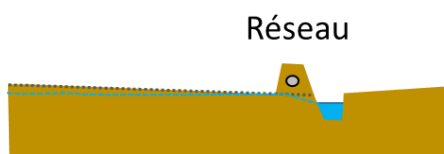
Schéma de principe des remaniements de sols :



En présence de canalisation ou autre réseau, adapter le modelé de façon à optimiser la présence d'eau dans les horizons supérieurs du sol :



Lorsque c'est possible, privilégier un modelé favorisant la connexion latérale cours d'eau-zone humide



Recréer une connexion cours d'eau-zone humide en aval ou en amont du site si possible.



Travaux de remblaiement d'un bassin de lagunage.

Sur le site des **lagunes de Chevaigné** (cf. **Partie III, fiche 5**), les matériaux issus des travaux de décapage et de reprofilage des berges (2 000 m³), ainsi que ceux issus de l'arasement des digues (2 200 m³), ont entièrement été utilisés pour le comblement partiel des lagunes (4 200 m³).

Le bilan des terrassements sur les **lagunes de Vignoc** (cf. **Partie III, fiche 1**) est à l'équilibre en déblai-remblai. Les principaux postes de déblais sont l'abaissement des digues et l'adoucissement des berges du cours d'eau.

Les principaux postes de remblais sont la réduction de l'emprise du troisième bassin de lagunage (conversion en mare) et le reprofilage des deux autres bassins pour leur conversion en prairies humides (remblai sur une grande emprise, mais de faibles épaisseurs).

Les travaux sur le site des **lagunes d'Ercé-près-Liffré** (cf. **Partie III, fiche 6**) ont mobilisé 2 500 m³ de matériaux et ont été réalisés avec un équilibre entre les déblais et les remblais. Les déblais correspondent au décapage et à l'arasement ponctuel des digues, reprofilage des berges, travaux d'étrépage et création de mare. Tous les déblais ont été utilisés pour le comblement partiel des lagunes.

3.2.4 Restauration du cours d'eau

L'objectif des travaux sur le cours d'eau est de revenir vers un profil plus naturel et de **recréer une connectivité latérale entre cours d'eau et zone humide**. Les travaux doivent également permettre de retrouver des caractéristiques hydromorphologiques proches de l'état naturel, en restaurant le gabarit naturel du cours d'eau. Le tracé du cours d'eau peut, en effet, avoir été décalé pour laisser plus de place aux lagunes en point bas, ou le cours d'eau peut être déconnecté de sa zone d'expansion par la présence des digues. Il peut également avoir été rectifié et recalibré ou curé. Les cours d'eau en bord de lagunes sont parfois surcreusés, soit volontairement pour faciliter le rejet des eaux traitées, soit du fait de l'absence de dissipation des forces érosives lors des crues dues aux contraintes latérales créées par les digues. **Dans tous ces cas, une analyse du tracé du cours d'eau en comparaison avec la situation historique doit être réalisée afin de prévoir, le cas échéant, de**

revenir sur un tracé compatible avec la topographie du secteur.

Les recommandations sont les suivantes :

- Récupérer les caractéristiques de référence du cours d'eau pour définir précisément les modalités de reconstitution du lit mineur. S'il est en bon état, cela peut être en observant le cours d'eau en amont ou en aval du site.
- Essayer de favoriser le retour du cours d'eau dans le point bas de la vallée.
- Rétablir le tracé en plan (sinuosité) du cours d'eau proche des conditions naturelles, en conservant un espace de mobilité.
- Dimensionner le cours d'eau sur la base de la crue journalière de fréquence annuelle ou biennale¹⁰ afin de faciliter les débordements dans le lit majeur reconstitué.
- Reconstituer le profil en long du cours d'eau et notamment la succession radier-mouille¹¹.

¹⁰ Malavoi J.-R., Bravard J.-P., 2010. Éléments d'hydromorphologie fluviale. Édité par l'ONEMA, 224 p.

¹¹ Péchard M, 2018. Etude sur les caractéristiques des méandres de cours d'eau sur le territoire Bretagne - Pays de la Loire.

Rapport de stage de fin d'études. OFB Direction interrégionale Bretagne-Pays de la Loire.

- Veiller à retrouver une granulométrie proche des caractéristiques naturelles. Les sédiments grossiers présents dans le lit du cours d'eau avant travaux peuvent éventuellement être récupérés et réemployés pour la recharge granulométrique au sein du futur lit¹².
- Restaurer la ripisylve, soit de manière passive en laissant les arbres pousser de manière

spontanée ou soit de façon active, par plantation d'essences locales et adaptées.

Les écoulements ne doivent pas être interrompus pendant les travaux. Une pêche de sauvegarde des poissons doit être réalisée, avant tout assèchement et comblement du lit présent avant travaux.



Avant / Après travaux

Lagunes de Vignoc (cf. Partie III, fiche 1)

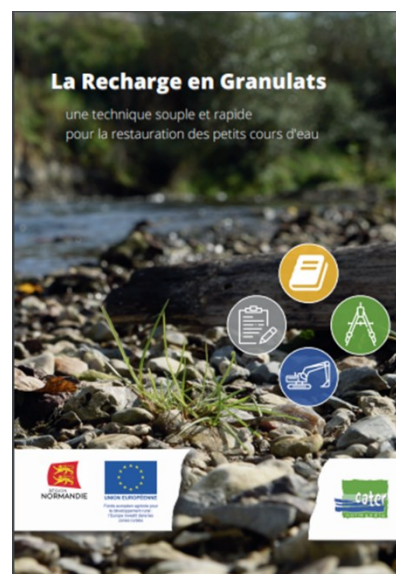
→ Lit mineur et lit majeur recréés, radiers renforcés, ruisseau sinueux et écoulements diversifiés.

Lagunes de La Mézière (cf. Partie III, fiche 3)

→ Remodelage de la pente, largeur en fond de lit, largeur de plein bord, pente et hauteur des berges.



Différents guides techniques sont disponibles sur ce volet :



¹² Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau de l'Agence de l'Eau, 2007. Guide CATER 2018. Guide OFB

3.3 Aménagements complémentaires

Les travaux de terrassement peuvent être l'occasion de réaliser des aménagements simples contribuant à créer une mosaïque d'habitats favorables à une faune particulière tels qu'une mare ou une noue¹³. Ces aménagements peuvent également constituer une solution lorsqu'il y a un manque de matériaux pour terrasser le site de façon homogène. Cependant, même si les mares et les noues peuvent apporter des bénéfices en termes d'habitats complémentaires, il faut avoir conscience des contraintes qu'elles entraînent en termes

d'entretien, par rapport à une parcelle plus homogène en termes de topographie. Elles sont intéressantes sur des secteurs gérés par des collectivités avec un objectif pédagogique ou d'ouverture au public ou des secteurs ayant des enjeux forts en termes de conservation d'espèces associées à ces milieux, comme les batraciens. Attention cependant à ce qu'elles restent de très petites tailles (quelques dizaines de m²), en particulier si le site se situe en tête de bassin versant, afin de limiter les pertes d'eau par évaporation.



Conversion d'un bassin de lagunage en mare



Création d'une noue sur l'emprise des bassins de lagunage



Création d'une frayère à brochet sur l'emprise des bassins de lagunage

Sur des sites destinés à entrer dans un parcours agricole impliquant la fauche régulière du site, ces aménagements risquent de devenir contraignants pour l'exploitant. Préférer alors des **dépressions légères** pouvant se remplir d'eau en hiver et favoriser la reproduction des amphibiens précoces, tout en permettant le passage aisé d'une barre de fauche.

3.4 Végétalisation

La stratégie de végétalisation du site peut se faire de manière **active** ou **spontanée**, selon les objectifs de restauration définis. Dans la plupart des cas, une végétalisation spontanée aboutit à une meilleure diversité végétale spécifique des sites, ainsi les semis doivent être considérés uniquement en cas de contrainte particulière, notamment en cas de risque de colonisation par des espèces exotiques envahissantes ou en cas de risque d'érosion. Les deux méthodes peuvent être utilisées sur un même site.

Si le site présente un risque d'érosion des berges dès la première crue après les travaux, il est possible de procéder à un ensemencement et/ou une plantation

ciblée des berges des secteurs concernés, et de laisser le reste du site se végétaliser spontanément. Sur un site restauré pour l'accueil du public, les collectivités préfèrent souvent avoir un site rapidement végétalisé et adoptent la méthode de végétalisation active par semis accompagné ou non de plantations d'hélophytes et d'arbres et arbustes.

Si les engins utilisés pour le terrassement le permettent, certains arbres de petite taille peuvent être prélevés avec leurs racines et une motte de terre en début de travaux et pourront être replantés, en place ou ailleurs sur le site, à la fin des travaux. Cela permet une conservation du patrimoine génétique et évite le coût d'achat d'arbres en

¹³ Guide technique d'aménagement et de gestion des zones humides, fiche Recreusement de mares, CAMAB, 2012

pépinière.

Sur le site des lagunes de La Mazière (cf. Partie III, fiche 3) , seul un ensemencement des zones terrassées est réalisé, à partir d'espèces végétales autochtones et adaptées aux milieux de type prairies humides. Les semences utilisées sur ce site proviennent de zones proches du secteur pour conserver des caractéristiques climatiques et de sols similaires, et favoriser le bon développement de la flore. Les surfaces à engazonner s'étendent jusqu'en bordure du nouveau lit pour éviter la prolifération d'espèces exogènes potentiellement véhiculées par le cours d'eau. Des haies bocagères sont également plantées en bordures du site proche de zones agricoles, pour réduire le transfert de polluant vers les eaux superficielles.	Sur le site des lagunes de la Moinerie (cf. Partie III, fiche 7) , destiné à accueillir des eaux pluviales, la végétalisation concerne les terrains mis à nu et la plantation d'herbiers aquatiques pour compléter le dispositif d'épuration des eaux.
Sur le site des lagunes de Vignoc (cf. Partie III, fiche 1) , un engazonnement de couverture est réalisé sur l'ensemble des terrains nus (zones terrassées), afin de protéger contre l'érosion lors des premières crues. L'objectif est également de former rapidement une couverture suffisamment dense pour limiter la prolifération d'espèces indésirables. Cet ensemencement n'a qu'un rôle de protection, il se diversifiera avec le temps.	Sur le site des lagunes de Melesse (cf. Partie III, fiche 2) , destiné à accueillir du public, l'ensemble du site a été végétalisé avec des essences adaptées au degré d'humidité des différentes zones. Un semi d'herbacées a été réalisé afin d'accélérer la recolonisation du milieu par des espèces de prairies humides, et des arbres, arbustes et banquettes d'hélophytes ont été plantés pour restaurer les capacités d'autoépuration du ruisseau.
	Sur les sites des lagunes de Chevaigné (cf. Partie III, fiche 5) et des lagunes d'Ercé-près-Liffré (cf. Partie III, fiche 6) , aucune végétalisation des terrassements n'est prévue afin de s'affranchir du problème d'introduction d'espèces exogènes, et de favoriser les adaptations.

3.5 Ouverture du site au public

Lorsque l'ouverture du site public est prévue, des aménagements spécifiques doivent être envisagés et doivent respecter quelques précautions afin de limiter son impact sur le milieu et assurer la sécurité des usagers. Il convient en particulier de s'assurer du respect des pentes des berges des espaces en eau et de la mise en sécurité des cheminements. Lors de la mise en place d'aménagements d'accueil du public, il convient de mener une réflexion autour de l'accès au site aux personnes en situation de handicap.

Tous les **chemins aménagés pour la circulation du public doivent être perméables** pour limiter l'impact sur le fonctionnement de l'écosystème¹⁴.

Par ailleurs, la perte d'habitat liée aux aménagements pour le public doit rester faible par rapport à la surface des habitats restaurés sur le reste du site.

La présence d'un sentier pédestre sur ou à proximité du site aménagé, qui peut augmenter sa fréquentation et le dérangement des espèces faunistiques, doit être compatible avec les objectifs du projet de restauration.

La restauration d'un site peut être l'occasion **d'installer des panneaux pédagogiques** permettant à la fois d'expliquer la démarche et de sensibiliser les usagers au respect de l'environnement.

Sur le site des lagunes de Melesse (cf. Partie III, fiche 2) , un parcours de découverte de la faune et de la flore des zones humides a été créé. Un ponton d'observation a été mis en place en bordure d'une mare, une aire d'accueil a été aménagée à l'entrée principale et des supports à vélo et des panneaux pédagogiques ont été mis en place. Les aménagements mis en place sur ce site permettent son accessibilité aux personnes à mobilité réduite.	Sur le site des lagunes du Verboté (cf. Partie III, fiche 8) , tous les aménagements respectent la réglementation de l'accessibilité des personnes à mobilité réduite. Une plate-forme panoramique donnant sur le site a été mise en place, des panneaux pédagogiques et des tables de lecture ont été installés.
---	--

¹⁴ Guide technique d'aménagement et de gestion des zones humides, fiche Aménagement de chemins en zone humide, CAMAB, 2012



Exemples de panneaux pédagogiques installés sur des sites restaurés



Ponton d'observation de la flore et la faune



Exemple de chemin aménagé pour le public



Liaison piétonnière enherbée tondue

4 APRES TRAVAUX

4.1 Usages et gestion du site après travaux

4.1.1 Gestion du site

L'entretien du site dépendra de son usage, des milieux présents et des ressources disponibles. Il ne faut pas oublier que **l'absence d'intervention est également une option de gestion** si le site n'a aucune vocation d'usage et qu'il n'y a pas d'enjeu paysager ou de biodiversité qui justifie de conserver le milieu ouvert.

La gestion peut être assurée par la collectivité (en régie ou sous-traitance) et/ou par un agriculteur. Dans le dernier cas, il est essentiel de vérifier durant la phase de diagnostic qu'il y a bien un agriculteur intéressé par l'exploitation du site après travaux. Dans tous les cas, il faut **prévoir une gestion extensive**, sans usage de pesticides ni d'amendement. En cas d'ouverture au public, **une gestion différenciée peut être envisagée en fonction de l'usage des différents secteurs du site**. Selon les objectifs, il peut être intéressant de prévoir une fauche avec exportation des produits, une fois dans l'année, afin d'appauvrir en partie le milieu, d'améliorer la capacité épuratrice de la zone humide et si on le souhaite, d'éviter la fermeture du milieu. Pour limiter la dégradation des sols par le passage des engins et en l'absence d'intérêt agronomique, on privilégiera un **fauchage tardif** dans la saison, en

période sèche (septembre) et avec un engin adapté à la portance du sol, en privilégiant si besoin des pneus basse-pression. Si la végétation récoltée est à destination agricole une fauche plus précoce peut être envisagée pour une meilleure valeur agronomique du fourrage. L'entretien de la végétation peut également se faire par pâturage. Le reboisement du site de façon spontanée peut être prévu pour un site où aucun usage n'est envisagé.

Dans tous les cas, **un contrôle systématique des espèces invasives doit être mené les premières années après travaux**.

4.1.2 Entretien du cours d'eau réhabilité

Il est préférable de **minimiser les interventions sur le lit restauré**, pour laisser place à l'évolution naturelle. Un suivi de l'évolution du lit mineur a pour objectif de détecter l'apparition de dysfonctionnements hydromorphologiques et de planifier, si besoin, les interventions correctives à conduire. Il peut être complété par un suivi de la dynamique de colmatage du lit du cours d'eau.

Le projet de restauration des lagunes de Melesse (cf. Partie III, fiche 2) intègre quelques considérations de gestion, telles que, proscrire l'usage de phytosanitaire, élaguer uniquement pour sécuriser le site (une fois par an à la fin de l'automne), tondre uniquement les endroits les plus fréquentés et supprimer régulièrement les macro-déchets apportés par l'eau pluviale (toutes les semaines).

4.1.3 Entretien des mares

De par leur faible dimension, les mares ont tendance à se combler progressivement et leur maintien dans le temps nécessite un entretien régulier. La régulation de l'envasement d'une mare passe par un **curage régulier mais non fréquent** qui dépend de sa vitesse de comblement. Il convient d'exporter une partie de la vase mais de préserver la couche argileuse et de s'assurer que celle-ci soit suffisamment épaisse. Dans l'idéal, **le curage d'une mare doit être réalisé en plusieurs temps. La période d'intervention optimale est l'automne** (entre septembre et mi-novembre), afin d'éviter les périodes de reproduction de la faune et de floraison

des plantes. Les réflexions préalables à la décision de curer une mare doivent s'attacher à identifier les enjeux du site, notamment au regard de l'apparition d'habitats ou d'espèces d'intérêt patrimonial. Aussi, il est important de prévoir soit, le curage d'environ un tiers de la mare puis le curage d'un deuxième tiers 2 ans après, et de ne pas extraire le dernier tiers pour ne pas vider la mare de sa flore et de sa faune, soit, le curage par moitié de mare à 2 ans d'intervalle. Dans tous les cas, il est nécessaire de **laisser les matériaux retirés un jour ou deux sur les berges afin de permettre à la faune aquatique de retourner à l'eau**. En fonction de leur composition, les matériaux extraits peuvent servir de composts, être utilisés comme terre végétale (réutilisation dans le cadre d'aménagements paysagers, de création de talus...), être régalés à proximité (hors cours d'eau, zone humide ou zone inondable), ou être stockés sur un site autorisé. Il est cependant essentiel de s'assurer que ces matériaux ne présentent pas d'espèces invasives.

4.2 Suivi/évaluation des travaux

Différents indicateurs permettent de vérifier plusieurs paramètres **biotiques** et **abiotiques** après les travaux de restauration et voir si les objectifs sont atteints. Ce suivi vise à **comparer l'état du site avant et après travaux**, et/ou **en comparaison avec des sites en bon état de conservation** à l'aval ou en amont.

Selon les indicateurs, un suivi est préconisé sur une échelle temporelle minimale de 3 à 5 ans pour visualiser au mieux l'évolution après restauration. Elle peut être prolongée selon la vitesse d'évolution du site et les moyens disponibles.

Pour les mesures compensatoires, la durée de ces suivis peut être portée à 10 voire 30 ans.

Les suivis à mettre en place dépendent des objectifs des travaux de réhabilitation du site de lagunage. On peut citer par exemple :

- **Un suivi piézométrique**, qui permet, en comparaison avec un site en amont ou en aval de s'assurer que la nappe alimente bien la zone humide et que l'on y retrouve une hydropériode similaire au reste de la vallée.
- **Un suivi de l'hydromorphologie du cours d'eau** permettra de suivre l'évolution du lit du cours d'eau et de détecter l'apparition éventuelle de dysfonctionnements. Il est intéressant de mettre en œuvre **un suivi de l'évolution morphologique du cours d'eau** (tracé en plan, profil en long, profil en travers, faciès d'écoulement, granulométrie, présence et état de la ripisylve, traces d'érosion ...), 1 an, 3 ans et 5 ans après les travaux, par le biais de protocoles adaptés du guide de suivi des

travaux de restauration géomorphologique de cours d'eau (Hubert et al., 2018).

- **Des inventaires flore/faune de la zone humide et du cours d'eau**, avant travaux, 1 an, 3 ans et 5 ans après les travaux, afin de s'assurer de la tenue des aménagements des berges, de la reprise de la végétation et de la reconquête du milieu par une faune et une flore de zone humide. Plusieurs passages annuels doivent être effectués, en fonction des espèces concernées.

Pour des protocoles de suivis précis, se référer aux fiches indicateurs produites dans le cadre du RERZH développées spécifiquement pour le suivi de projets de restauration.

D'autres protocoles sont disponibles via la boîte à outils Liger'O ou la Malette d'indicateurs de suivi des zones humides du FMA.

5 RETOURS D'EXPERIENCES

A venir ...