HAL
open science

Suivis environnementaux post-effacement du barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, Morbihan) : organisation et premier bilan

Céleste Lottigier

To cite this version:

Céleste Lottigier. Suivis environnementaux post-effacement du barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, Morbihan) : organisation et premier bilan. Agronomie. 2020. dumas-03033006

HAL Id: dumas-03033006

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03033006v1

Submitted on 1 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

l'institut Agro
agriculture • alimentation • environnement

SupAgro Montpellier

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du
diplôme d'Ingénieur Agronome

Spécialité : Eau – Sols – Environnement

SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX POST-EFFACEMENT DU BARRAGE DE PONT-SAL (PLOUGOUMELEN, MORBIHAN) ORGANISATION ET PREMIER BILAN

Le Sal et le fond de vallée exondé après l'effacement du barrage de Pont-Sal

par Céleste LOTTIGIER

Année de soutenance : 2020

Organisme d'accueil : Département du Morbihan

Morbihan

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du
diplôme d'Ingénieur Agronome

Spécialité : Eau – Sols – Environnement

SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX POST-EFFACEMENT DU BARRAGE DE PONT-SAL (PLOUGOUMELEN, MORBIHAN)

ORGANISATION ET PREMIER BILAN

par Céleste LOTTIGIER

Année de soutenance : 2020

Mémoire préparé sous la direction de :
Gilles BELAUD

Présenté le : 09/10/2020

devant le jury :

Marie-George TOURNOUD

François COLIN

Organisme d'accueil :

Département du Morbihan

Maître de stage :

Jean-Louis BELLONCLE

Résumé

L'effacement du barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, Morbihan) et de l'usine de production d'eau potable attenante a eu lieu en 2017. Avant, pendant et après l'effacement, des suivis environnementaux nombreux ont été réalisés par des intervenants divers, sans coordonnateur du programme de suivi depuis l'été 2017. Le Département du Morbihan, propriétaire du site depuis novembre 2018, a besoin d'un document de synthèse sur les suivis environnementaux à Pont-Sal, ce qui a été l'objet de ce travail.

L'état des lieux des suivis préconisés et réalisés avant, pendant et après l'effacement a été dressé, mettant en évidence que tous les suivis préconisés n'ont pas été réalisés selon les modalités prévues. Le programme de suivi de l'effacement a été étudié, ainsi que les suivis non intégrés à ce programme.

L'adéquation des suivis pour suivre l'effacement a été analysée, ainsi que les premiers résultats issus des suivis. Trois ans après l'effacement, des évolutions attendues sont observées (continuité écologique pour certaines espèces, recolonisation végétale), et des risques et des questionnements demeurent concernant l'évolution du site post-effacement (incision du cours d'eau, remontée d'eau saumâtre).

Des préconisations de divers ordres (scientifique et technique, organisationnel) ont été formulées, pointant un nécessaire pilotage du programme de suivi (coordination, gestion et valorisation des données, gestion du site) et des ajustements techniques éventuels des suivis selon les objectifs du programme de suivi, qui restent à clarifier.

MOTS CLES

Suivis environnementaux ; restauration des milieux aquatiques ; programme de suivi ; effacement de barrage ; adéquation des suivis ; Morbihan ; Pont-Sal ; changements écologiques ; physico-chimique ; continuité écologique ; hydromorphologie ; incision du lit mineur ; recolonisation végétale ; eau saumâtre ; influence marine

POUR CITER CE DOCUMENT : LOTTIGIER, Céleste, 2020. Suivis environnementaux post-effacement du barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, Morbihan) - Organisation et premier bilan. Mémoire d'Ingénieur Agronome, Spécialité Eau Sols Environnement, Montpellier SupAgro, 97 p.

Abstract

TITLE: ENVIRONMENTAL MONITORING AFTER THE DAM REMOVAL OF PONT-SAL (PLOUGOUMELEN, MORBIHAN, FRANCE) - ORGANISATION AND FIRST OVERVIEW

The dam of Pont-Sal and the next-located potable water plant, in Morbihan, France, were removed in 2017. Diverse participants, without a coordinator of the monitoring program since 2017, realised numerous environmental surveys before, during and after removal. The Département du Morbihan, landowner since November 2018, needs a synthesis of the environmental monitoring done at Pont-Sal, which was the purpose of this work.

We overviewed the monitoring prescribed and done before, during and after removal, showing that not all surveys were done after the prescriptions. We studied the monitoring program as well as surveys that were not included to it.

We analysed adequacy of surveys to follow removal as well as first results of surveys. We observe expected evolutions (ecological continuity for some species, plant recolonization) and the remaining of some risks and questionings (channel incision, brackish water influence) three years after removal.

We formulated some recommendations (scientific, technical and organisational) underlining the need to pilot the monitoring program (coordination, managing and valorisation of data, management of Pont-Sal) and to adjust surveys after the purposes of the monitoring program, to be clarified.

KEY WORDS

Dam removal; river restoration; environmental monitoring; environmental surveys; monitoring program; monitoring adequacy; Morbihan; Pont-Sal; ecological change; physical change; chemical change; ecological continuity; hydromorphology; channel incision; plant colonization; brackish water; marine influence

Préambule

Ce rapport d'étude fait suite à un stage de fin d'études d'ingénieur agronome à SupAgro Montpellier, en spécialité « Eau, Sols, Environnement », réalisé par Céleste LOTTIGIER entre mars et septembre 2020 au sein du service de l'eau, de l'aménagement foncier et des espaces littoraux (SEAFEL) du Conseil Départemental du Morbihan. L'encadrement du stage a été réalisé par Jean-Louis BELLONCLE (maître de stage) du service de l'eau, de l'aménagement foncier et des espaces littoraux (SEAFEL).

Le stage a bénéficié de l'appui du Conseil Scientifique de l'Environnement du Morbihan (CSEM), présidé par Yves GROHENS (professeur en physique-chimie). Il a été plus particulièrement suivi par Evelyne GOUBERT (maître de conférences en géologie littorale), Bernard CLEMENT (maître de conférences e.r. en écologie végétale) et Philippe MEROT (directeur de recherche en agronomie et hydrologie).

Ce travail a aussi donné lieu à un rapport d'étude exhaustif destiné au Département et à trois présentations : le 17 septembre en interne au Département, le 22 septembre auprès du CSEM et le 8 octobre en comité de suivi regroupant des partenaires externes. Une note de synthèse (en annexe A) du rapport d'étude a été produite, ainsi qu'une note opérationnelle contenant des pistes de suites à donner (en annexe B).

Dans le contexte sanitaire particulier du début d'année 2020, le présent stage a débuté et s'est déroulé exclusivement en télétravail du 19 mars au 23 mai 2020. La situation a permis progressivement l'arrivée dans les locaux du Département du Morbihan et les premières visites sur le site de Pont-Sal à partir de la fin du mois de mai.

Remerciements

Au terme de ces six mois de stage de fin d'études, je tiens à remercier tous les membres du Conseil Départemental qui ont contribué à rendre ce travail si motivant et stimulant. J'adresse un remerciement tout particulier à mon maître de stage Jean-Louis Belloncle, pour ses précieux conseils tout au long du stage, les éléments de méthode et de pragmatisme qu'il m'a transmis. Merci également à Franck Daniel pour son suivi attentif aux moments clés du stage. Je garde précieusement en mémoire tous les échanges très enrichissants et très variés au fil de ces derniers mois avec chacun des membres du service SEAFEL, qui m'ont si bien accueillie : Solenn, Anne, Florence, Simon, Franck, Jean-Louis, Franck, Arnaud, Alexandre et Alexandre. Je suis très reconnaissante pour les relectures et oraux blancs divers prodigués par Romain Chauvière et mes collègues, par lesquels j'ai beaucoup appris, notamment sur le fonctionnement des territoires, les divers services publics impliqués et en particulier le Département du Morbihan. Je remercie aussi tout le service ENSR et Sophie, Flavie, Olivier et Thierry pour l'accueil quotidien et tout ce que j'ai pu découvrir à travers les discussions et la vie du service. Je tiens à remercier les membres du Conseil Scientifique du Département pour le suivi de mon travail et les échanges éclairants que nous avons pu avoir.

Je voudrais remercier mon tuteur de stage à SupAgro, Gilles Belaud, pour ses conseils avisés et le soutien que j'ai reçus pendant mon stage, faisant le lien entre cette expérience et mes années passées à l'école d'ingénieur agronome à Montpellier.

Enfin, je remercie tous les partenaires passionnés, sans qui cette étude n'aurait pas vu le jour et qui m'ont beaucoup appris sur les organismes et bénévoles indispensables au fonctionnement et à la préservation de nos territoires : Anne-Laure Caudal, Alexandra Hubert, Mikaël Le Bihan, Anthony Le Diaudic, Arnaud Le Gal, Patrick Camus, et tous ceux qui ont pris le temps de répondre à mes questions.

Table des matières

Résumé **3**

Abstract **4**

Préambule **5**

Remerciements **5**

Table des matières **6**

Glossaire et acronymes **8**

Introduction **9**

I. Problématique, objectifs et contexte **10**

1. Problématique et objectifs du stage 10
   a. Problématique 10
   b. Objectifs et limites de l'étude 10
2. Méthodologie mise en œuvre au cours du stage 10
   a. Le cadre conceptuel de l'étude 10
   b. Les étapes de l'étude 11
3. Géographie du site de Pont-Sal et contexte hydrologique 13
4. Historique du projet d'effacement du barrage de Pont-Sal 15
   a. Arguments pour l'effacement du barrage 15
   b. Travaux peu interventionnistes 15
   c. Réflexions sur le devenir du site et aboutissement à l'effacement du barrage 15

II. Etat des lieux et bilan des suivis **16**

1. Etat de l'art externe à Pont-Sal 16
   a. Apports de la littérature sur les impacts liés à un effacement de barrage 16
   b. Suivis préconisés dans la bibliographie suite à un effacement 17
   c. Retours d'expérience sur d'autres sites 19
2. Bilan des suivis préconisés, prévus et réalisés à Pont-Sal 20
   a. Typologie des suivis préconisés, prévus et réalisés à Pont-Sal 20
   b. Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal 22
   c. Suivis réalisés à Pont-Sal et objectifs associés 24

Bilan des suivis préconisés et prévus au regard des suivis réalisés **31**

III. Analyse des suivis **32**

1. Evaluation de l'adéquation des suivis pour suivre l'effacement 32
2. Evolutions du site de Pont-Sal suite à l'effacement de barrage 34
   a. Suivis visuels 35
   b. Hydromorphologie 35
   c. Physico-chimie de l'eau 38

d. Ichtyofaune 38
e. Hydrobiologie 39
f. Flore 39
g. Faune 42
***Premiers éléments d'évolution du site de Pont-Sal suite à l'effacement du barrage (hydromorphologie, physico-chimie, biologie)* 44**
IV. Préconisations 46
1. Une nécessaire clarification des objectifs du programme de suivi post-effacement 46
2. Discussion et préconisations concernant l'organisation et la gouvernance des suivis 47
a. Rôle du Département en tant que structure en charge de la coordination et du pilotage du programme de suivis à venir 47
b. Constitution d'un comité de pilotage du programme de suivi 48
c. Gestion des données 48
d. Valorisation des résultats des suivis pour l'information et la communication sur Pont-Sal 49
e. Gestion des terrains exondés (site ENS), et apports du programme de suivi 49
3. Propositions de suivis et d'ajustements des suivis existants 50
a. Préconisations liées aux suivis de l'hydromorphologie 50
b. Préconisations liées aux suivis de l'hydrologie et physico-chimie de l'eau 51
c. Préconisations liées aux suivis de la biologie 52
d. Préconisations concernant les suivis paysagers et sociologiques 54
***Synthèse des préconisations* 54**
V. Discussion 56
Conclusion 58
Références bibliographiques 59
Liste des figures 61
Liste des tableaux 62
Annexes 63

Glossaire et acronymes

- **ABC :** Atlas de la Biodiversité Communale
- **ARS** : Agence Régionale de Santé
- **Barrage** : ouvrage barrant plus que le lit mineur d'un cours d'eau permanent ou intermittent ou un talweg et créant une retenue dans le fond de vallée (Office International de l'Eau, s. d.)
- **CarHyce** : Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau
- **Corridor écologique** : tout ou partie des cours d'eau et canaux mentionnés au 1° et au 3° du III de l'article L. 371-1 du code de l'environnement qui constituent à la fois des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques (*Qu'est ce qu'un corridor écologique ? | Trame verte et bleue*, s. d.)
- **CSEM** : Conseil Scientifique de l'Environnement du Morbihan
- **DCE** : Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE)
- **DDTM** : Direction Départementale des Territoires et de la Mer
- **Diatomées** : Algue brune microscopique pourvue d'un squelette siliceux. (www.glossaire-eau.fr)
- **DLE** : Dossier Loi sur l'Eau
- **Effacement de barrage** : suppression totale de barrage (ou dérasement) (Malavoi & Salgues, 2011)
- **ENS** : Espace Naturel Sensible
- **ENSR** : Service des Espaces Naturels Sensibles et de la Randonnée au Département du Morbihan
- **Espèce holobiotique** : espèce réalisant sa migration dans un milieu d'eau douce. (Lograni, s. d.)
- **Faciès** : portion de cours d'eau, avec une physionomie homogène de la pente, de la hauteur d'eau, des vitesses du courant et de la granulométrie du substrat. (Weingertner & Roussel, 2010)
- **FDAAPPMA** : (parfois abrégée en Fédération de la pêche) Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques
- **Frayère** : lieu de reproduction et de dépôt des œufs des poissons. (Weingertner & Roussel, 2010)
- **GMB** : Groupe Mammalogique Breton
- **Hydromorphologie** : étude de la morphologie des cours d'eau, c'est-à-dire de la forme du lit et des berges qui est façonnée par le régime hydrologique de la rivière (Weingertner & Roussel, 2010)
- **IBD** : Indice Biologique Diatomées
- **IBGN** : Indice Biologique Global Normalisé ; aujourd'hui complété par l'I2M2
- **IBMR** : Indice Biologique Macrophytique en Rivière
- **Ichtyologie** : Branche de la zoologie dont l'objet est l'étude des poissons. (www.glossaire-eau.fr)
- **Knickpoint** : rupture de pente dans le profil en long, qui remonte vers l'amont (Malavoi et al., 2010)
- **Lentique** : faciès où les vitesses de courant sont inférieures à 30 cm/s (mouilles, chenaux lentiques, plats lentiques) (Malavoi et al., 2010)
- **Lotique** : faciès où les vitesses de courant sont supérieures à 30 cm/s (radiers, plats, rapides, chenaux lotiques) (Malavoi et al., 2010)
- **Macro-invertébré benthique** : Animal visible à l'œil nu qui ne possède pas de squelette, d'os ou de cartilage, et qui peuple le fond des cours d'eau et vit à la surface dans les interstices du substrat. Il s'agit en grande partie de larves, d'insectes, de mollusques et de vers. (www.glossaire-eau.fr)
- **Macrophytes aquatiques** : Ensemble des végétaux aquatiques ou amphibiques visibles à l'œil nu, ou vivant habituellement en colonies visibles à l'œil nu. (www.glossaire-eau.fr)
- **MES** : Matières en suspension
- **OFB** : Office Français de la Biodiversité (ex-AFB : Agence française pour la Biodiversité)
- **QMNA5** : débit mensuel quinquennal sec (débit minimum se produisant en moyenne une fois tous les cinq ans)
- **SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SEAFEL** : Service de l'Eau, de l'Aménagement Foncier et des Espaces Littoraux
- **SGF** : Surface Granulométrique Favorables à la reproduction d'une espèce cible
- **SIAEP** : Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable
- **Talweg** : ligne au fond d'une vallée, suivant laquelle se dirigent les eaux (Weingertner & Roussel, 2010)

Introduction

La prise de conscience sociétale grandissante de l'impact des aménagements du territoire sur notre environnement se traduit ces dernières décennies notamment par une volonté de restauration des milieux naturels. L'effacement de barrages, aussi appelé parfois dérasement de barrage, correspond à la suppression d'un ouvrage barrant plus que le lit mineur d'un cours d'eau permanent ou intermittent ou un talweg et créant une retenue dans le fond de vallée. Ce type d'opération est une manière de restaurer la continuité écologique des cours d'eau, un objectif phare des politiques de l'eau nationales et internationales de ces dernières décennies, présent notamment dans la Directive Cadre sur l'Eau européenne (2000).

Pour autant, l'opération d'effacement de barrage ne se fraie pas un chemin sans controverses dans les politiques publiques. Lui sont reprochés les conséquences des vidanges sur les milieux aquatiques à l'aval, la lourdeur des travaux, le coût, la modification de milieux naturels installés « depuis longtemps » sinon « depuis toujours » avec ces retenues, la disparition du patrimoine… A l'inverse, cette opération d'effacement de barrage est louée notamment pour ses bienfaits environnementaux, tant au regard de la possibilité pour les sédiments de descendre le cours d'eau et pour les poissons d'y circuler, que concernant de la qualité de l'eau courante retrouvée, jusqu'aux conséquences positives sur l'érosion des côtes à l'exutoire des cours d'eau. Un effacement de barrage de taille conséquente est encore une opération rare prenant de l'ampleur en France, qui concerne seulement quelques dizaines de barrages au regard des 60 000 seuils et barrages présents sur les cours d'eau français, le premier effacement ayant eu lieu dans les années 1990 (Weingertner & Roussel, 2010).

Le barrage de Pont-Sal et l'usine de production d'eau potable attenante, quant à eux, avaient été construits en 1960 dans le Morbihan à Plougoumelen sur le cours d'eau du Sal, dans le but de constituer une réserve d'eau potable pour les communes voisines. La qualité de l'eau du Sal et l'abandon de l'usage associé a été un facteur déclenchant de la réflexion des acteurs locaux sur le devenir du barrage en 2014, réflexion qui a abouti au projet puis aux travaux d'effacement du barrage, réalisés en 2017 sous maîtrise d'ouvrage Eau du Morbihan.

Depuis, le site de Pont-Sal s'ajoute à la liste des rares effacements de barrage français. Dispose-t-on alors par ces expériences d'éléments objectifs à apporter à ces controverses ? Des suivis environnementaux, préconisés et parfois imposés par la loi lors d'une opération d'effacement de barrage, permettent notamment d'apporter des éléments de réponse à ces contradictions par les évolutions de milieux qu'ils décrivent. Si les suivis réglementaires poursuivent surtout l'objectif de surveiller les impacts lors des travaux, les suivis post-effacement (biologie, physico-chimie et hydromorphologie) peuvent orienter les actions futures à mener après l'effacement de barrage, mais aussi éclairer d'autres territoires qui s'engagent dans des décisions parfois complexes et polémiques.

La présente étude vise à faire l'état des lieux des suivis préconisés et réalisés sur Pont-Sal, en faire l'analyse et un premier bilan, afin de formuler des préconisations de différents ordres concernant le suivi environnemental ultérieur du site et le cas échéant sa valorisation. L'étude est ainsi centrée sur le suivi d'une opération d'effacement de barrage, comprenant des premiers éléments d'analyse des évolutions du milieu sans viser une évaluation complète de cette opération.

I. Problématique, objectifs et contexte

1. Problématique et objectifs du stage

a. Problématique

L'effacement du barrage*[1] de Pont-Sal a eu lieu en 2017. De nombreux suivis environnementaux étaient préconisés suite à l'effacement du barrage de Pont-Sal et des suivis ont été réalisés avant, pendant et après les travaux. D'une part, les suivis environnementaux préconisés et mis en œuvre sur Pont-Sal nécessitent des compétences très variées (naturalistes, physico-chimiques, hydromorphologie* etc.) et ont été réalisés dans des contextes divers. Les structures et partenaires ayant réalisé ces suivis sont nombreux. D'autre part, un changement de propriétaire du site est intervenu en 2018 au début de la phase des suivis post-travaux. A ce jour, il n'existe pas de document de synthèse sur les suivis réalisés sur Pont-Sal, avant comme après effacement.

Au regard de ces différents éléments, le Département du Morbihan, en tant que propriétaire du site depuis novembre 2018, a besoin de **rassembler, faire l'état des lieux et l'analyse des suivis environnementaux pour la première fois depuis l'effacement, afin de mieux suivre les évolutions des milieux suite à l'effacement du barrage et d'organiser la gestion du fond de vallée. Ce stage s'inscrit dans ce besoin.**

b. Objectifs et limites de l'étude

Le stage vise à faire un état des lieux des suivis environnementaux réalisés suite à l'effacement du barrage de Pont-Sal, analyser les résultats obtenus, en tirer un premier bilan, pour formuler ensuite des préconisations (organisationnelles, méthodologiques et techniques) sur les futurs suivis.

L'étude se focalise ainsi sur les suivis réalisés suite aux travaux d'effacement pour suivre les évolutions du site à moyen et long terme, sans détailler outre mesure les suivis réalisés pendant la période des travaux, qui étudient l'impact de la perturbation temporaire des travaux. Néanmoins les suivis réalisés avant et pendant les travaux seront présentés car ils peuvent servir dans certaines conditions à caractériser l'état 0 avant les travaux, nécessaire à l'analyse des résultats obtenus après effacement.

L'analyse et les préconisations proposées décriront comment les suivis peuvent aider à la décision pour définir, piloter et évaluer les opérations d'aménagements et de gestion du site. Il ne s'agira pas de proposer directement des actions de gestion des terrains de l'ancienne retenue. A noter également qu'il conviendra tout au long de l'étude de bien distinguer les objectifs du stage des objectifs des suivis.

2. Méthodologie mise en œuvre au cours du stage

a. Le cadre conceptuel de l'étude

La perturbation que constituent des travaux de restauration entraine une évolution des milieux. C'est la **réponse** des compartiments biophysiques à l'effacement du barrage qui peut alors être mesurée, et non l'impact de l'effacement lui-même. Dans la suite du rapport, l'expression raccourcie « impact de l'effacement » se réfère à la « réponse des milieux à l'impact de l'effacement ».

D'après (Malavoi & Salgues, 2011), araser un barrage signifie abaisser partiellement la hauteur du barrage et déraser un barrage signifie une suppression totale. Par abus de langage, « araser » est souvent utilisé pour supprimer en totalité le barrage. Le terme d'effacement du barrage sera utilisé dans cette étude pour éviter une confusion entre les termes arasement ou dérasement.

Dans la présente étude, l'ordre de description et d'analyse des suivis est le suivant : d'abord les suivis visuels (permettant de visualiser rapidement les évolutions), puis les suivis de l'hydromorphologie (socle

[1] Les mots marqués d'un astérisque * sont définis ou détaillés dans le glossaire et acronymes

des autres compartiments), ensuite les suivis de la physico-chimie de l'eau (matrice utile à la biologie) et enfin les suivis de la biologie (espèces utilisant les supports précédents).

La présente étude se place dans un contexte de suivi environnemental principalement et traite peu des autres suivis touchant les sphères économiques et sociales, tout aussi importantes à considérer dans le cadre d'un effacement de barrage*.

Enfin, dans ce tableau et dans le rapport, le terme « suivis *prévus* » renvoie aux suivis prescrits par la préfecture dans l'arrêté du 14 avril 2017 (Arrêté préfectoral, 14/04, 2017), afin de les distinguer des suivis *préconisés* par le maitre d'œuvre ou d'autres partenaires.

- Distinction entre programme de suivi, suivis, descripteurs et indicateurs

Un suivi est constitué d'une série de collecte de données et autres informations répétées dans le temps, il a un objectif spécifique (Fiers, 2003).

Dans le cadre de cette étude, la distinction est faite entre d'une part le **programme de suivi** de l'opération d'effacement et les **suivis** qu'il comprend, et d'autre part les **suivis** réalisés en dehors de ce programme de suivi (voir Figure 1). En effet, les suivis du programme de suivi et les autres visent la collecte de données sur des compartiments biophysiques différents et éventuellement des groupes d'espèces variés à l'intérieur de ces compartiments. Dans le cadre de la présente étude, est donc appelé « suivi » tout relevé d'information concernant un compartiment physique ou vivant sur le site de Pont-Sal, avec ou sans protocole et par toute méthode, intégré ou non au programme de suivi de l'effacement. La distinction entre deux suivis dans la présente étude peut ainsi se faire par le compartiment visé ou par la méthode (par exemple quand deux suivis physico-chimiques sont distingués car leur protocole diffère).

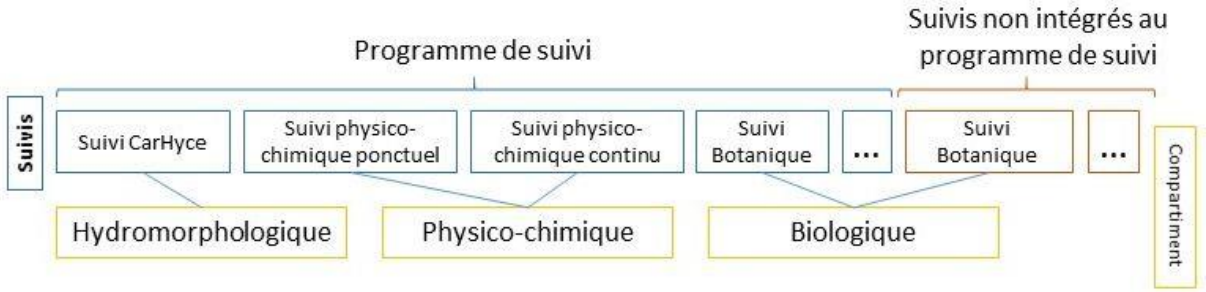


Figure 1 : Synthèse des composants d'un programme de suivi

Un **descripteur** permet de décrire les évolutions du milieu à partir des données collectées par un suivi. Un **indicateur** permet de caractériser les évolutions dans une optique d'évaluation ou de suivi. L'indicateur est comparé à une référence (objectif, seuil règlementaire, moyenne…) et contextualisé.

Un **tableau de bord** serait ainsi constitué par l'ensemble des **indicateurs** résultant de l'ensemble des **suivis** qui composent le **programme de suivi** de l'opération d'effacement de barrage.

Dans la présente étude, la **méthode** de réalisation d'un suivi donné comprend notamment le **protocole** d'échantillonnage, mais également les informations sur la mise en œuvre de ce suivi (fréquence, réalisateur, lieu etc.).

b. Les étapes de l'étude

L'objectif général du stage peut être subdivisé en plusieurs axes méthodologiques, représentés sur le planning du stage en Annexe – Planning du stage:

1) Analyse du contexte et des enjeux concernant les suivis environnementaux

Une phase de bibliographie a été menée sur l'effacement et le suivi du barrage de Pont-Sal. Des visites sur le terrain ont pu être réalisées dès que la situation sanitaire le permettait, fin mai 2020. Enfin, divers partenaires et personnes étant intervenues lors de l'effacement de barrage et des suivis ont été contactés, en interne au Département comme en externe.

Il s'agissait également de faire l'état des lieux des connaissances disponibles sur le suivi d'effacement de barrages. Pour cela la bibliographie a été exploitée, tant sur les méthodes de suivi des restaurations écologiques, que sur les évolutions documentées après des effacements de barrage, ou encore sur d'autres expériences d'effacement de barrage.

2) Etat des lieux des suivis environnementaux préconisés, prévus[2] et réalisés

Dans un premier temps, les suivis qui étaient initialement préconisés et prévus ont été décrits et identifiés, en distinguant les obligations du Département. Pour cela, l'étude des documents du projet d'effacement ont été consultés (rapports d'études préliminaires, avant-projet, Dossier Loi sur l'Eau etc.). Puis il a fallu inventorier les suivis réellement réalisés. Pour cela, les structures étant intervenues dans la réalisation ou la maitrise d'ouvrage des suivis ont été d'abord recensées selon les contacts qu'avait le Département en interne et d'après les comptes rendus de comité de suivi à la fin du projet d'effacement où étaient discutés et répartis les suivis post-travaux. Dans ce cas les structures ont été contactées pour récupérer les informations et résultats des suivis. D'autres suivis réalisés par d'autres organismes ou personnes (notamment bénévoles) nous ont été mentionnés par des structures contactées, et ont alors été sollicitées à leur tour. Avec cette méthodologie, il est possible que certains bénévoles aient effectué des observations naturalistes notamment, sans les diffuser, indépendamment du programme de suivi du site et sans que le Département en ait eu connaissance. Les objectifs et les modalités de la mise en œuvre et de l'exploitation des suivis ont été étudiés (objectif, moyen, méthode, opérateur, localisation, fréquence et quantité, bancarisation, financement). *In fine,* les suivis préconisés et prévus ont été comparés avec ceux réalisés, pour en produire un bilan.

3) Synthèse et analyse des premiers suivis

Dans un deuxième temps, de premiers enseignements ont été tirés à l'aide des premiers résultats disponibles suite à l'effacement et de l'analyse croisée des résultats des suivis. Se sont posées d'une part la question de l'évolution des milieux suite à l'effacement du barrage, et d'autre part celle de l'adéquation des suivis (nombre, fréquence, méthodologie) pour mesurer cette évolution :

- Evaluer l'adéquation des suivis mis en œuvre par rapport aux objectifs initiaux ;
- Analyser les évolutions du site constatées/mesurées (attendus environnementaux principalement – premières étapes de l'évaluation de politique publique).

4) Discussion et préconisations

Enfin, ont été discutés l'état des lieux des suivis sur Pont Sal ainsi que les premiers résultats, à la lumière de l'état de l'art réalisé et des échanges avec les divers partenaires. Cette partie permet ainsi une critique et une prise de recul sur la démarche mise en œuvre à Pont-Sal, concernant l'opération d'effacement de barrage et son suivi environnemental. Des préconisations de différents ordres (scientifique et technique, organisationnel) ont été formulées, portant sur :

- L'organisation et la gouvernance du programme de suivi : rôle du Département, comité de pilotage, gestion et valorisation des données (recueil, analyse, communications), gestion des terrains exondés, etc.

[2] Suivis mentionnés dans (Arrêté préfectoral, 14/04, 2017)

- L'adaptation technique et scientifique des suivis pour mieux suivre l'impact de l'effacement du barrage.

3. Géographie du site de Pont-Sal et contexte hydrologique

Le Sal est un cours d'eau côtier de 25 km de long dans le département du Morbihan. Il prend sa source à 100m d'altitude puis rejoint la rivière du Bono puis la rivière d'Auray à l'aval du site de Pont-Sal (voir Figure 2). A l'aval de la voie rapide N165, le Sal devient la rivière du Bono.

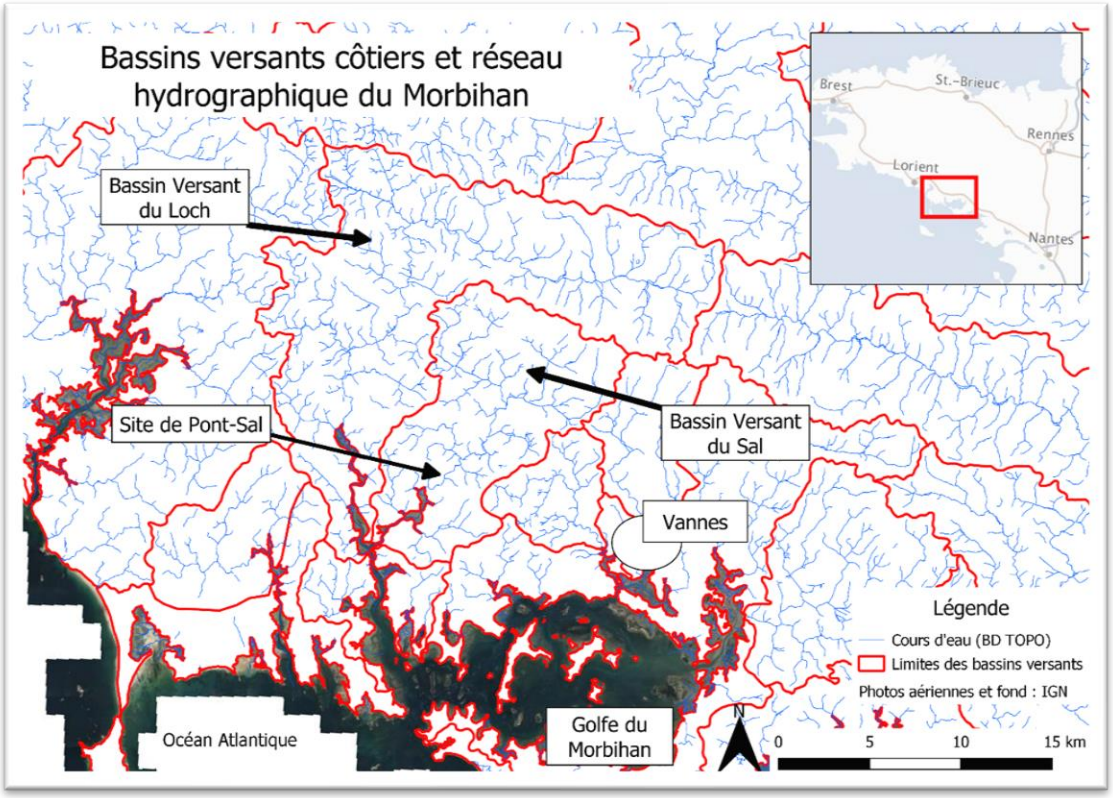


Figure 2 : Bassin versant du Sal parmi les bassins versants côtiers du Morbihan (Réalisation : Céleste Lottigier)

Le débit du Sal est approximé à partir d'une station de mesure présente sur le Loch, cours d'eau voisin qui devient la rivière d'Auray au niveau d'Auray. Le Tableau 1 suivant présente les débits du Sal.

Débits moyens interannuels en m³/s, approximés pour le Sal à Pont-Sal													
Surface BV	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Module
89 km²	3,402	3,213	2,321	1,750	1,189	0,703	0,364	0,228	0,220	0,488	1,275	2,350	1,452

Tableau 1 : Débits moyens interannuels (m^3/s) approximés sur le Sal à Pont-Sal (extrait de (CERESA, 2011))

Le régime du Loch (et du Sal) présente des hautes eaux en hiver (de l'ordre de deux fois le module), et un étiage en été assez marqué (environ 15% du module). Pendant les deux tiers du temps, le débit est inférieur à environ 1,5 m^3/s. Le QMNA5* est inférieur au dixième du module. Le débit de crue journalier de période de retour 2 ans (QJ2) est estimé à 9m^3/s (CERESA, 2011).

Le site de Pont-Sal se situe sur la commune de Plougoumelen à 18km à l'aval de la source du Sal et correspond à une portion encaissée du cours d'eau. Un barrage ainsi qu'une usine de traitement ont été construits en 1960 et détruits en 2017 (voir Figure 3), sur la portion du cours d'eau située entre la route N165 et la voie ferrée Vannes-Auray (voir Figure 4).

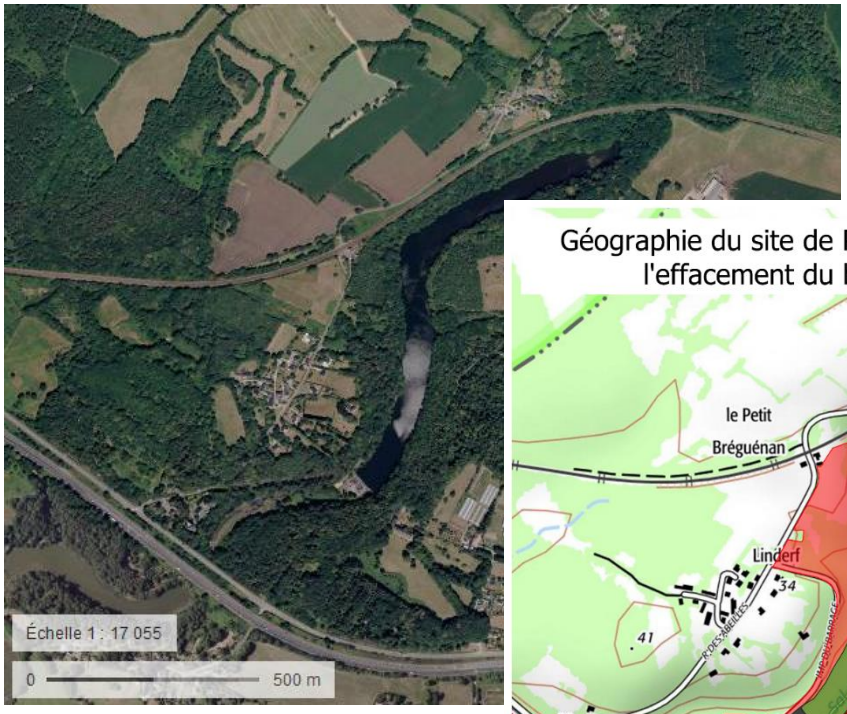


Figure 3 : Photographie aérienne de la retenue avant effacement du barrage (2016) (source Géoportail)

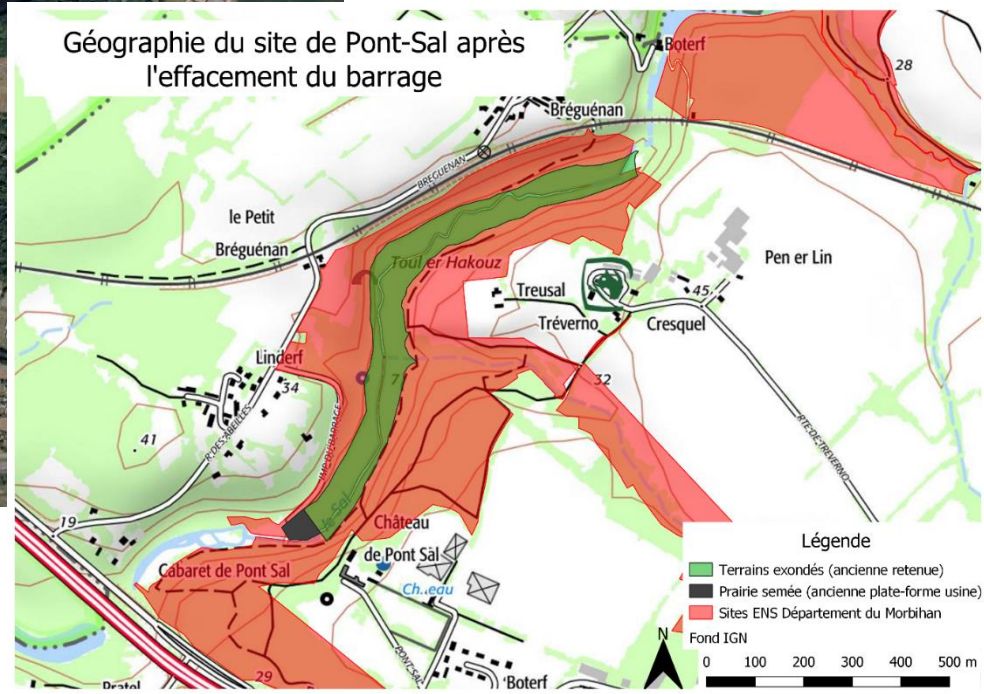


Figure 4 : Géographie du site de Pont-Sal après l'effacement du barrage (Réalisation : Céleste Lottigier)

Un Espace Naturel Sensible (ENS) (33,5 ha) du Département du Morbihan entourait la retenue (voir Figure 4). A sa suppression, les terrains exondés et la prairie semée à l'emplacement de l'usine (voir Figure 4) ont été intégrés à cet ENS[3]. Le site de Pont-Sal est par ailleurs dans le périmètre de la zone Natura 2000 du Golfe du Morbihan (SCE, 2017b).

Une spécificité du site de Pont-Sal est la proximité avec la mer (voir localisation en annexe D), ce qui engendre des remontées d'eau saumâtre plus ou moins à l'amont du Sal selon les marées, les vents, le débit du Sal. La carte ci-dessous permet de localiser le site de Pont-Sal par rapport à la rivière d'Auray avec laquelle le Sal conflue, ainsi que les estuaires des deux cours d'eau, soumis à la marée. Par grand coefficient la zone sous influence de la marée venait buter contre le barrage de Pont-Sal, donc après effacement le niveau d'eau peut remonter sous certaines conditions (grande marée) dans l'ancienne retenue (SCE, 2016a). Lors d'une marée haute de coefficient 112 sans surcote, le niveau 2,72 m IGN69 a été atteint sur le site au niveau de l'usine le 18 octobre 2016 et lors d'un coefficient 59, le niveau 1,73m IGN69 a été atteint le 22 octobre 2016 (SCE, 2017b). La remontée des niveaux d'eau ne signifie pas que l'eau saumâtre remonte, l'incertitude subsiste à ce niveau.

Ainsi, dans la suite du rapport, il faut distinguer les terrains exondés d'une part (dénommés aussi « fond de vallée », zones vertes et noires ci-dessus) et les terrains de l'ENS d'autre part (en rouge ci-dessus), qui font référence aux pentes et aux plateaux boisés autour du fond de vallée. Le présent rapport est centré sur l'effacement du barrage, qui a modifié le fond de vallée, mais la flore et la faune de l'ENS seront prises en considération pour certaines espèces ayant un territoire de répartition comprenant le fond de vallée.

Par la suite, noter la distinction entre d'une part « l'emplacement de l'ancien barrage », qui se limite à la zone où était implanté l'ouvrage en béton transversal au cours d'eau (86m en travers de la vallée), et

[3] Une vidéo en ligne permet de visualiser le cours d'eau **avant** effacement : https://vimeo.com/221563209
Une vidéo en ligne permet de visualiser le cours d'eau **après** effacement : https://vimeo.com/311194636

d'autre part « l'ancienne retenue » qui fait référence à toute la superficie (8ha) des terrains qui ont été exondés lors de l'effacement du barrage en 2017 (en vert ci-dessus).

4. Historique du projet d'effacement du barrage de Pont-Sal

Le Syndicat Intercommunal d'Assainissement et d'Eau Potable (SIAEP) de Vannes-Ouest a été à l'origine de la construction du barrage en 1960. L'objectif initial de la retenue en 1959 était d'alimenter en eau potable les communes du SIAEP de Vannes-Ouest en constituant une réserve pour l'alimentation en eau potable, dont le volume était de 180 000 m^3 et la surface 8ha (SCE, 2016b). Cette retenue était gérée par le syndicat Eau du Morbihan. La Figure 5 retrace la chronologie du projet d'effacement du barrage.

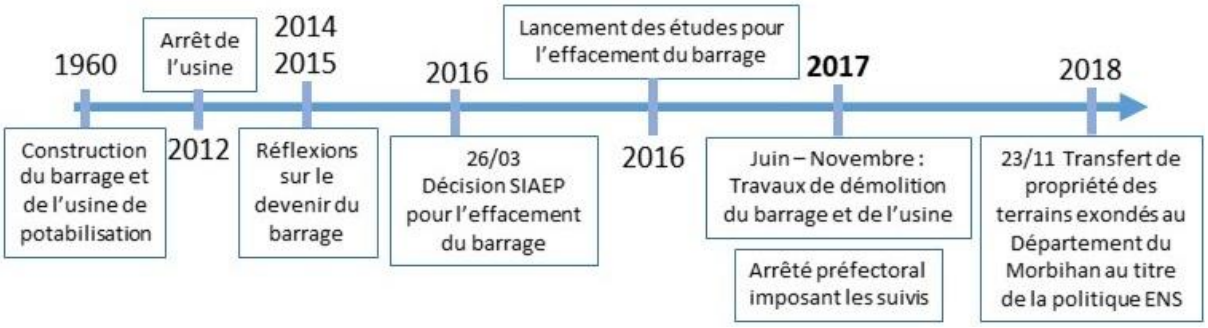


Figure 5 : Frise chronologique du projet d'effacement du barrage

a. Arguments pour l'effacement du barrage

Plusieurs éléments ont concouru à l'effacement du barrage de Pont-Sal : d'une part, la perte de l'usage d'eau potable lui étant associé, des coûts de mise aux normes importants du barrage et de l'usine, et d'autre part la réponse à la règlementation en vigueur de la Directive Cadre sur l'Eau notamment, pour le rétablissement de la continuité écologique. Les usages et arguments pour l'effacement sont présentés en annexe E.

b. Travaux peu interventionnistes

Les travaux entrepris en 2017 se sont limités à la déconstruction du barrage en lui-même et de l'usine. La remise en état et les interventions réalisées se sont limitées à la zone où étaient présents ces deux ouvrages. Il y a eu un confortement des berges au droit du barrage en rive gauche et une renaturation (semis) de la plate-forme où était implantée l'usine. Il a été choisi pour la renaturation du reste de la retenue d'être peu interventionniste : laisser la végétation spontanée reprendre sur les terrains mis à nu au fond de la retenue et laisser le Sal reprendre son cours (Arrêté préfectoral, 14/04, 2017).

c. Réflexions sur le devenir du site et aboutissement à l'effacement du barrage

Le SIAEP de Vannes-Ouest était encore le propriétaire de l'ouvrage au moment du projet d'effacement du barrage. Le syndicat Eau du Morbihan avait repris la compétence « production – transport » depuis janvier 2012. Suite à l'arrêt de l'exploitation du barrage pour l'eau potable en 2012, une réflexion sur le devenir du site et l'étude de différents scénarios a abouti au projet de démantèlement (usine + barrage) (Délibération du Syndicat Intercommunal Assainissement et Eau Potable, Devenir du barrage de Pont-Sal, 2015). L'effacement du barrage a été jugée avantageuse d'un point de vue économique, sans impact fort sur l'approvisionnement en eau potable (sécurisation d'ores et déjà assurée). Cet effacement permettait également de répondre à des enjeux environnementaux et écologiques.

Le syndicat Eau du Morbihan a porté la maîtrise d'ouvrage de l'opération complète d'effacement (barrage + usine). Le projet d'effacement du barrage a été financé par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et le Département du Morbihan, au titre de la continuité écologique. Le groupement des bureaux d'études SCE – AD Ingé était maitre d'œuvre pour l'effacement du barrage, SCE portant les aspects

environnementaux et AD Ingé le désamiantage et les démolitions (usine et barrage). Les travaux ont été effectués entre juin et septembre 2017, et les derniers filtres à sédiments ont été retirés du cours d'eau en février 2018 (SCE, 2018).

Une fois les travaux effectués, le Département du Morbihan s'est positionné pour l'acquisition des terrains et est devenu propriétaire des terrains correspondant à l'ancienne retenue (fond de vallée), au titre de la politique des Espaces Naturels Sensibles (Conseil Départemental du Morbihan, 2016). Ainsi, c'est au Département du Morbihan qu'incombe désormais la gestion du site issu de la suppression de la retenue de Pont-Sal depuis le 23 novembre 2018 (Direction générale des finances publiques, 2018).

II. Etat des lieux et bilan des suivis

1. Etat de l'art externe à Pont-Sal

Cette partie vise à faire l'état des lieux des connaissances disponibles par ailleurs, sur les impacts potentiels liés à un effacement de barrage, sur le programme de suivis préconisé dans le cadre d'un effacement de barrage et sur d'autres expériences d'effacement de barrage.

a. Apports de la littérature sur les impacts liés à un effacement de barrage

Un rapport de l'ONEMA datant de février 2011 (Malavoi & Salgues, 2011) décrit les impacts liés à la présence d'un ouvrage transversal sur un cours d'eau, ainsi que les avantages et les risques liés à sa suppression, à prendre en compte préalablement à une opération de dérasement. Ce document dresse les impacts éventuels d'un effacement de barrage (à l'exception des aspects sociologiques et économiques), qui sont les suivants : érosion régressive, reprise de l'érosion latérale dans l'ancienne retenue asséchée, transport accentué des alluvions à l'aval, affaissement de la nappe d'accompagnement à l'amont, remise en cause de l'équilibre écologique mis en place à l'amont depuis l'installation du barrage, médiocre qualité d'habitat retrouvé suite à l'effacement pour les cours d'eau ayant été chenalisés (recalibrés, rectifiés), mortalité de la ripisylve dont les racines seraient exondées, remplacement d'un paysage de plan d'eau par un paysage de cours d'eau, réduction du volume de zones refuges pour les poissons en étiage sévère, déformations géotechniques des bâtiments situés le long de l'ancienne retenue, modification des peuplements biologiques, modification des processus physico-chimiques. Ce document traite principalement des seuils, mais la plupart des impacts précédents peuvent être repris dans le cas de effacements de barrages (Malavoi & Salgues, 2011).

- Objectifs de la restauration écologique et de l'effacement de barrages en particulier

L'objectif à atteindre lors d'une restauration dépend d'une part de la notion de référentiel du « cours d'eau idéal », variable selon les intervenants. Au niveau scientifique s'observent des débats d'experts sur cette notion de référence. De plus, de nombreuses trajectoires de réponses des milieux sont observées suite à une restauration hydromorphologique, la relation fonctionnement hydromorphologique – fonctionnement écologique n'étant pas linéaire (AFB, 2010b). Malgré ces débats et évolutions variables après restauration, il est nécessaire de trouver des objectifs opérationnels.

Une restauration hydromorphologique peut ainsi poursuivre plusieurs objectifs :

- Retrouver un lit dans le bas du talweg*, une forme de cours d'eau adaptée à sa puissance et un cours d'eau qui puisse dissiper l'énergie en crue et concentrer les débits à l'étiage. Des perturbations très faibles et peu détectables à l'œil nu seraient une référence opérationnelle.
- La restauration écologique est un type d'opération qui vise à réduire les altérations sur un milieu naturel, mises en évidence dans les études initiales qui précèdent les travaux (AFB, 2010a).
- Les trajectoires suivies par les milieux post-restauration étant divers, l'objectif est de suivre une trajectoire d'amélioration pour le cours d'eau (AFB, 2010b).

- D'après le manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, l'objectif global de l'opération d'effacement de barrage est de redonner un profil en long naturel au cours d'eau (Adam et al., 2007). L'objectif est de restaurer une continuité fonctionnelle du cours d'eau.
- Un effacement de barrage entraîne une modification d'habitats importante, et certains objectifs sont poursuivis (continuité écologique et ouverture d'un bassin versant aux poissons), éventuellement au détriment d'autres (zones humides). Dans certains cas, ce peut être une raison pour maintenir un étang (Weingertner & Roussel, 2010).
- L'objectif est de retrouver des espèces présentes naturellement dans des milieux d'eau courante. Après effacement, il est donc possible de conclure qu'il y a moins d'espèces (AFB, 2018).

Le suivi à mettre en place après une restauration dépend donc des objectifs de cette restauration, qui peuvent être divers. Les suivis seront aussi variables selon les types de milieux mis en place après restauration, qui dépendent des références qu'ont les intervenants de l'évolution post-effacement.

b. Suivis préconisés dans la bibliographie suite à un effacement

Dans le recueil de fiches sur l'hydromorphologie de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), il est précisé que la construction d'un programme de suivi peut faire l'objet d'une concertation avec le service de police de l'eau, l'Onema (aujourd'hui OFB) et l'Agence de l'eau. Cette construction peut également s'appuyer sur les guides nationaux des suivis, décrits dans cette partie.

- *Objectifs généraux d'un programme de suivi*

Actuellement suite à la suppression d'un plan d'eau, la préconisation de suivis clé en main est souvent proposée, sur un large nombre de compartiments biophysiques. Néanmoins ces suivis doivent répondre à une question, spécifique au site, posée avant l'effacement, dans le cadre d'hypothèses faites avant l'effacement sur les évolutions possibles du site. (Com. pers. Mikaël Le Bihan)

La nécessité de réaliser un suivi fait suite au constat actuel que peu d'opérations ont été munies de suivis permettant de mettre en évidence le niveau de réponse écologique de l'action menée ((Morandi & Piégay, 2011) in (AFB, 2010b)). D'après les fiches du recueil d'expérience sur l'hydromorphologie (AFB, 2010b), un meilleur suivi permettrait ainsi de combler ces manques en répondant à des objectifs variés :

- Répondre aux objectifs fixés pour l'opération : vérifier l'efficacité et la pérennité des travaux en mettant en évidence le niveau de réponse écologique, spatialement et temporellement
- Evaluer le besoin éventuel d'intervention complémentaire
- Tirer des enseignements communs à partir de situations propres à chaque cas de restauration, expliquer les niveaux de réponse des différents cas, comprendre la trajectoire observée
- Savoir si l'action financée a contribué à l'objectif écologique plus global et conforter ou revoir la politique de financement au regard des objectifs écologiques
- Permettre aux autres acteurs de s'appuyer sur des retours d'expériences concrets et évalués de façon fiable

D'après le guide du suivi scientifique minimal, l'objectif général du suivi post-restauration est de vérifier l'efficacité écologique des travaux effectués et en tirer des conclusions opérationnelles, à l'échelle du site restauré et de son environnement proche (Roland-Meynard & al., 2019).

D'après ces recommandations, le suivi réalisé a donc l'ambition d'être utilisé par différents acteurs (maitre d'ouvrage, financeurs, usagers, élus, partenaires techniques, etc.) pour divers objectifs.

- *Guides pour la construction d'un programme de suivi post-restauration*

L'Onema et le Cemagref ont publié en 2010 un guide pour construire le retour d'expérience des opérations de restauration hydromorphologique (Malavoi & Souchon, 2010), introduisant le concept du

Suivi Scientifique Minimal (SSM). Il s'agit d'une étude de suivi, collectant un minimum de données en terme de fréquence, d'échelle spatiale et de compartiment (volets hydromorphologie et hydroécologie). L'objectif est alors de mettre en évidence la réponse du milieu à l'action de restauration réalisée, par l'analyse scientifique des données produites par le SSM. Les paramètres à suivre sont choisis selon les impacts qu'avait le barrage et selon les impacts attendus de des travaux de restauration, pour surveiller la réponse du milieu. Une deuxième version du document en 2012 (Navarro et al., 2012) fait suite au document de 2010, apportant des expériences de tests du suivi sur des opérations. En 2019 a été publié un guide qui reprend les informations de 2010 et 2012, intitulé « Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration en cours d'eau » (Roland-Meynard & al., 2019). Des modifications ont été apportées par rapport aux deux guides précédents, notamment sur la dénomination des stations.

Ces guides préconisent ainsi dans le cadre du SSM : le cadre d'application, des stratégies d'échantillonnages, la localisation des suivis (stations, linéaire, sites), la fréquence et la durée du suivi (avant et après la restauration, voir Figure 6), les méthodes de mesure et de prélèvement à utiliser, le format des données et leur bancarisation, et enfin la prise de photos. Trois grands compartiments de suivis sont préconisés : hydromorphologie, physico-chimie et biologie. Un suivi sur trois ans avant effacement est préconisé pour la physico-chimie et la biologie afin de prendre en compte la variabilité interannuelle naturelle, et un suivi l'année précédant les travaux pour l'hydromorphologie. Après les travaux réalisés en année N, le suivi de l'hydromorphologie est préconisé en année N, N+3 et entre N+3 et N+6 juste après une crue morphogène. Les suivis de la biologie et de la physico-chimie se font ensemble, à partir de l'année N+3 jusqu'en N+5 pour laisser le temps de la recolonisation des milieux et de réalisation du cycle biologique, et pour avoir une image fiable des interventions et de la trajectoire d'évolution écologique. Un suivi bio-physico-chimique peut être refait après une crue morphogène après N+5 (Roland-Meynard & al., 2019). Il s'agit de différencier le suivi de veille, qui peut être commencé dès la première année après l'effacement, du suivi réalisé ensuite quand les milieux sont stabilisés (AFB, 2010a).

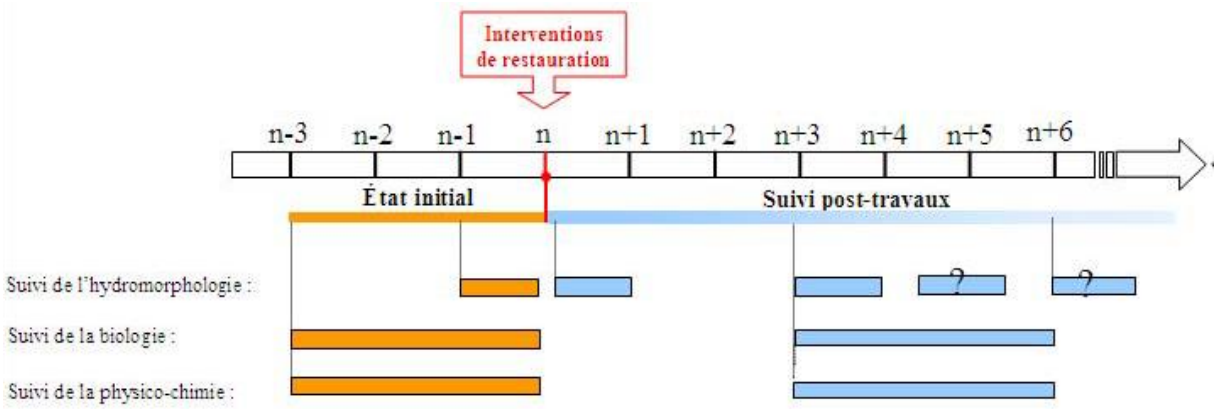


Figure 6 : Programmation du SSM des suivis de l'hydromorphologie, biologie et physico-chimie, extrait de (Navarro et al., 2012)

Selon les objectifs de la restauration, les positionnements des stations sont divers. La localisation des suivis est préconisée à deux échelles, soit celle de la station, soit celle du linéaire restauré. Généralement, au moins trois stations principales sont préconisées (Roland-Meynard & al., 2019), voir Figure 7 : station restaurée (là où ont été réalisés les travaux ou juste à l'aval), station témoin non altérée (sera peu ou pas impactée par les travaux), station témoin altérée (non impactée par les travaux mais subissant les mêmes pressions que la section restaurée), et éventuellement une station échelle étendue (à plus large échelle sur le bassin versant). Dans le cas d'un effacement de barrage sont préconisées deux stations restaurées (une dans l'ancienne retenue et une à l'aval), une station témoin non altérée à l'amont de l'ancienne retenue, hors de la zone d'influence (remous liquide et solide), et deux stations échelle étendue (une à

l'aval pour surveiller les transports sédimentaires et une à l'amont pour surveiller les remontées piscicoles).

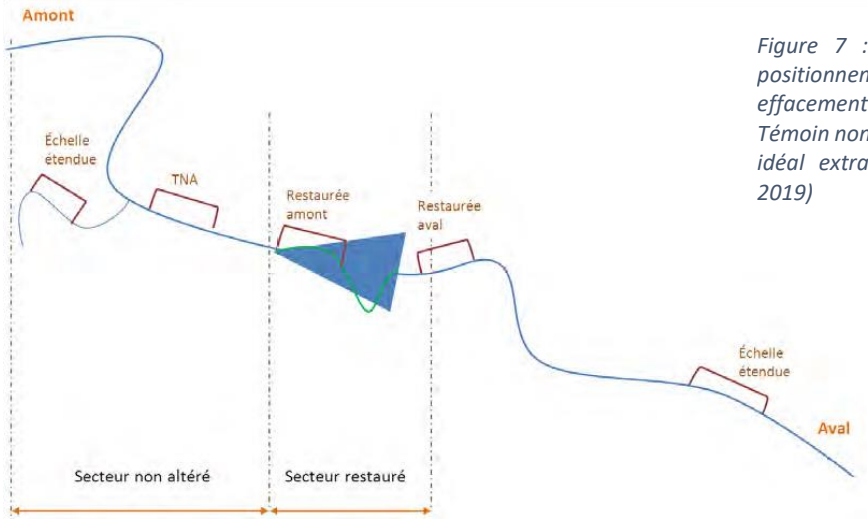


Figure 7 : Localisation des secteurs et positionnement des stations pour un effacement de barrage. TNA = station Témoin non altérée. En vert le lit recréé. Cas idéal extrait de (Roland-Meynard & al., 2019)

Malgré la préconisation de suivis au niveau national, il reste difficile d'évaluer l'efficience de travaux dans le cadre des contrats territoriaux, notamment à cause d'une mauvaise définition des objectifs des suivis, de méthodologies inadaptées ou d'absence de document cadre (Hubert A. & Le Bihan M., 2018). Suite à ce constat, l'OFB au niveau régional (Bretagne – Pays de la Loire) a initié la construction d'un guide d'aide à l'élaboration d'un programme de suivi pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie), à destination des gestionnaires de milieux aquatiques (Le Bihan et al., 2018). Ce guide préconise 3 niveaux de suivi : mené en routine sur tous les projets de restauration (niveau 1), mené sur des opérations assez ambitieuses (niveau 2), jusqu'au suivi selon des protocoles standardisés (niveau 3), qui correspond au SSM (Roland-Meynard & al., 2019). Le suivi sera moins poussé (niveau 1) dans le cas d'une restauration peu ambitieuse et en présence de facteurs limitant les effets bénéfiques attendus d'un programme de restauration[4].

Concernant la gestion des données, des préconisations sont faites dans le SSM 2019, notamment la déclaration des stations de suivi au système d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau (Sandre) (Roland-Meynard & al., 2019). L'AFB souligne que l'analyse des données ainsi que leur interprétation est une étape indissociable du programme de suivi (AFB, 2010b). L'analyse croisée et transversale des résultats produits par les différents suivis ne semble pas encore systématique, et il ne semble pas y avoir de méthode transversale et standardisée d'analyse des résultats préconisée dans le guide du SSM.

c. Retours d'expérience sur d'autres sites

Sont présentés en annexe E des expériences qui sont de taille similaire à Pont-Sal ou qui ont bénéficié d'un programme de suivi intéressant. La recherche de ces expériences a montré qu'il y a peu d'effacements de barrages de l'ampleur de Pont-Sal en Bretagne. (Com. pers. Mikaël Le Bihan) A noter

[4] Par exemple dans le cas de la restauration de la continuité écologique, la mise en place d'une passe à poissons s'accompagnera de suivis photographiques (niveau 1), suivis ichtyologiques* et de vérification de la fonctionnalité de la passe à poissons (niveau 2). Par contre, l'effacement total d'un ouvrage supérieur à 50cm de hauteur de chute (restauration la plus ambitieuse) s'accompagnera de suivis : photographies, mesure de la hauteur de chute, linéaire réouvert aux poissons, taux d'étagement et de fractionnement, linéaire de la zone de remous solide/liquide, profil en travers, faciès d'écoulement* (suivis de niveau 1 à faire systématiquement) ; cartographie des faciès d'écoulement, profil en long, classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès et radiers, protocole Wolman, mesure du colmatage, habitats complémentaires, macro-invertébrés* et ichtyofaune (suivis de niveau 2, conseillés). De plus, un objectif est assigné à chaque suivi. Pour le suivi du profil en long par exemple, l'objectif à vérifier est « retrouver un profil en long naturel du cours d'eau ».

que d'autres expériences d'effacement ont été recensées (barrage de Montafilan, de Saint-Etienne du Vigan) mais n'ont pas fait l'objet d'une analyse dans ce rapport. Les expériences explorées sont :

- **Barrage de Kernansquillec** sur le Léguer, Côtes d'Armor (22)
- **Retenue de Pont-Callec** sur le Kerustan, Morbihan (56)
- **Barrages de Vezins et la Roche-qui-boit** sur la Sélune, Manche (50)
- **Barrage de Maisons-Rouges** sur la vienne, Vienne (37)
- **Réouverture à la mer des Etangs du Loc'h** et observatoire du changement (Morbihan, 56)
- **Retours d'expériences d'effacements de barrage aux USA**

Ces retours d'expériences illustrent que chaque cas d'effacement de barrage est un cas particulier, avec un contexte biophysique et social propre, même si des points communs existent. Ainsi, il n'est pas possible de calquer les modalités d'une étude de suivi d'un effacement de barrage à un autre, les échelles spatio-temporelles de réponse des milieux, de taille et types de milieux très variables, étant différentes. Le contexte sociologique et technologique évoluant entre les expériences, cela entraine également des différences dans les programmes de suivis. Par contre il est possible de garder de grands principes qui peuvent permettre la réalisation de suivis. Ainsi, les éléments qui aident à la mise en place d'un programme de suivi sont : des personnes ou structures motivées ou ayant un intérêt pour suivre l'opération d'effacement et/ou connaitre les compartiments étudiés ; un porteur du programme de suivi qui pilote et anime celui-ci ; un climat politique et sociologique consensuel et une prise en compte des divers intérêts via une concertation.

2. Bilan des suivis préconisés, prévus et réalisés à Pont-Sal

a. Typologie des suivis préconisés, prévus et réalisés à Pont-Sal

Dans le cadre de la présente étude, tous les suivis (voir p.10 Le cadre conceptuel de l'étude) réalisés sur Pont-Sal ont été inclus. Une partie de ces suivis constitue le programme de suivi mis en place dans le cadre de l'effacement du barrage (types 3 et 5 ci-dessous, voir p.22 Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal). D'autres suivis ont été réalisés pour suivre l'effacement, mais sans être intégrés ou liés au programme de suivi prévu et préconisé (type 6). Les autres suivis réalisés sur l'ENS de Pont-Sal et la retenue en dehors du programme de suivi de l'effacement du barrage (voir types 1, 2, 4 ci-dessous) décrivent des écosystèmes qui entourent ou comprennent les milieux visés par les travaux et pourront apporter des éléments à l'analyse et à la poursuite du programme de suivi.

Il est ainsi possible de distinguer 6 grands types de suivis réalisés sur Pont-Sal (voir Figure 8) :

- (1) Les suivis environnementaux réalisés dans l'ENS de Pont-Sal ou dans le cours d'eau du Sal et la retenue, dont l'objectif n'était pas spécifiquement de décrire les milieux en lien avec l'effacement du barrage. Néanmoins leurs résultats peuvent sous certaines conditions être utilisées pour avoir une référence du site avant effacement ou suivre les évolutions après effacement.
- (2) Les suivis environnementaux de l'état initial, réalisés en 2015 et 2016 par la maitrise d'œuvre lorsqu'il était nécessaire de compléter les suivis de type (1) dans le cadre du dossier de déclaration Loi sur l'Eau (DLE) (SCE, 2017b): description des ouvrages à démolir, climat, géologie, occupation du sol, contexte hydrologique et hydromorphologique, qualité de l'eau et des milieux aquatiques, continuité écologique, zones humides, milieux naturels et usages, ainsi que les altérations des milieux (SCE, 2016b). Ils visent à obtenir des informations sur le milieu pour définir le programme de travaux et les impacts potentiels du projet d'effacement de barrage, ainsi que les mesures d'évitement, de réduction et de compensation des travaux.
- (3) Les suivis environnementaux réalisés avant les travaux, avec l'objectif spécifique de définir l'état zéro du site avant effacement pour disposer d'une référence, selon la méthodologie

préconisée pour les suivis post-effacement. Ces suivis sont intégrés au programme de suivi du site dès sa conception.

- (4) Les suivis environnementaux réalisés pendant la vidange du plan d'eau et les travaux (entre le 13 juin 2017 et septembre 2017), pour répondre à des obligations règlementaires relatives aux vidanges de plans d'eau (suivis principalement hydrauliques, qualitatifs de la ressource en eau, sédimentaires et piscicoles). Ces obligations visent à limiter les impacts d'une vidange de plan d'eau sur les milieux, notamment à l'aval (SCE, 2017b). La surveillance des filtres mis en place dans le cours d'eau à l'aval immédiat du barrage pour retenir les sédiments, retirés en janvier 2018, rentre également dans cette catégorie.
- (5) Les suivis environnementaux réalisés dans le cadre du programme de suivi (suivis prévus et préconisés), depuis que les travaux de vidange et démolition de l'usine et du barrage sont terminés, pour suivre l'évolution du site suite à l'effacement du barrage.
- (6) Les suivis environnementaux réalisés sans être prévus ou préconisés, non intégrés au programme de suivi, visant à suivre les évolutions post-effacement.

Les suivis préconisés et réalisés concernent diverses disciplines : suivis visuels, hydromorphologie (à l'interface de l'hydrologie, l'hydraulique, la géologie, la sédimentologie), physico-chimie de l'eau, faune aquatique, hydrobiologie, botanique et faune. Ces suivis étudient des milieux et organismes vivants variés, et sont réalisés sur Pont-Sal par diverses structures.

Le type de chaque suivi réalisé est présenté en Annexe – Types des suivis réalisés.

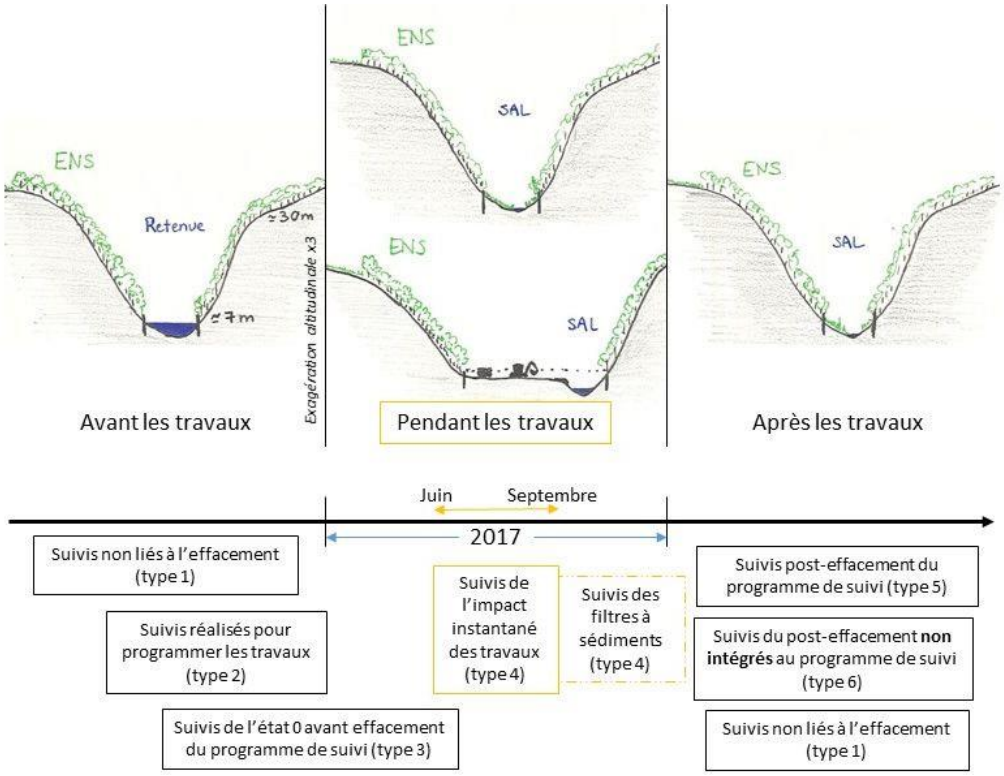


Figure 8 : Types de suivis selon les périodes avant-pendant-après travaux (Réalisation : Céleste Lottigier)

b. Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal

- *Suivis préconisés dans le cadre de la maîtrise d'œuvre de l'effacement du barrage*

La mise en place de suivis scientifiques a été intégrée dès 2015 par le maître d'ouvrage de l'époque (EDM), dans le programme de maitrise d'œuvre de l'appel d'offre[5]. La possibilité d'en faire un site pilote et scientifique était évoquée, avec des grands axes de suivis tels que : l'analyse du système fluvial et de la physico-chimie, le suivi des ajustements sédimentaires et morphologiques, le suivi de la recolonisation piscicole et de la végétation aquatique et rivulaire, et le suivi de la biodiversité floristique et faunistique aux alentours de la zone d'étude. Le groupement SCE – AD Ingé (maître d'œuvre de l'effacement) était donc tenu de proposer des suivis, de les chiffrer et d'en vérifier la faisabilité dans les études préliminaires. Les coûts et la gestion de ces suivis seront néanmoins portés par les nouveaux porteurs de projets après l'effacement, sauf l'état 0 pris en charge par EDM (SCE, 2017c; Syndicat Eau Du Morbihan, 2016a, 2016b).

Dans les études réalisées par SCE pour l'effacement du barrage, sont proposés des suivis, les protocoles et normes à suivre et les coûts de ces suivis. Ainsi il est préconisé de suivre en phase travaux pendant la vidange le débit entrant et sortant du plan d'eau ainsi qu'une mesure de niveau d'eau dans le plan d'eau. Durant la vidange, le suivi des paramètres physico-chimiques est prévu, ainsi qu'une pêche de sauvegarde. Il est prévu un suivi du remplissage des deux barrages filtrants mis en place à l'aval du barrage pour retenir les sédiments, ainsi qu'un suivi du dépôt de Matières en Suspension (MES) à l'aval de ces deux barrages.

Les suivis post-travaux suivants sont préconisés dans le dossier de demande de déclaration « loi sur l'eau » (SCE, 2017b) datant du 1/02/17 (proposition de suivi minimal sur trois ans) :

- Suivi des paramètres physico-chimiques[6]
- Suivi de la faune piscicole, par la réalisation d'un IPR (indice poisson rivière)[7] ainsi que le maintien de l'indice abondance anguille réalisé par la fédération de la pêche.
- Suivi des paramètres biologiques par la réalisation d'un IBG-DCE (indice biologique global)[8], et réalisation de suivi de cyanobactéries juste après la vidange[9].
- Suivi des paramètres hydromorphologiques[10]
- Relevé des Surfaces Granulométriques Favorables (SGF) à la reproduction d'une espèce cible sur un cours d'eau, ici plus particulièrement pour le saumon.
- Suivi de la recolonisation du lit majeur, par une cartographie des formations végétales morphologiquement homogènes sur deux zones du fond de vallée, complétées par 5 transects en travers du fond de vallée (dont 4 dans l'ancienne emprise du barrage).
- Suivi des mammifères d'intérêt communautaire : la loutre[11] et les chiroptères* [12].

---

[5] Appel d'offre pour l'effacement du barrage, la déconstruction de l'usine de production d'eau potable et le réaménagement du site de pont-sal à Plougoumelen

[6] Selon le guide technique « Prélèvement d'échantillon en rivière » et selon l'arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

[7] Selon les normes NF EN 14962 (2006-09-01), NF EN 14011 (2003-07-01), NF T90-358, NF T90-344 (2004-05-01), XP T90-383 (2008-05-01) et Guide pratique de Mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité (Nov. 2012)

[8] Selon la Norme XP T90-333

[9] Selon les mêmes normes que les suivis physico-chimiques ci-dessus

[10] Selon le protocole du Guide « Carhyce : Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied » AFB

[11] Selon le protocole du Groupe Mammalogique Breton (Voir « Identifier les indices de présence de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* » - Groupe Mammalogique Breton – 2011)

[12] (Couramment appelées chauves-souris) À l'aide d'enregistreurs SM2bat+

L'état 0 avant effacement du barrage préconisé par SCE, à réaliser entre avril et juin 2017 (la vidange débutant le 13 juin), comprend les suivis physico-chimiques, les cyanobactéries (3 mois précédant la vidange), un IPR et un IBG, la réalisation d'une station Carhyce, un transect de végétation à l'aval du barrage, et le jaugeage simplifié (pour la vidange). A noter que la retenue étant encore en eau, il n'est pas possible pour certains suivis préconisés post-effacement d'établir un état 0 avant effacement (par exemple un suivi botanique dans la retenue).

Le tableau suivant (voir Figure 9), extrait de (SCE, 2017c) précise la répartition des suivis préconisés dans le cadre de l'état 0 (type 3 des suivis), qui était porté par EDM :

Prestations	Prestataire	Maitrise d'ouvrage
IPR sur les 4 stations	AFB	AFB
CARHYCE sur les 4 stations	AFB	AFB
IBG (sur les 3 stations hors plan d'eau)	SCE	EDM
IBGA (1 station Plan d'Eau)	SCE	EDM
IBMR sur la station aval (1)	SCE	EDM
IBD sur la station aval (1)	SCE	EDM
Prélèvements et analyses physico-chimiques	SCE	EDM
Transect de végétation	SCE	EDM
Suivi Température	Fédération de Pêche 56	Fédération de Pêche 56
Indices d'abondance anguille / salmonidés	Fédération de Pêche 56	Fédération de Pêche 56

Figure 9 : Répartition des prestataires et maîtres d'ouvrage pour le suivi de l'état 0 extrait du compte-rendu de réunion.

Le détail des fréquences et des localisations des suivis préconisés (état 0, pendant les travaux et après effacement) par le maitre d'œuvre est présente dans le tableau des suivis en Annexe H. La localisation de ces propositions de suivis est présentée sur la carte ci-après (Figure 10), extraite de (SCE, 2017b).

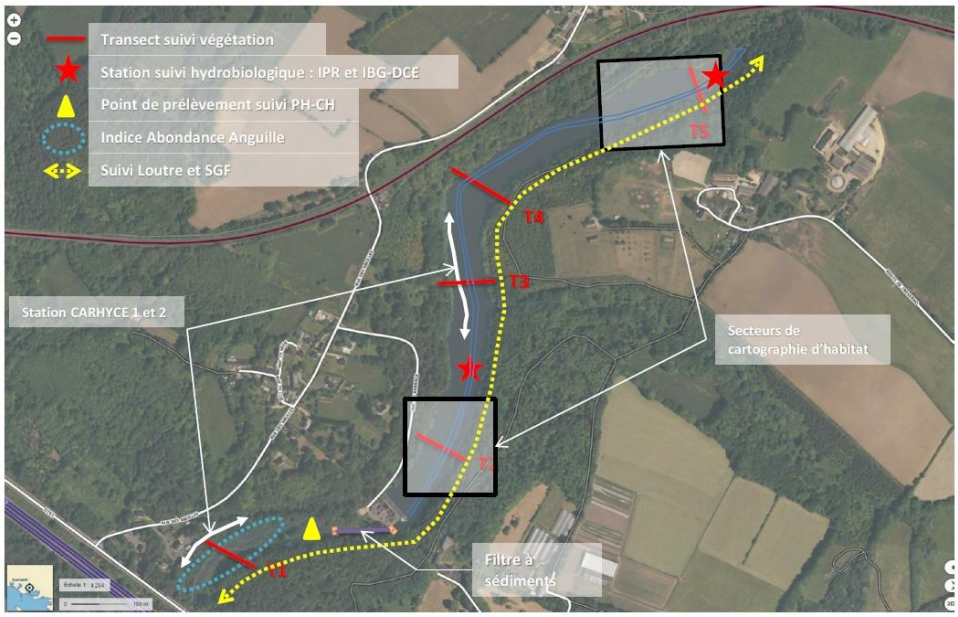


Figure 10 : Localisation des suivis préconisés post-effacement (Carte extraite du DLE)

Concernant l'organisation des suivis, l'état 0 est porté par EDM, et les suivis post-travaux par le futur propriétaire des terrains. Il est préconisé la mise en place d'un groupe de travail qui serait composé de la commune de Plougoumelen, du Conseil départemental du Morbihan, de l'OFB (ex-AFB), de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, de la fédération de pêche 56 et des AAPPMA de Vannes et d'Auray.

- *Suivis complétés et préconisés lors de la réunion de pilotage du 16 mars 2017*

Deux mois avant le début des travaux, lors de la réunion de pilotage n°5 du 16 mars 2017, est discuté le contenu du suivi état 0 et du suivi post-travaux proposé par SCE (voir ci-dessus), ainsi que la répartition des prestations entre les membres du groupe de travail. A cette occasion, l'AFB (aujourd'hui devenue OFB) présente une note en mars 2017 (AFB, Délégation Interrégionale Bretagne/Pays de la Loire, 2017) qui complète les propositions faites dans le DLE pour les suivis post travaux, en se basant sur le guide du suivi scientifique minimal (Malavoi & Souchon, 2010; Navarro et al., 2012). L'OFB préconise ainsi 4 stations (au lieu des deux proposés dans le DLE) : une station à l'amont du pont SNCF, une station dans l'ancienne retenue, une station à l'aval de l'ancien barrage, et une station est rajoutée sur un bassin

versant présentant les mêmes caractéristiques que le Sal (Rivière du Pont du Roc'h à Saint Symphorien, bassin versant de la Ria d'Étel). La durée de suivi préconisée par l'OFB est de 7 ans après effacement, contre 3 ans préconisés par SCE. Sont préconisés, en plus des suivis déjà proposés par SCE (SCE, 2017c) :

- Le suivi de la température de l'eau (via une sonde thermique) sur trois ans au lieu d'un an,
- La réalisation de profils en long et en travers du cours d'eau après effacement,
- Le suivi des macrophytes et diatomées* aquatiques via les protocoles IBMR et IBD* respectivement,
- Un suivi photographique avant et après travaux avec des points fixes,
- Un survol par drone un an après l'effacement pour suivre l'évolution des milieux.

Lors de cette réunion, la fédération de la pêche annonce qu'après effacement seront ajoutés une station de suivi des anguilles à l'amont du pont SNCF, et éventuellement un suivi saumon et lamproie marine à l'amont de l'ancienne retenue. Le Conseil Départemental du Morbihan se propose lors de cette réunion de prendre en charge le suivi de la végétation après effacement du barrage, avec relevé des espèces patrimoniales et des espèces invasives. L'Agence de l'eau relève qu'il serait pertinent de conserver l'écocompteur aux entrées de l'ENS de Pont-Sal pour évaluer l'impact des travaux et les évolutions des milieux sur la fréquentation du site.

Le portage et la coordination des suivis post-effacement sont abordés lors de cette réunion, ainsi que la mise en valeur de données qui est à charge du futur propriétaire.

Le détail des fréquences et des localisations des suivis préconisés (état 0, pendant les travaux et après effacement) est présent dans le tableau des suivis en Annexe H.

- *Suivis prévus selon l'arrêté préfectoral*

Dans l'article 5 de l'arrêté du 14 avril 2017 autorisant le projet d'effacement de barrage (*Préfecture du Morbihan, 14 avril 2017*), la préfecture du Morbihan imposait des suivis avant, pendant et après l'effacement du barrage. Le contenu est exactement celui proposé par le maitre d'œuvre dans le DLE, cependant l'arrêté laisse une marge de liberté en précisant que les suivis notifiés pourront être amendés dans le sens d'une amélioration et/ou complétés. A la date de l'arrêté, le pétitionnaire, qui était Eau du Morbihan, devait veiller à la mise en place de ces suivis, et initier un comité de suivi, dont la gouvernance et l'organisation seront à définir suivant le futur propriétaire du site. Cet arrêté prévoyait qu'un compte rendu commenté des résultats serait transmis annuellement au service en charge de la police de l'eau. Il est également mentionné que la localisation des zones humides éventuellement créées par l'effacement du barrage seraient transmises au service en charge de la police de l'eau, une fois les milieux stabilisés (Arrêté préfectoral, 14/04, 2017).

Le détail des fréquences et des localisations des suivis prévus (état 0, pendant les travaux et après effacement) par la préfecture est présente dans le tableau des suivis en Annexe H.

L'ensemble des suivis prévus et préconisés, détaillés dans cette partie ci-dessus (Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal), constituent le programme de suivi de l'effacement de Pont-Sal.

c. Suivis réalisés à Pont-Sal et objectifs associés

- *Méthodologie de collecte et source des informations concernant les suivis réalisés*

Dans le cadre de la présente étude, les rapports ou suivis dont le maitre d'ouvrage était le Département du Morbihan (disponibles en interne) ont été utilisés, ainsi que les suivis dont les membres des services SEAFEL* et ENSR* du Département avaient connaissance. Concernant les suivis avant l'effacement du barrage, les sources étaient également les rapports produits par le maitre d'œuvre de l'effacement, qui avait fait un travail de recherche d'informations sur le site (pour les Etudes Préliminaires, les études d'Avant-projet, la constitution du Dossier Loi sur l'Eau notamment). Les prises de contact avec certaines

structures ayant réalisé des suivis ont aussi mené à contacter d'autres structures qui étaient recommandées. Enfin la mairie de Plougoumelen (en la personne de Patrick Camus), qui était porteuse d'un ABC (Atlas de la Biodiversité Communale), avait connaissance de suivis ou de bénévoles étant intervenus sur Pont-Sal.

Malgré plusieurs tentatives, certaines personnes n'ont pas pu être contactées ou des données n'ont pas pu être obtenues dans le temps imparti du stage. Ainsi, manquent notamment : un échange avec les coordinateurs du suivi scientifique à la Sélune, les données collectées par le PNR du Golfe du Morbihan dans le cadre du suivi Loutre, les données concernant les profils en long et certains suivis piscicoles. Enfin, certaines données issues des suivis réalisés pendant l'été 2020 n'étaient pas encore traitées (hydromorphologie notamment).

- *Intervenants de la réalisation des suivis avant et/ou après effacement*

La méthode de recherche de suivis a permis d'identifier les structures ou personnes suivantes étant intervenus pour réaliser des suivis sur Pont-Sal (voir Tableau 2 ci-dessous). La colonne contact contient les noms des personnes contactées dans le cadre de cette étude pour récupérer les résultats des suivis, les modalités de réalisation et d'autres détails sur les suivis.

Suivi	Compartiment ; Typologie de suivi (voir II.2.a)	Maitre d'œuvre (maitre d'ouvrage) des suivis	Contact
Suivi par drone, suivis photographiques	Suivis visuels ; Type 3 et 5	Her-Bak Medias (pour EDM), Abdrone	Arnaud Le Gal
Suivi par drone	Suivis visuels ; Type 3 et 5	Auteurs de vues (pour le Département)	Olivier Royant
CarHyce, Profils en long et faciès écoulement, Indice poissons rivière (IPR)	Hydromorphologie, Ichtyologie ; Type 3 et 5	OFB	Alexandra Hubert
Bathymétrie	Hydromorphologie ; type 1	Calligée (pour EDM)	Arnaud Le Gal
Bathymétrie	Hydromorphologie ; type 2	Géobretagne sud (pour SCE)	Sylvain Remaud
Jaugeage simplifié, Suivi des filtres à sédiments (à l'amont immédiat), Suivi MES, ammonium, turbidité, oxygène, température	Hydromorphologie, Physico-chimie ; type 4	SAUR (pour SCE)	Sylvain Remaud
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie ; type 1	DDASS puis ARS (Agence régionale de Santé)	/
Suivi température de l'eau, Indice abondance anguille, Lamproies marines (comptage de frayères*), Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)	Physico-chimie, Ichtyologie ; type 1, 3 et 5	FDAAPPMA*	Anne-Laure Caudal
Paramètres physico-chimiques, IBG-DCE, IBMR, IBD, cyanobactéries	Physico-chimie, Hydrobiologie ; type 4 et 5	SCE	Sylvain Remaud
Suivi photographique, Paramètres physico-chimiques (analyses rapides), Cartographie d'habitats, Transects de végétation, Repasse avifaunistique, Amphibiens	Autres, Physico-chimie, Flore, Faune ; type 1, 3 et 6	Groupe de 4 étudiants (Maupaumé M., Hautefeuille J., Mangos A., Feyaubois A.) du BTS GPN – Kerplouz, année 2017 (pour Plougoumelen)	Patrick Camus

Flore (observations ponctuelles), Cartographie d'habitats, Vertébrés et invertébrés	Faune, Flore ; type 1, 3 et 5	Blond et Blanchard (pour Département)	Thierry Couespel
Flore (expertise complémentaire), Transect de végétation	Flore ; type 3 et 5	SCE	Sylvain Remaud
Inventaire forestier, Avifaune, entomofaune	Flore ; type 1	G Sourget et Schrader	Thierry Couespel
Inventaire de flore	Flore ; type 6	Christian Fontaine et Pierre Danet	Patrick Camus
Inventaire de flore	Flore ; type 6	Bretagne Vivante - Gpe botanique de Vannes	Anthony Le Diaudic
Loutre	Faune ; type 1	PNR Golfe du Morbihan	David Lédan
Chiroptères	Faune ; type 1	Groupe Mammalogique Breton (GMB), Bretagne Vivante	Thomas Le Campion
Inventaire amphibien	Faune ; type 1	Bureau d'études Althis (ABC) (pour Plougoumelen)	Patrick Camus

Tableau 2 : Intervenants pour la réalisation des suivis à Pont-Sal

Les suivis sur Pont-Sal sont représentatifs des diverses formes de collecte d'information sur les milieux naturels : suivis commandités à des bureaux d'étude professionnels, suivis réalisés par des étudiants à but notamment éducatif, suivis réalisés par des bénévoles curieux de suivre la recolonisation végétale sur des terrains exondés, suivis réalisés par des organismes publics notamment pour évaluer des politiques publiques… Seuls certains de ces suivis et intervenants avaient été prévus dans le programme de suivi officiel de l'effacement du barrage. Ce réseau d'intervenants est complexe, tous ne se connaissant pas nécessairement les uns les autres et ne sachant pas ce que réalisent les autres.

- *Objectifs des suivis réalisés sur Pont-Sal et objectifs du programme de suivi*

Les objectifs du programme de suivi, tel que construit par les intervenants (voir Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal), étaient les suivants :

- D'une part, l'effacement du barrage étant programmé pour répondre notamment aux enjeux environnementaux et écologiques, il était nécessaire de comparer les résultats aux objectifs et à la situation antérieure, à l'aide d'indicateurs.
- D'autre part, la suppression de seuils et barrages, de cette importance, est encore peu fréquente aujourd'hui sur les cours d'eau, qui plus est en aval d'un bassin versant côtier. Cela justifie la mise en place de suivis scientifiques pour constituer un retour d'expérience sur cette action vitrine et en permettre une communication.
- Enfin, la comparaison des résultats des suivis à leurs objectifs permet d'orienter les actions futures, par exemple des éventuelles mesures correctives suite aux travaux ou des actions concernant l'aménagement et la gestion des terrains exondés suite à l'effacement.

Selon le type de suivi (1 à 6, voir Tableau 2), les objectifs étaient variables et ont été présentés dans la partie Typologie des suivis préconisés, prévus et réalisés à Pont-Sal. Les objectifs des suivis non réalisés pour suivre l'effacement spécifiquement (types 1 et 2) sont présentés en annexe J.

Lors de la recherche des objectifs des suivis pour cette étude, ceux-ci n'étaient souvent pas clairement rédigés, ou alors implicites, les intervenants étant capables de les énoncer mais en réponse à une question spécifique posée lors de la collecte des données.

Plusieurs organismes ont contribué à la réalisation de suivis sur Pont-Sal, et à la constitution du programme de suivi de l'effacement du barrage. Les objectifs du programme de suivi à mettre en place étaient plus ou moins ambitieux et généraux selon les acteurs : suivre le site de Pont-Sal par curiosité jusqu'à un suivi visant à fournir des données robustes pour servir comme référence, en passant par l'obtention de données opérationnelles pour une intervention complémentaire.

Cette disparité d'objectifs dans les suivis réalisés avant l'effacement (suivis de type 1 et 2, Voir partie Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal) ainsi que suivant la localisation des suivis peut entrainer des différences au niveau de la méthodologie mise en place pour atteindre les objectifs.

- *Méthodologie de réalisation des suivis*

La méthodologie de mise en œuvre des suivis varie selon les intervenants impliqués. Le détail de chaque méthodologie est disponible en annexe K.

L'expertise des intervenants, par ailleurs difficile à juger et variable, et la disparité des méthodes utilisées explique qu'il convient d'être précautionneux lors de l'analyse des résultats. Des données ponctuelles, même si elles ont le mérite d'exister, ne permettent pas de donner une représentation fiable du milieu mesuré en ce qu'elles ne reflètent pas la variabilité saisonnière et interannuelle des variables naturelles considérées (par exemple la température).

Cette disparité de méthodologies employées dans les suivis réalisés avant l'effacement (suivis de type 1) ainsi que dans les suivis réalisés pour caractériser les milieux avant les travaux (suivis de type 2) peut expliquer que certains suivis réalisés avant l'effacement ne sont pas pertinents (au vu de leur localisation, de leur protocole) pour constituer l'état de référence avant effacement. En effet, ils peuvent être situés à un endroit qui n'a pas subi l'effacement du barrage, ou réalisés à une fréquence qui n'est pas suffisante pour s'affranchir de la variabilité interannuelle ou d'autres influences existant avant l'effacement. Néanmoins, dans certains cas, les données sont utilisables moyennant une description des protocoles suivis et une prise en considération des différences éventuelles, pouvant expliquer une incertitude dans l'interprétation.

- *Financement des suivis réalisés sur Pont-Sal*

Le coût humain et organisationnel des suivis mis en œuvre est très variable. Par exemple, les suivis Carhyce et de profil en long (aval, dans la retenue et amont) ont mobilisé en 2020 une équipe de 7 personnes de l'OFB sur 3 demi-journées, alors que des bénévoles ont réalisé une partie des suivis botaniques.

Parmi les financements des suivis réalisés, 3 types sont distinguables :

- Les suivis réalisés par une structure indépendante sous commande d'un maitre d'ouvrage, qui porte (en partie au moins) le financement des suivis en recevant éventuellement une subvention pour les faire. Il s'agit par exemple des suivis hydrobiologie réalisés par SCE pour Eau du Morbihan en 2018, ainsi que des suivis réalisés pendant les travaux ou les études du projet d'effacement du barrage.
- Les suivis étant réalisés à partir de financements propres aux structures qui les réalisent ou les font réaliser. C'est le cas des suivis de l'ARS, la fédération de la pêche (suivi des anguilles financé dans le cadre des suivis des migrateurs), de l'OFB, du PNR du Golfe du Morbihan.
- Les suivis réalisés par des bénévoles (éventuellement regroupés en associations naturalistes). C'est le cas des suivis réalisés par Bretagne Vivante, par le Groupe Mammalogique Breton.

- *Carte de localisation des suivis réalisés sur Pont-Sal après l'effacement du barrage*

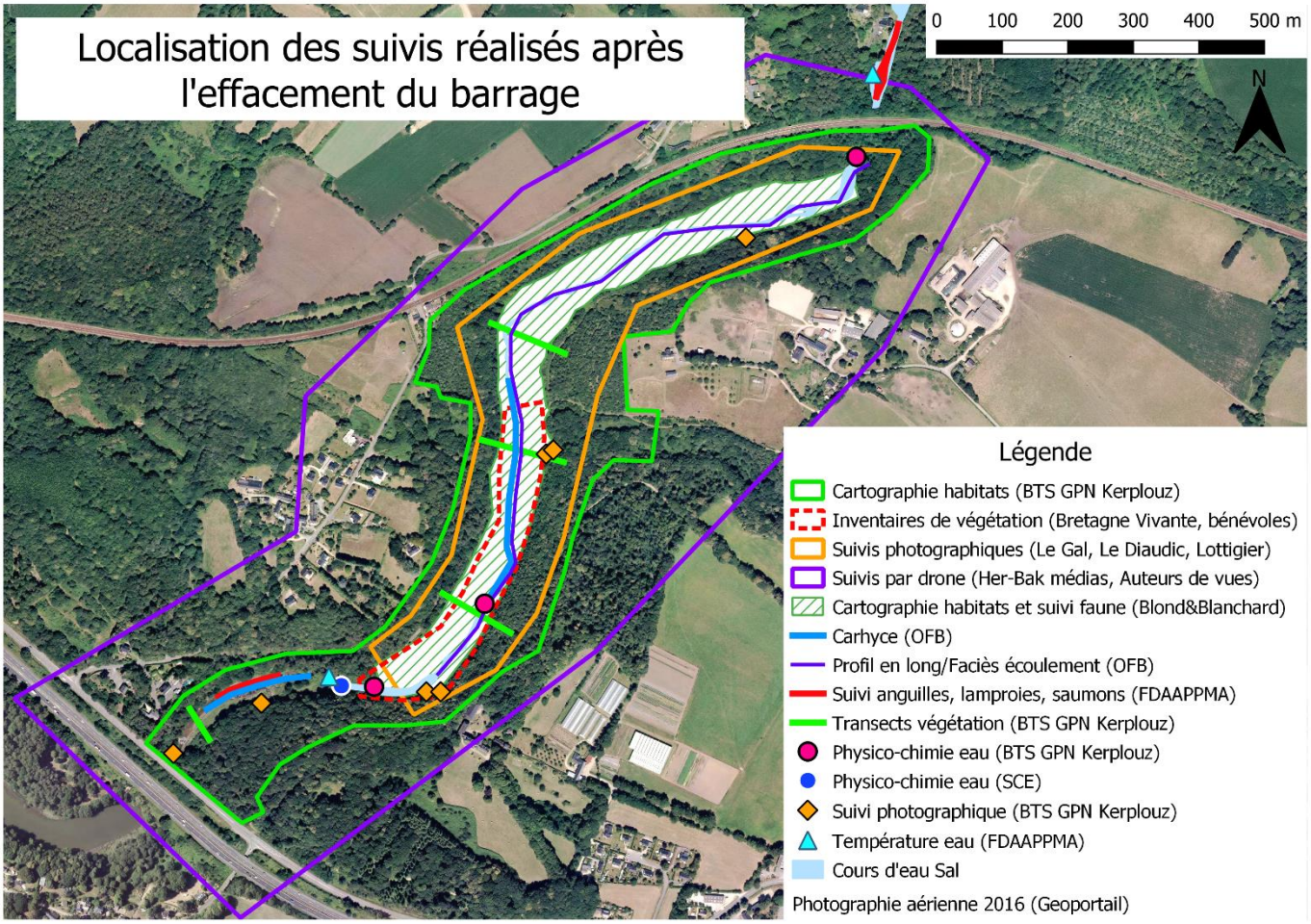


Figure 11 : Localisation des suivis réalisés après effacement du barrage (Réalisation Céleste Lottigier)

En plus des suivis notés sur la carte en Figure 11, les suivis de la loutre ont également été réalisés par le PNR du Golfe du Morbihan à l'amont et à l'aval du barrage (leur localisation précise n'a pas pu être obtenue). D'autres suivis faune et flore réalisés par des bénévoles ou des riverains membres d'associations naturalistes ont pu être faits ponctuellement sans qu'ils soient connus de la présente étude et ne sont pas représentés sur la carte. Enfin la carte mentionne également des suivis flore réalisés par des bénévoles (Anthony Le Diaudic, Christian Fontaine, Pierre Danet, …) et leur zone de prospection représentée sur la carte est approximative.

Le travail de cartographie des suivis a mis en évidence une méconnaissance de leur localisation précise parfois, associée à une absence de géolocalisation (due aux protocoles utilisés pour le profil en long par exemple). La localisation de certains suivis n'est pas coordonnée entre les suivis : par exemple les suivis anguilles d'une part et le suivi IPR et Carhyce d'autre part ne sont pas faits exactement au même endroit à l'aval du barrage (ce qui est explicable par des protocoles mis en place à des moments différents). Voir en annexe D la localisation des zones des suivis : amont, aval et dans la retenue.

- *Tableau synthétique des suivis préconisés, prévus et réalisés suite à l'effacement*

Typologie	Suivis réalisés par	Suivis	Avant les travaux			Pendant les travaux			Après les travaux		
			Suivis préconisés	Suivis prévus*	Suivis réalisés	Suivis préconisés	Suivis prévus*	Suivis réalisés	Suivis préconisés	Suivis prévus*	Suivis réalisés
Autres	BTS Kerplouz, Département, EDM	Suivi photographique	X		X	X		X	X		X
Hydromorphologie	OFB	CarHyce (Caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau)	X	X	X				X	X	X
Hydromorphologie	Calligée, Géobretagne Sud	Bathymétrie			X						
Hydromorphologie	SAUR	Jaugeage simplifié à l'amont du pont SNCF (vidange)		X		X	X	X			
Physico-chimie	SCE, BTS Kerplouz	Paramètres physico-chimiques	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Physico-chimie	FDAAPPMA	Suivi température	X		X	X	X	X			X
Hydrobiologie	SCE	IBG-DCE (invertébrés aquatiques)	X	X	X				X	X	
Hydrobiologie	SCE	IBMR (macrophytes aquatiques)	X		X				X		
Hydrobiologie	SCE	IBD (diatomées)	X		X				X		
Hydrobiologie	SCE	Suivi cyanobactéries	X	X	X				X		
Ichtyofaune	FDAAPPMA	Indice abondance anguille	X		X				X	X	X
Ichtyofaune	FDAAPPMA	Lamproies marines (comptage de frayères)			X						X
Ichtyofaune	FDAAPPMA	Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)			X						X
Ichtyofaune	OFB	Indice Poissons Rivière (IPR)	X	X	X				X	X	X
Ichtyofaune	*Non réalisés tels quels*	Surfaces granulométriques favorables (SGF)							X	X	
Flore	SCE, BTS Kerplouz	Transects de végétation	X	X	X				X	X	X
Flore	Blond & Blanchard, BTS Kerplouz, Bretagne Vivante, Bénévoles	Cartographie d'habitats, inventaires botaniques			X				X	X	X
Faune	GMB, Bretagne Vivante, PNR, BTS Kerplouz, Blanchard	Mammifères			X				X	X	X
Faune	Blond & Blanchard, BTS Kerplouz, Schrader	Batraciens, reptiles, avifaune, invertébrés			X						X
*Selon les prescriptions de l'arrêté du 14 avril 2017		Suivis non préconisés ou prévus ou réalisés		Suivis préconisés ou prévus ou réalisés					Suivis réalisés en partie		

Tableau 3 : Synthèse des suivis préconisés, prévus et réalisés sur Pont-Sal, selon la période (avant, pendant et après les travaux)

A noter : Dans le but d'obtenir un tableau synthétique, des informations de différents ordres ont été regroupées, ce qui cache des détails parfois essentiels. Ainsi, des *suivis réalisés en partie* (en vert pâle) indique que les protocoles sont parfois disparates, ou que tous les suivis de la catégorie n'ont pas été faits ou partiellement. Par exemple tous les mammifères n'ont pas été suivis après l'effacement (absence ou non connaissance de suivis chiroptères). ***Voir le tableau exhaustif des suivis préconisés, prévus et réalisés en Annexe H***.

Les suivis préconisés ou prévus dans le programme de suivi mais non réalisés sont ceux visant l'hydrobiologie (invertébrés, diatomées et macrophytes aquatiques), les surfaces granulométriques favorables à la reproduction du saumon notamment, les chiroptères (voir Tableau 3). Les suivis partiellement réalisés après l'effacement (c'est-à-dire pas comme ils étaient préconisés, ou pas dans le cadre du programme de suivi) sont les analyses physico-chimiques (protocole et fréquence différents des préconisations), le suivi de la température (perte de données), les suivis botaniques (protocole et fréquence différents des préconisations), les suivis de la faune (pas prévus dans les suivis, sauf pour la loutre et les chiroptères).

- *Bancarisation des données issues des suivis réalisés sur Pont-Sal*

Le tableau en annexe I précise pour chaque suivi les modalités de stockage des données relevées sur le terrain. Lorsqu'il est indiqué « voir untel », cela signifie que c'est la personne qui a été contactée pour obtenir les données dans le cadre de cette étude, et qui possède les fichiers ou est en contact avec quelqu'un qui les possède.

Le stockage des données est disparate suivant les suivis réalisés : certaines données brutes ne sont pas disponibles ou stockées sur des ordinateurs personnels, d'autres sur des plateformes en ligne. Dans le cadre de l'étude, des rapports d'analyse ont été récupérés mais pas les données brutes systématiquement. Les données sont parfois réparties entre le prestataire et le commanditaire du suivi.

- *Non coordination des suivis suite à l'effacement*

Les structures qui ont piloté la construction du programme de suivi et la définition des objectifs ne sont pas le propriétaire actuel des terrains, en charge depuis le transfert de propriété de la coordination et du portage du programme de suivi. Lors du comité de pilotage concernant le suivi, en mars 2017, il avait été annoncé qu'il ne s'agissait que d'une proposition de base qui pourrait évoluer selon les échanges d'un futur groupe de travail à mettre en place (SCE, 2017c).

Ce transfert de propriété intervenu officiellement un an et demi après l'effacement a pu engendrer après effacement un défaut de pilotage pour animer, coordonner et ajuster éventuellement le programme de suivi. Pendant cette durée sans pilote officiel, les suivis qui devaient être commandités pour être réalisés (hydrobiologie notamment) ne l'ont pas été. Les suivis qui se sont fait indépendamment (botanistes bénévoles notamment) n'ont pas été intégrés non plus au programme de suivi par un pilote, ce qui pourrait expliquer un protocole variable et non formalisé. De plus, le délai induit par le transfert de propriété a empêché un tuilage entre les constructeurs initiaux du programme de suivi et le propriétaire actuel. Une analyse croisée des résultats des suivis environnementaux, une harmonisation et un rassemblement des divers points de vue et attentes pour le site n'ont pas été faites à ce jour. Cela peut expliquer, au moins en partie, la diversité des objectifs des suivis, de leur méthodologie de mise en œuvre et de la bancarisation des données.

Bilan des suivis préconisés et prévus au regard des suivis réalisés

L'analyse montre que les suivis préconisés dans le cadre du programme de suivi de l'effacement ont été globalement réalisés pour ceux qui bénéficiaient d'un financement propre et qui étaient portés par une structure indépendante du maitre d'ouvrage (hydromorphologie, ichtyofaune, botanique, faune), apportant des résultats exploitables au moins en partie et sous certaines conditions pour évaluer l'effacement du barrage. Cependant, l'état des lieux des suivis préconisés, prévus et réalisés et leur comparaison met en évidence que tous les suivis préconisés et prévus n'ont pas été réalisés après l'effacement du barrage suivant les normes et protocoles préconisés. D'une part, ceux qui n'ont pas du tout été réalisés après l'effacement sont notamment les suivis de l'hydrobiologie (invertébrés, diatomées et macrophytes aquatiques) ce qui ne permet pas d'évaluer d'impact de l'effacement sur ce compartiment. D'autre part, certains suivis (botaniques et physico-chimie par exemple) ont été réalisés, mais avec des méthodologies, protocoles et intervenants disparates entre les campagnes de suivis (qui résultent souvent d'objectifs de suivis différents). Cela entraine une difficulté et une incertitude dans l'interprétation, si ce n'est parfois l'impossibilité de comparaison entre les différents résultats avant et après effacement du barrage, comme c'est le cas pour la physico-chimie (fréquence insuffisante). Considérant le manque de données avant effacement et avant la présence du barrage, la comparaison avant-après effacement ne pourra pas toujours être réalisée, mais il est possible d'évaluer l'état écologique global en faisant appel à des références similaires ou en observant la trajectoire du site post effacement.

Une non-coordination du programme de suivi a engendré une zone d'incertitude organisationnelle avec une absence de donneur d'ordre qui peut expliquer la non-réalisation de certains suivis. Un facteur qui semble déterminant pour la poursuite de la réalisation de suivis malgré une non-coordination de ceux-ci semble être la motivation intrinsèque à réaliser ces suivis (bénévolat). Les suivis ayant perduré étant ceux réalisés par des personnes passionnées (botanique) ou des structures (fédération de la pêche par exemple) recevant une commande et un financement externe au maitre d'ouvrage et poursuivant un objectif de suivi du site dépassant l'effacement du barrage.

III. Analyse des suivis

1. Evaluation de l'adéquation des suivis pour suivre l'effacement

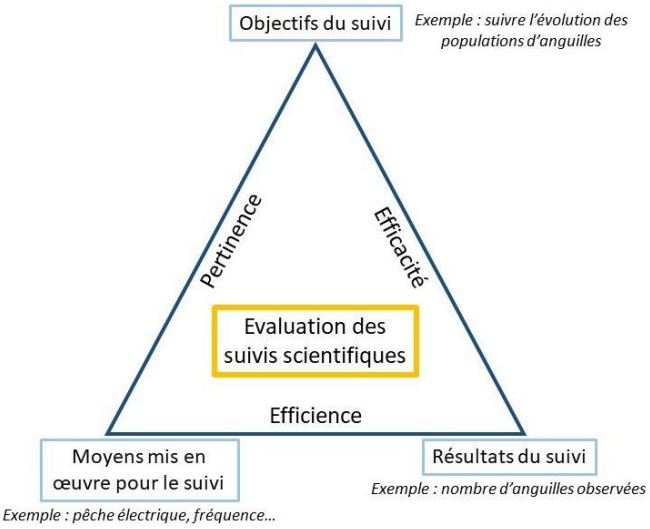


Figure 12 : Principaux critères utilisés pour évaluer les suivis

Suite à l'état des lieux des suivis réalisés, il s'agit d'analyser si les suivis mis en place permettent de suivre effectivement l'effacement du barrage. Cette évaluation devrait permettre de dire si le programme de suivi de l'opération est adapté, s'il y a des modifications dans l'organisation des suivis à apporter.

Dans le Tableau 4 en page suivante est présentée l'évaluation des suivis au regard des critères suivants (présentés en Figure 12) :

Evaluation des objectifs des suivis : clairs, rédigés, existence de l'objectif spécifique de suivre l'effacement du barrage, existence d'un état initial/de référence (en vert) ; clair et rédigé, mais pas d'objectif spécifique pour suivre l'effacement du barrage (en orange) ; pas d'objectif rédigé/connu (en rouge).

Evaluation des moyens mis en œuvre (méthodologie) : protocole décrit, robuste et reproductible, fréquence et période du suivi (saison, année) pertinentes et suffisantes pour évaluer l'effacement du barrage, protocole valide en eau saumâtre (en vert) ; un des éléments précédents est absent (en orange) ; plus d'un élément précédent est absent, ou suivi non reconduit après effacement (en rouge).

Evaluation des résultats : résultats de qualité, disponibles facilement, simples à comprendre, prétraitement effectué par un spécialiste, utilisables pour évaluer l'effacement du barrage (en vert) ; il manque un des éléments précédents, ou les résultats bruts ne sont pas disponibles (en orange) ; résultats non disponibles (en rouge).

La plupart des suivis poursuivait un objectif clairement identifié, mais cet objectif n'est souvent pas chiffré (par exemple un nombre d'espèces attendues, des valeurs quantitatives…) et pas écrit clairement. Cela rend difficile une comparaison des résultats aux objectifs, qui permettrait de rendre « indicateurs » des suivis qui sont pour l'instant des « descripteurs » de l'évolution post-effacement. Compte tenu de la rareté des effacements de barrages et du cas particulier que constitue Pont-Sal, il était complexe voire impossible de fixer des objectifs chiffrés pour les suivis, et « décrire des évolutions post-effacement » est alors un objectif de suivi en soi, pour constituer une référence.

A titre d'illustration pour l'analyse d'un suivi : les suivis de l'hydrobiologie ont été faits selon les protocoles normés mais ces protocoles ne sont pas adaptés aux milieux saumâtres, surtout concernant la note finale donnée. Pour l'IBGN par exemple, des classes d'invertébrés peuvent être très peu présents en milieu saumâtre (ici à l'aval du barrage) non pas parce que la qualité de l'eau est dégradée, mais parce que la teneur en sel est trop élevée pour ces invertébrés. Dans ce cas, la note finale de l'indicateur n'est pas pertinente pour comparer l'amont et l'aval. Le travail d'inventaire des invertébrés reste par contre efficient pour obtenir des résultats (protocole de collecte). De plus, les IBGN ne sont pas très discriminants. Par exemple en Bretagne, ils sont quasiment tous dans la même catégorie sur les points de contrôle (Com. pers. Jean-Louis Belloncle), donc une évolution d'un de ces points ne serait pas perceptible, en restant dans la même catégorie.

Suivi	Typologie	Acteur	Objectifs	Moyens	Résultats
Suivi par drone, Suivi photographique	Autres	Her-Bak Medias/Abdrone (pour EDM)			
Suivi par drone	Autres	Auteurs de vues (pour Département)			
CarHyce	Hydromorphologie	OFB			
Profils en long et faciès écoulement, Indice poissons rivière (IPR)	Hydromorphologie, Ichtyologie	OFB			
Bathymétrie	Hydromorphologie	Calligée (pour EDM)			
Bathymétrie	Hydromorphologie	Géobretagne sud (pour SCE)			
Jaugeage simplifié, Suivi des filtres à sédiments (à l'amont immédiat), Suivi MES, ammonium, turbidité, oxygène, température	Hydromorphologie, Physico-chimie	SAUR (pour SCE)			
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	DDASS puis ARS			
Indice abondance anguille, Lamproies marines (comptage de frayères), Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)	Ichtyologie	FDAAPPMA			
Suivi température de l'eau	Physico-chimie	FDAAPPMA			
Paramètres physico-chimiques, IBG-DCE, IBMR, IBD, cyanobactéries	Physico-chimie, Hydrobiologie	SCE			
Suivi photographique, Paramètres physico-chimiques (analyses rapides), Cartographie d'habitats, Transects de végétation, Repasse avifaunistique, Amphibiens	Autres, Physico-chimie, Flore, Faune	BTS GPN - Kerplouz			
Flore (observations ponctuelles), Cartographie d'habitats, Vertébrés et invertébrés	Faune, Flore	Blond et Blanchard (pour Département)			
Flore (expertise complémentaire)	Flore	SCE			
Transect de végétation	Flore	SCE			
Inventaire forestier, Avifaune, entomofaune	Flore	G Sourget et Schrader			
Inventaire floristiques	Flore	Christian Fontaine et Pierre Danet			
Inventaire floristiques	Flore	Bretagne Vivante - Groupe botanique de Vannes			
Loutre	Faune	PNR GM			
Chiroptères	Faune	GMB, Bretagne Vivante			
Inventaire amphibien	Faune	Bureau d'études Althis (ABC) (pour Plougoumelen)			

Tableau 4 : Grille d'évaluation des suivis au regard de trois critères (qualité des objectifs, des moyens et des résultats)

L'analyse des suivis visait à évaluer si les moyens mis en œuvre permettent d'obtenir des résultats qui répondent aux objectifs des suivis. Les résultats dans leur ensemble répondent aux objectifs de chaque suivi, mais selon les typologies de suivi, tous n'avaient pas pour objectif de suivre la réponse à l'effacement du barrage ce qui explique un protocole parfois non adapté. Les protocoles utilisés pour les suivis de type 5 semblent adaptés pour suivre une évolution post-effacement. Dans le cas des suivis de type 1, 2, 4 et 6 (non intégrés dans le programme de suivi à sa conception), leurs résultats peuvent apporter des observations utiles selon le protocole qui a été utilisé.

Néanmoins, même pour certains suivis réalisés pour suivre l'effacement, les critères dégradant l'adéquation des suivis sont liés à une mise en œuvre trop peu fréquente des protocoles (ou non-reconduite de ceux-ci après effacement) et des protocoles en limite d'applicabilité à l'aval (eau saumâtre/marée). Or si l'objectif est de faire une évaluation et analyse robuste de l'effacement du barrage, il est nécessaire de pouvoir faire des statistiques, et donc de disposer de données, en nombre suffisant et en conditions d'applicabilité du protocole.

Enfin pour d'autres suivis, la méthode (protocole) et sa mise en œuvre sont adéquats, mais les résultats ne sont pas disponibles (non reconduite après effacement, par exemple hydrobiologie).

2. Evolutions du site de Pont-Sal suite à l'effacement de barrage

Comme l'analyse précédente l'a montré, la mise en place de suivis a permis d'obtenir des résultats, qui visent à évaluer l'effacement du barrage.

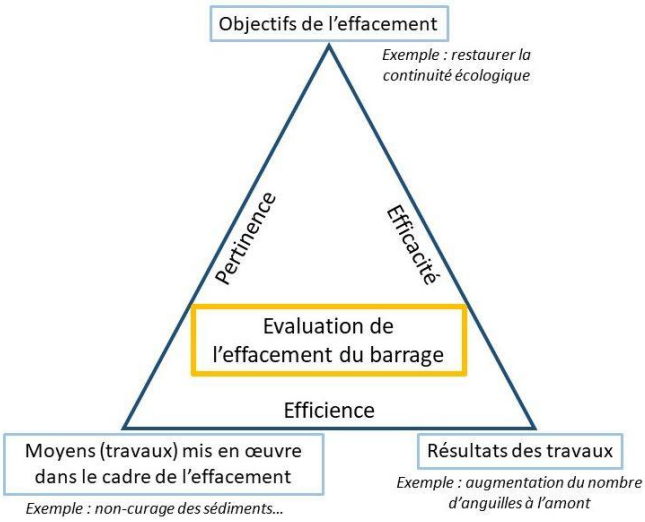


Figure 13 : Principaux critères utilisés pour l'évaluation de l'effacement du barrage

Comme précisé, cette étude vise à évaluer le programme de suivi de l'effacement, et non l'effacement en lui-même pour lequel il aurait été nécessaire de décrire les moyens mis en œuvre pour l'effacement (voir Figure 13). Néanmoins, tirer les premières analyses des résultats des suivis disponibles permet de faire l'état des lieux de ce que permet d'obtenir le programme de suivi, et donc de l'ajuster éventuellement ensuite.

Les incidences positives attendues après effacement étaient les suivantes (SCE, 2017b, p. 147), telles que rédigées par SCE dans le Dossier Loi sur l'Eau :

- Retrouver une continuité écologique (transport sédimentaire, poissons migrateurs) et retour au fonctionnement hydromorphologique naturel (fin de l'envasement dans la retenue)
- Réduction des milieux lentiques* et passage à des milieux lotiques*, avec des profondeurs et vitesse de courant variées, une baisse de la ligne d'eau et un substrat plus grossier
- Augmentation de la teneur en oxygène dans l'eau, baisse du pH (eau moins acide) et augmentation de la luminosité dans le cours d'eau (lame d'eau plus faible) entrainant une disparition de conditions favorables au phytoplancton
- Apparition de zones humides potentiellement importantes dans le fond de vallée, avec un cortège d'espèces floristiques et faunistiques patrimoniales et/ou protégées
- Colonisation des terrains exondés par une végétation herbacée, puis par des ligneux selon les aménagements et gestion futurs
- Une nouvelle ripisylve en bordure du futur lit mineur

L'une des raisons principales pour l'effacement, conjointement avec la résolution du problème de sécurité de l'installation, était de retrouver une continuité écologique (voir partie Arguments pour l'effacement du barrage). Cependant, les attendus du devenir du site étaient variables (SCE, 2016a, p. 4) et n'ont pas fait l'objet d'une harmonisation à ce jour, tout comme le programme de suivis (voir partie Non coordination des suivis suite à l'effacement).

a. Suivis visuels

- *Suivi photo par drone*

Les campagnes de photographie par drone permettent de visualiser en vue aérienne les évolutions du site. L'orthophotographie de mai 2020 a permis de tracer le lit mineur du cours d'eau actuel.

- *Suivi photographique*

Les campagnes de photographie permettent de visualiser également les évolutions du site après effacement. Quelques photos sont présentes en annexe L : la photographie 3, prise juste après la vidange, illustre que le cours d'eau s'est creusé un lit dans les sédiments de l'ancienne retenue. Sur la photographie 1 sont visibles au premier plan les nénuphars asséchés après la vidange du plan d'eau. Les photographies 3, 4, 5 et 6 illustrent comment le fond de vallée et la morphologie du cours d'eau ont évolué rapidement après effacement : entre 2018 et 2020, un coude formé par le lit mineur actuel, observé au niveau des rochers de Toul er Hazouk a disparu. Enfin la photographie 1 permet d'illustrer la remontée du niveau d'eau au niveau de l'ancien barrage lors d'une marée haute de vives eaux en septembre 2017.

b. Hydromorphologie

- *Suivis Carhyce*

L'annexe M montre les graphiques obtenus pour l'indicateur morphologique global issus de la plateforme en ligne IED (voir annexe M). Plus la surface bleue augmente depuis le centre, plus l'écart aux modèles locaux de cours d'eau peu anthropisés augmente. L'écart de surface visible entre 2017 et 2018 à l'aval du barrage indiquerait ainsi une dégradation de la morphologie du cours d'eau à l'aval. L'indicateur serait ainsi meilleur pour la station dans la retenue, où les écarts à la référence semblent majoritairement dus à la profondeur et la surface mouillée plein bords, pouvant refléter l'incision du cours d'eau. L'écart entre les diagrammes de 2017 et 2018 (tous les deux à l'aval) parait étonnant, étant supérieur à l'écart entre les diagrammes à l'aval et dans la retenue. L'écart à l'aval pourrait aussi être lié à l'influence de la marée ou à un biais opérateur lié au protocole Carhyce (notamment lié à la détermination de la largeur plein bord). De plus le guide SSM 2019 souligne que ce sont des indicateurs qui ne doivent pas aboutir à une uniformisation des cours d'eau ou à la normalisation de la forme de leur lit (Roland-Meynard & al., 2019).

Les données de profondeur et largeur de la retenue étant incertains à ce jour (voir en annexe M les résultats du suivi Carhyce), il n'est pas possible de quantifier l'évolution de la profondeur et de la largeur du cours d'eau et son incision probable. Cependant, il est visible que dans l'emprise de l'ancienne retenue, le Sal est moins large et moins profond que la retenue qui le précédait (d'après les suivis visuels), et les suivis attestent qu'il y a davantage de milieux lotiques* qu'avec la retenue.

- *Profils en long et cartographie des faciès d'écoulement des stations*

Des bosses argileuses (appelées **« knickpoint »***) de rupture de pente qui reculent vers l'amont ont été mises en évidence par l'OFB lors de la réalisation du profil en long de 2018 (voir Figure 14). En 2020 un knickpoint a pu être observé (Voir Figure 15 et photographie 7 en annexe L). Ces knickpoint sont signes d'une érosion régressive dans la retenue, le cours d'eau cherchant à retrouver son profil d'équilibre en creusant son lit dans les couches d'accumulation sédimentaire qui ont rehaussé le niveau du fond de vallée en présence de la retenue. Une fosse d'affouillement se creuse à l'aval immédiat d'un knickpoint,

par l'accélération de l'eau sur le substrat lisse, et des trous peuvent aussi se creuser dans ce knickpoint. S'ils se rejoignent entre l'amont et l'aval du radier par érosion, cela peut créer une gorge à la place du et donc un passage profond et peu large pour le cours d'eau (voir photographie 7 en annexe L). Le risque est que le cours d'eau, incisé, soit déconnecté de sa zone d'expansion de crue (lit majeur) à une fréquence trop élevée pour que les habitats naturels qui s'y développent aient des conditions hydriques favorables à leur maintien. Aucune granulométrie n'a pu être détectée dans le fond du cours d'eau actuel (Hubert et al., 2019).

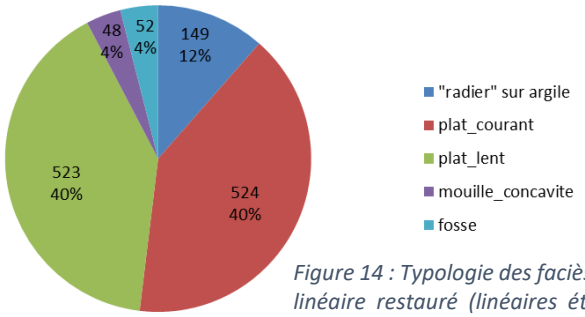


Figure 14 : Typologie des faciès recensés sur le linéaire restauré (linéaires étudiés en juillet 2018) (source : note technique OFB 2019)

La Figure 14 illustre que les faciès d'écoulement semblent encore assez homogènes dans la retenue (Hubert et al., 2019) relevant environ à 50% de faciès d'écoulement lentiques. La présence de radiers avec une granulométrie est encore insuffisante, et la blocométrie de taille importante est faible dans le linéaire restauré (au contraire des stations aval et amont).

D'après les éléments d'hydromorphologie fluviale (Malavoi et al., 2010), les berges argileuses ou argilo-limoneuses sont faiblement érodables et évoluent donc lentement. Malgré le fort degré de cohésion de ces berges, la présence de fentes de dessiccation sur Pont-Sal (Hubert et al., 2019) pourrait favoriser une érosion peu à peu des berges (Malavoi et al., 2010, p. 200).

Cependant, Malavoi et al. soulignent aussi qu'un faible rapport largeur/profondeur (cours d'eau étroit et profond) n'est pas forcément synonyme de dysfonctionnement hydromorphologique. Ces caractéristiques peuvent être naturelles et liées à la texture des berges et c'est l'étude hydromorphologique qui permet de déterminer si au contraire, elles sont dues à des altérations d'origine anthropique (Malavoi et al., 2010, p. 61). A Pont-Sal il n'existe pas de données concernant l'hydromorphologie du Sal dans la retenue avant la présence du barrage. Néanmoins, des sédiments se sont accumulés dans la retenue à cause du barrage, ce qui constitue une perturbation anthropique et pourrait avoir causé l'incision du lit mineur dans ces sédiments après effacement.

- *Bathymétrie et analyse des sédiments*

L'accumulation de sédiments n'a pas été homogène dans la retenue entre 1960 et 2017. Entre les rochers Toul er Hakouz (à la mi-retenue) et la queue de retenue sont observés des mouvements sédimentaires importants (Calligée, 2015). Calligée décrit en 2015 un enrichissement du bassin en vase non consolidée, mais signale que ces apports peuvent être saisonniers, liés à des apports par les pluies printanières.

Dans le rapport préliminaire, SCE précise en se basant sur le rapport de Calligée, que les vases sableuses et sables sont dominants à l'extrémité amont. L'épaisseur moyenne des sédiments dans la retenue est de 1m25, allant de 0,2m à 2,2m d'accumulation. SCE rapporte que la retenue a fait l'objet d'un processus de sédimentation surtout à l'amont des rochers Toul er Hakouz, ceux-ci bloquant la circulation des sédiments arrivant dans la retenue. Enfin, les sédiments de la retenue ne sont pas pollués, d'après les analyses réalisées par Calligée (SCE, 2016b).

- *Tracé du lit mineur*

L'analyse de la carte en Figure 15 montre que le cours d'eau a retrouvé son lit de 1952 (avant retenue) sur environ 50% du linéaire de l'ancienne retenue. Les zones où il n'a pas retrouvé son lit se situent majoritairement en amont des rochers Toul er Hakouz, ce qui correspond également à la zone où les mouvements sédimentaires étaient importants en présence de la retenue, au niveau du cône d'atterrissement des sédiments transportés par le Sal. Ces sédiments ont pu s'accumuler entre les

repères 1 et 2, la vitesse d'écoulement diminuant en rentrant dans la zone de remous hydraulique. Ils ont pu venir combler l'ancien chenal, ce qui expliquerait que le Sal n'ait pas retrouvé son lit partout dans cette zone après effacement. Le cours d'eau semble avoir creusé son nouveau lit dans le point bas de la vallée exondée (voir photographie 3 en annexe L). De plus, les *knickpoint* argileux seraient peut-être localisés à des endroits où le lit mineur actuel recoupe le lit mineur ancien (voir carte ci-dessous).

Le tracé du cours d'eau historique (Figure 15) a été tracé sous QGis à partir des photos aériennes de 1952 et 1960, ainsi qu'à l'aide du cadastre (délimitant les parcelles de part et d'autre du cours d'eau avant 1960). Il subsiste des incertitudes sur la comparaison du lit mineur avant/après effacement, liés à un léger décalage non uniforme, variable selon les zones, de l'orthophotographie réalisée en mai 2020 (décalage d'une dizaine de mètres en direction du nord-ouest au niveau du repère 1 sur la Figure 15. Il s'agit d'une déformation légère de la photographie.

A noter que le lit de 1952 n'est pas nécessairement le lit « naturel » du Sal. En effet dans la partie aval de la retenue, ce tracé est très linéaire et présente peu de méandres. La question se pose de savoir s'il y a eu des travaux hydrauliques sur ce cours d'eau par le passé. Cette incertitude sur l'état de référence lors d'une restauration est par ailleurs documentée (Morandi & Piégay, 2017).

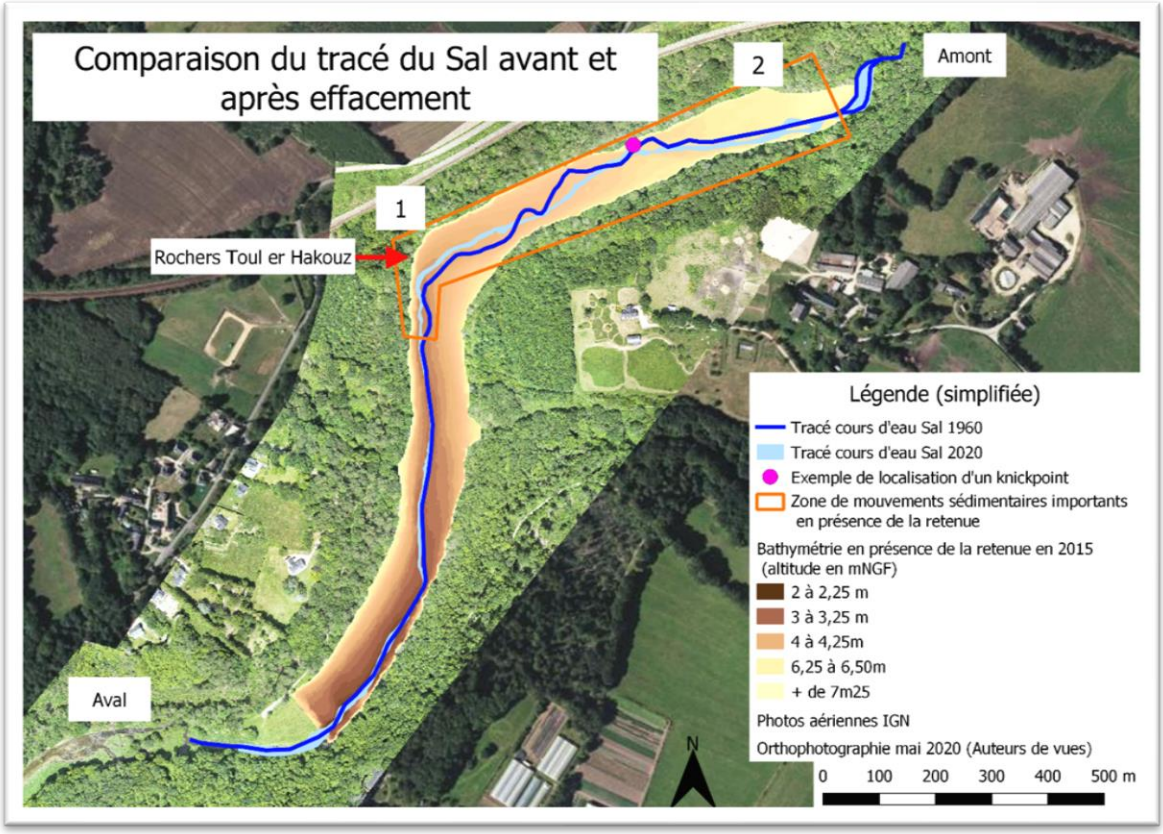


Figure 15 : Localisation du lit mineur du Sal avant et après effacement, ainsi que la bathymétrie (Réalisation : Céleste Lottigier)

Le cours d'eau a retrouvé le lit de 1952 sur une grande partie de son linéaire en s'incisant dans les couches sédimentaires accumulées en présence de la retenue. Néanmoins par endroits il s'est probablement incisé à côté du lit de 1952, suite au comblement de son ancien chenal à certains endroits en présence de la retenue. Les faciès d'écoulement sont homogènes, mais moins lentiques qu'en présence de la retenue, et peu de granulométrie de taille importante est présente dans la portion restaurée. Il semblerait que des processus d'érosion latérale apparaissent.

c. Physico-chimie de l'eau

Une seule analyse en laboratoire ayant été réalisée après effacement (contrairement à ce qui était préconisé et prévu), et les sondes de température ayant été perdues, il n'existe que quelques valeurs ponctuelles de prélèvements physico-chimiques (voir les résultats en annexe N), à des saisons différentes, ce qui est insuffisant pour conclure sur une amélioration ou dégradation de la qualité de l'eau suite à l'effacement.

d. Ichtyofaune

- *Indice abondance anguilles*

Nombre de captures	Station aval du barrage	Station amont du barrage
2015	236	Non réalisé
2016	643	Non réalisé
2017	279	79
2018	184	301
2019	319	142
2020	260	205

Tableau 5 : Nombre total de captures d'anguilles (Source : Fiches résultats des Indices Abondances Anguilles de la Fédération de pêche 2015-2020)

Il existe une variabilité naturelle interannuelle (voir Figure 23 en Annexe O). La moyenne interannuelle (entre 2012 et 2019) est de 12,64 anguilles par EPA (correspond à un point de prélèvement – 30 points en tout sur une station) (*Fiches résultats Anguilles de la Fédération de pêche 2015-2020*)

A l'amont du barrage en 2019 (après arasement), le double d'anguilles est observé par rapport à 2017 (avant arasement à l'amont du barrage), voir tableau 12. En 2017 à l'amont du barrage, peu de jeunes anguilles sont inférieures à 150mm, ce qui indique des difficultés de circulation à l'aval pour une station très proche de la mer. En 2018, 80% des anguilles à l'amont du barrage sont des petites anguilles de moins de 100mm, c'est-à-dire des anguilles de l'année. Il y a quasiment 4 fois plus d'anguilles à l'amont du barrage en juin 2018 (après effacement) par rapport à mai 2017 (avant effacement). Une large majorité de jeunes anguillettes est relevée en 2019 (inférieures à 150mm) contrairement à 2017, ce qui traduit un moindre retard de la remontée des anguilles sur le Sal suite à l'effacement du barrage. En 2019 à l'amont, on observe moins d'anguilles qu'en 2018. En 2020, on observe 2,5 fois plus d'anguilles à l'amont du barrage, qui sont en majorité des jeunes anguilles, ce qui confirme les observations précédentes (*Fiches résultats des Indices Abondances Anguilles de la Fédération de pêche 2015-2020*).

A l'aval du barrage : En 2018, il y a moins d'anguilles que toutes les années précédentes, avec une population jeune en large majorité (moins de 150mm). Cela est probablement indicateur d'une moindre accumulation des anguilles suite à l'effacement du barrage. En 2019, une très large majorité d'anguillettes font moins de 90mm. Le nombre total d'anguilles en 2019 est inférieur à la moyenne interannuelle 2012-2019, mais reste élevé. L'année 2020 confirme ces observations : la moyenne de captures après effacement à l'aval du barrage est inférieure à la moyenne de captures avant effacement (*Fiches résultats des Indices Abondances Anguilles de la Fédération de pêche 2015-2020*).

L'impact du barrage se retrouve surtout sur les classes d'âges jeunes d'anguilles : il y a plus de jeunes stades à l'amont après l'effacement, qui étaient très pénalisées auparavant. La suppression du barrage favorise ainsi la remontée de jeunes anguillettes à l'amont, le barrage étant une barrière qui, malgré la passe à anguilles, retardait la remontée des anguilles à l'amont : celles-ci étaient plus âgées lorsqu'elles arrivaient à la station amont du barrage. La suppression du barrage a probablement provoqué une moindre accumulation des anguilles à l'aval du barrage et une meilleure répartition des anguilles dans le cours d'eau, comme le montrent la moyenne des captures à l'aval du barrage depuis l'effacement.

- *Suivis de frayères lamproies marines*

Dès l'effacement du barrage les lamproies marines remontent le cours d'eau du Sal au-delà de l'emplacement de l'ancien barrage. En effet une dizaine de frayères de lamproies est observée sur le Sal par la fédération de la pêche, et depuis l'effacement, il y a une meilleure répartition de ces frayères vers l'amont. Une frayère a été observée dans l'emprise de l'ancienne retenue post-effacement (Com. pers. Anne-Laure Caudal). L'OFB a également observé des lamproies marines à l'amont de l'ancien barrage en 2019 (Fédération du Morbihan pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 2020).

- *Indice Poissons Rivière (IPR)*

Les résultats du Tableau 15 en annexe O confirment que des poissons remontent dans l'emprise de l'ancienne retenue en 2018. On peut noter aussi la présence de l'écrevisse américaine (espèce invasive) à l'aval du barrage, qui pourrait potentiellement remonter maintenant que la barrière physique liée au barrage n'existe plus. A l'amont du barrage, au moulin de Kervilio, la diminution du nombre d'individus pour certaines espèces serait à confronter aux résultats de juillet 2020 et des années suivantes. Cette diminution n'est pas nécessairement liée à l'effacement du barrage et pourrait refléter plutôt la variabilité interannuelle naturelle de la population piscicole ou être due à la période différente entre les deux campagnes de suivis (avril 2017 contre juillet 2018). La campagne en 2017 n'avait pas pu être faite plus tard à cause du début des travaux. Le seuil du moulin de Boterf, juste à l'amont du pont SNCF (et à l'aval de la station du moulin de Kervilio), serait franchissable selon les débits et les espèces et pourrait également expliquer des remontées de poissons variables selon les périodes. Le suivi sur 10 ans après effacement du barrage permettrait d'obtenir des données prenant en compte cette variabilité interannuelle.

Les autres poissons migrateurs que les anguilles étaient totalement bloqués par le barrage. Le saumon n'a pas été pêché lors des pêches spécifiques saumon de la fédération de pêche après effacement du barrage. La remontée des saumons est délicate à mettre en évidence, car le potentiel du cours d'eau est limité pour le saumon, le bassin versant étant petit. Les aloses, truites et lamproies remontent très peu sur les petits bassins versants (comme le Sal), mais pourraient être présents. (Com. pers. Anne-Laure Caudal).

La suppression du barrage permet également aux poissons d'estuaire (flet, mulet, bar…) de remonter à marée haute et ainsi d'étendre leur aire de répartition (Com. pers. Anne-Laure Caudal). Le groupe d'étudiants du BTS GPN a ainsi observé en 2017 des bars européens (*Dicentrarchus labrax*) et des mulets (*Liza sp*) dans la partie estuarienne du Sal.

Les anguilles remontent à l'amont du barrage après l'effacement et leur répartition le long du cours d'eau s'est nettement améliorée. Les lamproies marines remontent également. Concernant les autres espèces, les données disponibles sont encore à trop faible fréquence pour noter une évolution claire qui ne dépende pas d'une variabilité annuelle ou interannuelle. Certaines espèces (autres que les anguilles) remontant préférentiellement dans des grands bassins versants pourraient remonter dans le Sal mais de façon limitée compte tenu de la faible taille du bassin versant.

e. Hydrobiologie

Les analyses pour étudier les macro-invertébrés aquatiques (méthode IBGN), les macrophytes aquatiques (méthode IBMR) et les diatomées (méthode IBD) n'ont pas été reproduits après effacement, ce qui ne permet pas d'évaluer l'impact de l'effacement du barrage sur l'hydrobiologie.

f. Flore

Selon l'éloignement au cours d'eau, en remontant la rive perpendiculairement à celui-ci, il y a déjà un étagement de la végétation, retranscrit sur les schémas qui suivent. Ces schémas de 2017 à 2019

représentent une seule des deux rives, et les zones représentées ont une proportion plus ou moins large selon le positionnement du transect dans la retenue. De plus, s'agissant de la configuration majoritaire du fond de vallée, certains habitats minoritaires mais présents dans le fond de vallée (par exemple la prairie semée ou la roselière) n'y figurent pas. Il peut également exister une différence de répartition de la flore entre la rive droite et la rive gauche sur le site.

Le groupe d'étudiants du BTS GPN a déjà observé l'étagement de la végétation en 2017 juste après l'effacement (voir la Figure 16 ci-dessous). Ils relevaient 3 habitats sur les berges : en haut des berges, un habitat (1) non identifiable car très peu colonisé par la végétation, constitué de graviers où se développaient l'arroche couchée, la betterave maritime, la cardamine des bois et la renouée poivre d'eau notamment. En milieu de berge, un deuxième habitat (2), une jonchaie, était présent sur un substrat stable mais très crevassé suite à la dessiccation du fond de la retenue. Enfin près des berges et dominante sur l'ensemble des terrains, une cressonaie (3) à Cresson des marais (*Rorripa palustris*) était présente sur un substrat instable de type vaseux. A partir de la moitié de la retenue cependant, cette cressonaie est remplacée par une bidentaie, au niveau d'un substrat plutôt sableux (Maupaumé et al., 2017).

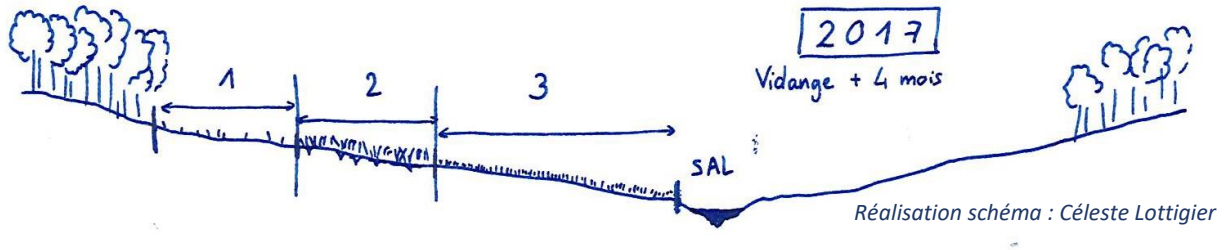


Figure 16 : Transect type du centre du fond de vallée en 2017

Les inventaires de Bretagne vivante en juin 2018 (voir la Figure 17 ci-dessous) consignés dans des tableaux Excel notent que de façon générale, les plantes annuelles disparaissent au profit des vivaces : les vivaces (massette, joncs épars) s'installent dans la partie centrale exondée des berges (2) et les ligneux arrivent dans la partie haute (aulnes, bouleaux). Certaines espèces observées en 2017 n'étaient déjà plus retrouvées en 2018, probablement car étant moins compétitives. Il s'agit de certaines espèces de Bidens, ainsi que des persicaires. Les observations montrent que deux bandes permettent encore aux annuelles de se développer : la zone caillouteuse en haut de berge (1) qui constitue une pépinière bien drainée, et la vase (3) avec le Rorripe des marais en bas de berge. Entre les deux se sont développés les joncs épars et les massettes (2). Des jeunes aulnes d'installent près du cours d'eau, alors que certains arbres et arbustes de la lisière du bois au niveau des anciennes rives de l'étang ne bénéficient plus de l'eau de la retenue après effacement du barrage et se dessèchent. (Com. pers. Anthony le Diaudic)

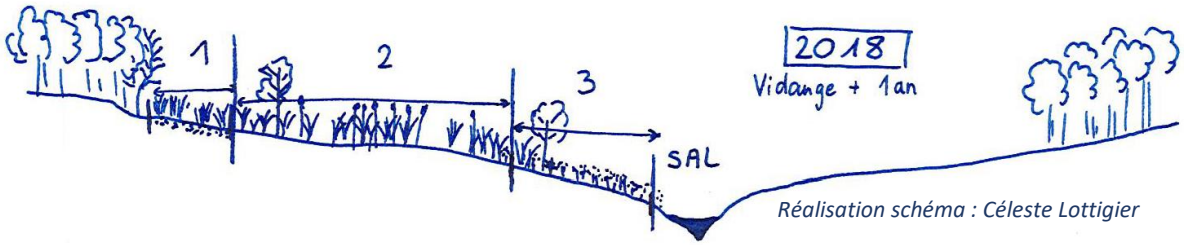


Figure 17 : Transect type du centre du fond de vallée en 2018

Les observations de 2019 (voir la Figure 18 ci-dessous) de C. Blond confirment les évolutions observées en 2018. Entre 2017 et 2019, les joncs se sont développés et forment, avec d'autres plantes, une mégaphorbiaie qui domine en 2019 le fond de vallée (2). Cette mégaphorbiaie a supplanté les communautés annuelles (à Renouée poivre d'eau et bident tripartite par exemple) qui dominaient en

2017 après effacement. Deux types de mégaphorbiaie se rencontrent sur le site, soit dominée par le jonc épars, soit par l'ortie dioïque (plutôt à l'amont dans l'ancienne retenue). Autour de cet habitat dominant le fond de vallée, d'autres habitats sont présents en 2019. Une prairie mésophile a été semée et se retrouve sur l'ancienne plateforme de l'usine, au niveau de l'ancien barrage (non représentée sur le schéma 3). Une cariçaie à laîche paniculée subsiste par endroits sur les anciennes rives de l'étang (1). Etant déconnectée du cours d'eau en haut des berges, cette cariçaie se déplace vers le cours d'eau. Un fourré à genêts à balais s'est également étendu en rive gauche en haut de la berge (1). Le long du cours d'eau en 2019, on retrouve encore une bande plus ou moins large de végétation annuelle à Renouée poivre d'eau (3) comme signalé les années précédentes, ainsi que la présence d'aulnes et de saules qui continuent à se développer et pourraient constituer une ripisylve. Ponctuellement ces aulnes et saules sont présents dans la mégaphorbiaie. Enfin, à l'aval de l'ancien barrage, les roselières à Baldingère et à Roseau se sont maintenues après effacement (non représentées sur le schéma 3) (Blond & Blanchard, 2019).

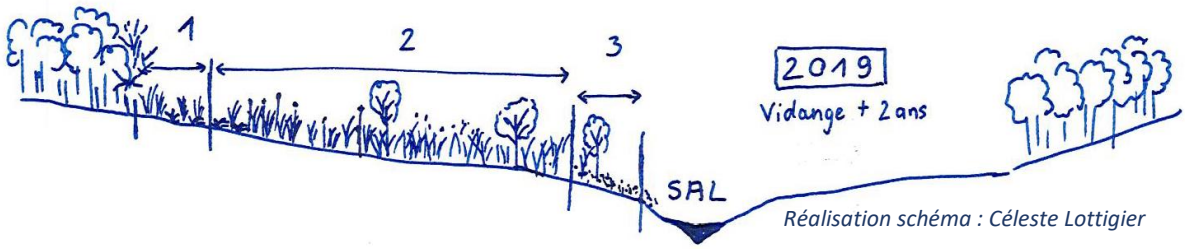


Figure 18 : Transect type du centre du fond de vallée en 2019

Les observations de A. Le Diaudic (Bretagne Vivante) en 2020 confirment ces évolutions, en apportant une nuance sur la domination des joncs épars. En effet, ceux-ci sont par endroits desséchés et laissent apparaitre des zones ouvertes dans lesquelles poussent des plantes rudérales (comme la laitue) (voir photographie 4 en annexe O). **Cela annonce une arrivée des ligneux qui pourraient s'implanter plus facilement. En annexe O sont présentées des photographies d'installation de ligneux en bords de cours d'eau et dans la mégaphorbiaie.** (Com. pers. Anthony Le Diaudic)

Des successions secondaires sont ainsi observées sur Pont-Sal, car la perturbation que constitue la présence puis la suppression du barrage n'a pas détruit complètement le sol et le stock de graines qui était présent. Ces graines germent en se succédant, ce qui est différent d'une succession primaire (avec relais floristiques) où les espèces arrivent dans le milieu par étapes, en se relayant. La richesse en nutriments du substrat et des sédiments conditionne l'évolution du site. A ce jour, les végétations en place semblent refléter des milieux eutrophes, riches en nutriments accumulés en présence de la retenue. (Com. pers. Bernard Clément)

Ces successions peuvent être localement bloquées, comme c'est observé sur la Sélune, où les joncs et orties bloquent le développement des aulnes et saules (Blond & Blanchard, 2019). Sur Pont-Sal ce blocage pourrait intervenir dans la zone des mégaphorbiaies où les joncs et orties, par leur litière et végétation dense, peuvent bloquer le développement de ligneux comme le saule roux par exemple. D'autres zones où ce blocage n'aurait pas lieu pourraient cependant évoluer vers un boisement, et constituer notamment une ripisylve.

Il faut également noter que le zonage n'est pas toujours net. L'Eupatoire chanvrine par exemple, plante des mégaphorbiaies et zones humides, est plus haut sur les berges et commence à descendre vers le cours d'eau (Com. pers. Anthony le Diaudic). Le milieu est encore en évolution rapide et la répartition des plantes change, avec des migrations parfois lentes qui peuvent ne pas avoir été observées à l'échelle des 3 années de suivis. Il est possible voire probable que se développent et se maintiennent certains milieux qui relèvent d'habitats d'intérêt communautaire, comme des herbiers à renoncule aquatique dans la

partie amont du cours d'eau, ou les berges vaseuses avec chenopodion rubri p.p. et bidention p.p. Ces milieux sont reconnus au titre du réseau Natura 2000 et sont à préserver.

161 espèces végétales ont été recensées en 2019, mais aucune n'est à enjeu de conservation ou protection. Il y a un enjeu concernant les espèces invasives, 8 plantes ayant été observées. Le robinier faux-acacia se développe notamment dans la partie amont de l'ancienne retenue (Com. pers. Cyrille Blond).

Suite à la vidange de la retenue, l'herbier de nénuphars présent en queue de retenue avant effacement (SCE, 2017b) a disparu, se retrouvant en hauteur par rapport au cours d'eau (photo 2 en annexe O).

Depuis l'effacement du barrage, l'eau saumâtre peut remonter dans l'ancienne retenue, sans que la limite haute de cette remontée soit déterminée. En 2019, la flore sur place ne relevait pas de milieux subhalophiles dans l'ancienne emprise du barrage. Seule la Samole de Valerand (*Samolus valerandi L.*), qui est une plante des milieux humides et salés, est présente en aval au niveau de l'ancien barrage, mais sa présence reste discrète. (Com. pers. Cyrille Blond)

Le schéma 4 (voir ci-dessous Figure 19) représente deux évolutions possibles du fond de vallée : en rive droite (sur la gauche du schéma) est représenté un scenario où la mégaphorbiaie (2) maintient un blocage de la strate arborée, et en rive gauche (2') un scénario où n'y a pas ce blocage et où les arbres se développent sur le fond de retenue. La constitution d'une ripisylve est également une évolution possible (3), au vu de l'installation d'aulnes et saules dans la vallée et le long du cours d'eau. Enfin le développement d'arbres en continuité du bois existant (1) est également possible, au vu du développement des fourrés dans cette zone.

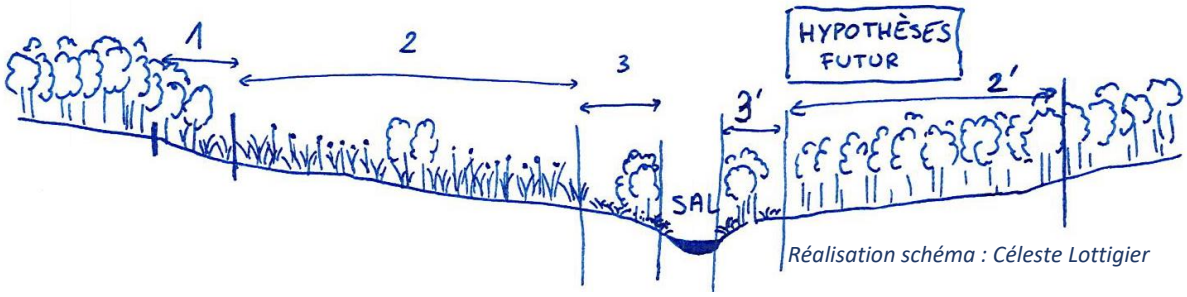


Figure 19 : Illustration de deux des évolutions possibles du fond de vallée

Concernant les suivis botaniques, il n'y a pas de protocole de suivi rédigé et formalisé pour certains suivis (bénévoles) mais il existe un ensemble de données permettant de dresser de premiers constats et d'envisager des scenarii d'évolutions. Les plantes se succèdent sur Pont-Sal, depuis les herbacées annuelles installées à l'exondation, jusqu'aux herbacées pérennes et l'arrivée de ligneux. L'état actuel ne semble pas stabilisé. Les futures évolutions dépendront de l'expansion des ligneux et de leur répartition actuelle au fond du vallon, non encore caractérisée.

g. Faune

- *Loutre*

Des contrôles positifs sont effectués depuis 2006 sur les points de contrôle réalisés par le PNR notamment à l'aval et l'amont de l'ancienne retenue (Com. pers. Thomas Cosson). Des épreintes ont été retrouvées sur le bord du cours d'eau en queue de retenue lors d'une visite sur le terrain en juillet 2020 effectuée par F. Daniel, J-L. Belloncle et moi-même (Conseil Départemental du Morbihan). Jean-Luc Blanchard a retrouvé des épreintes sur des rochers en milieu de retenue en 2019 (Blond & Blanchard, 2019). La loutre est ainsi présente dans l'ancienne retenue, sachant qu'elle se déplace sur 20 km pour les femelles et 30 km pour les mâles le long du cours d'eau.

- *Chiroptères*

Aucun suivi n'a été mis en œuvre pour les chiroptères suite à l'effacement, néanmoins au moins 10 espèces de chauves-souris ont été inventoriées dans l'ENS de Pont-Sal environnant en 2011 (voir les observations en annexe Q). Compte-tenu de l'aire de déplacement de ces mammifères, il est possible qu'ils exploitent les prairies et le cours d'eau. Parmi les 10 espèces inventoriées, 2 sont trouvées en chasse sur l'étang en 2011, et pourraient donc avoir été impactées par l'effacement du barrage.

- *Autres mammifères*

De nombreuses espèces d'autres mammifères ont été observées dans l'ENS de Pont-Sal, telles que l'écureuil roux, le mulot sylvestre, la musaraigne musette, le ragondin, le putois, le renard, la taupe, le sanglier, le chevreuil, des lapins, lièvres, campagnol amphibie… (Voir en annexe Q les observations détaillées). La plupart des espèces sont communes, mais l'écureuil roux a un statut de protection national (Blond & Blanchard, 2019).

- *Avifaune*

Le groupe d'étudiants du BTS GPN a observé ou entendu des espèces d'oiseaux en 2017, dont ils ne citent qu'une partie dans le rapport : des chevalier guignettes sur les pelouses halophiles (*Actitis hypoleucos*), un martin pêcheur (*Alcedo atthis*), des aigrettes garzettes dans l'ancienne retenue (*Egretta garzetta*). Ils notent la présence de passereaux, de pics verts, épeiche et noirs (Maupaumé et al., 2017).

Jean-Luc Blanchard a recensé 29 espèces en 2019 dans le fond du vallon, mais **sans trace de nidification, elles y sont plutôt pour la recherche de nourriture**. En 2014 la plupart de ces espèces étaient nicheuses dans l'ENS de Pont-Sal (les bois environnants). Deux rapaces diurnes et une chouette hulotte chassent également dans les terrains exondés post-effacement. Deux couples de bergeronnette des ruisseaux s'alimentent le long de la rivière et sont susceptibles de nicher au niveau des rochers de Toul er Hakouz (Blond & Blanchard, 2019).

- *Amphibiens*

L'effacement du barrage et la suppression de la retenue a eu un impact négatif sur les amphibiens, qui ont notamment perdu les lieux de ponte que constituaient les rives de l'ancien étang et ne semblent pas fréquenter en 2019 les terrains exondés (voir en annexe Q le détail).

- *Reptiles*

Les observations des reptiles sont détaillées en annexe Q. Le développement d'une végétation dense (genêt à balais) sur certaines bordures de l'ancien plan d'eau bloque l'arrivée de lumière au sol et devient défavorable aux reptiles (par exemple en rive gauche, exposée à l'est). Les espèces qui étaient localisées en 2014 dans la jeune plantation en rive gauche, à l'Est du vallon, en contrebas du lieu-dit Treusal ont pu perdre des habitats avec la croissance des arbres de la plantation, et ont pu gagner des habitats dans les anciennes rives du cours d'eau, exposées au soleil. Pour les reptiles, la bordure Ouest du vallon est bien exposée et constitue un milieu idéal avec des pierrailles et des cailloux de différentes tailles. Les nouvelles conditions leur conviennent bien (Blond & Blanchard, 2019).

- *Faune invertébrée*

Le fond de vallon a été colonisé suite à l'effacement par bon nombre d'espèces d'invertébrés. Certains n'y retrouvent pas partout des conditions pour se reproduire (par exemple certaines espèces d'odonates), par la présence d'eau saumâtre actuellement depuis l'effacement du barrage sur la partie inférieure de l'ancienne retenue, ou par l'absence de racines de ripisylve qui étaient présentes avant l'effacement du barrage. La présence d'un ruisseau et la flore associée attirent néanmoins un grand nombre d'invertébrés : lépidoptères (papillons), odonates (libellules) et orthoptères (sauterelles, criquets), dont les observations sont détaillées en annexe Q.

Premiers éléments d'évolution du site de Pont-Sal suite à l'effacement du barrage (hydromorphologie, physico-chimie, biologie)

La suppression du barrage permet désormais la remontée d'eaux saumâtres dans l'ancienne retenue, sans que la limite haute soit précisément visible à travers l'installation de la faune et la flore, les milieux étant encore en évolution. La présence d'eau saumâtre impacte le développement de certaines espèces nécessitant de l'eau douce (odonates par exemple). L'effacement du barrage a pu impacter les espèces qui dépendaient des racines de la ripisylve bordant l'étang pour leur développement (larvaire ou de lieu de reproduction). La présence de prairies de fond de vallée et de milieux ouverts profite à certaines espèces, et constitue un territoire de chasse et d'alimentation. Le débordement temporaire du cours d'eau dans son lit majeur, permis par un cours d'eau non incisé trop profondément, permet l'existence de milieux humides propices au développement des insectes notamment. La continuité de l'écoulement permet déjà à certaines espèces piscicoles de remonter le cours d'eau, ainsi qu'à certaines espèces aquatiques invasives (écrevisse américaine) auparavant bloquées par le barrage : c'est un nouvel enjeu sur le site. Cette continuité permet probablement à la loutre ainsi qu'à d'autres mammifères de suivre le cours d'eau d'amont en aval, qui est ainsi qualifiable de corridor écologique*. Le cours d'eau a retrouvé son lit de 1952 sur une grande partie de son linéaire en s'incisant dans les couches sédimentaires accumulées en présence de la retenue. Néanmoins, par endroits, il s'est probablement incisé à côté de son ancien lit, suite au comblement de son ancien chenal à certains endroits en présence de la retenue. Les faciès d'écoulement sont homogènes et peu de granulométrie de taille importante est présente dans la portion restaurée, mais il semblerait que des processus d'érosion latérale apparaissent. A noter que le lit de 1952 avait peut-être subi des intervenions hydrauliques, et ne correspond pas nécessairement à une référence « naturelle ».

Globalement au regard des incidences positives attendues après effacement (voir début de la présente partie), la continuité écologique est retrouvée, avec une réduction des milieux lentiques dans le cours d'eau, une colonisation végétale des terrains exondés et probablement le début de l'installation naturelle d'une ripisylve. Néanmoins les profondeurs et vitesses de courant variées ainsi qu'un substrat plus grossier ne sont pas (encore) retrouvés. Il n'est pas possible de conclure sur l'évolution de la qualité de l'eau au regard des données disponibles.

Pour certains suivis la comparaison avant-après effacement n'est pas possible car le protocole n'a été fait qu'une fois (soit avant, soit après) et/ou car les données sont non disponibles. Certains suivis (hydromorphologie, physico-chimie et biologie) reposent sur des phénomènes ou compartiments naturels soumis à une variabilité naturelle. Dans le cas d'une valeur ponctuelle échantillonnée ou d'une seule année de mesures relevée, la variabilité annuelle ou interannuelle naturelle des populations ne peut pas être prise en compte et donc l'analyse des résultats ou une comparaison par la suite sont moins fiables.

Une non-évolution des résultats des suivis post-effacement est explicable par deux raisons : soit le milieu (ou la composante suivie) n'a pas pour l'instant évolué ou été impacté suite à l'effacement du barrage, soit le suivi mis en place ne permet pas de détecter une évolution. Une non-évolution peut s'expliquer par les deux raisons précédentes : le suivi mis en place ne permet pas (encore) de détecter une évolution car le temps de réponse des milieux n'est pas encore atteint. Ceci explique qu'il soit parfois difficile d'analyser l'impact du barrage sur les populations, notamment piscicoles. C'est également pour cette raison qu'il est préconisé un suivi de la biologie après 3 ans (voir partie Suivis préconisés dans la bibliographie suite à un effacement).

Gains	Pertes et risques	Questionnements
• Espèces colonisant les terrains exondés (chasse et alimentation surtout) • Espèces dépendant de la bordure humide au cours d'eau • Espèces piscicoles remontant (anguilles, lamproies) • Espèces bénéficiant de la continuité (loutre) • Milieux aquatiques lotiques retrouvés	• En bas de l'ancienne retenue pour les espèces nécessitant eau douce • Espèces dépendant de l'ancienne ripisylve • Espèces invasives profitant de la continuité (écrevisse américaine) • Incision du cours d'eau dans le lit (à confirmer) • Peu de granulométrie et faciès d'écoulement homogènes	• Limite de remontée d'eau saumâtre • Pédologie et évolution des sédiments du fond de retenue • Evolution qualité de l'eau • Réponse de l'hydrobiologie (invertébrés, macrophytes aquatiques, diatomées) • Suivis piscicoles (variabilité interannuelle – recul insuffisant) • Réponse des chiroptères

Tableau 6 : Synthèse des évolutions post-effacement

IV. Préconisations

1. Une nécessaire clarification des objectifs du programme de suivi post-effacement

Il est nécessaire de distinguer les objectifs du programme de suivi des objectifs de l'effacement. Les suivis préconisés, prévus et réalisés répondent à des objectifs différents selon les intervenants, pour lesquels l'effacement du barrage de Pont-Sal constitue un site expérimental. En résulte des suivis de précision et complexité de mise en œuvre différentes. Il convient donc de distinguer ce qui relève d'un objectif minimal utile pour le Département d'une part, et d'un suivi utile pour d'autres partenaires (à vocation de recherche par exemple) d'autre part. Cela permettra de définir ou d'ajuster la méthodologie des futurs suivis pour augmenter leur pertinence et mieux valoriser leurs résultats. Il faudrait vérifier que les objectifs de chaque suivi sont *a minima* en adéquation avec les objectifs finaux qui seront choisis pour le programme de suivi.

Au niveau national, il ne semble pas exister d'obligation réglementaire à poursuivre des suivis suite à un effacement de barrage. Cependant, l'arrêté préfectoral du 14 avril 2017 imposait des suivis sur 5 ans suite à la réalisation des travaux, mais en laissant une « marge de manœuvre » importante au futur propriétaire. De plus, l'analyse montre que même sans structure chargée de l'organisation des suivis, certains suivis se font par intérêt propre des intervenants. Enfin, les autres expériences d'effacement de barrage montrent qu'il existe davantage de communication et d'informations dans le cas d'un suivi coordonné et porté par une ou plusieurs structures (voir Retours d'expérience sur d'autres sites).

Formaliser les objectifs du programme de suivi nécessite de distinguer :

- La nature des objectifs du suivi (vérifier que les objectifs de l'effacement sont atteints, suivre les évolutions post-effacement sans se focaliser sur avant/après, améliorer les connaissances sur l'impact de l'effacement, aider à la définition d'objectifs de gestion du site, etc.)
- Les moyens que doivent alimenter les suivis (statistiques, publications…)
- Les cibles visées par les résultats du suivi (grand public, élus, techniciens, scientifiques…).

Ainsi il semble important de formaliser explicitement les objectifs du programme de suivi : Dans quel but un programme de suivi devrait-il être poursuivi sur Pont-Sal ? Jusqu'à quand ? Qui souhaite utiliser les résultats du suivi et pourquoi faire ? Est-ce que le Département est prêt à porter cette dynamique ?

- *Clarifier les attendus du devenir du site*

Le suivi à mettre en place après une restauration dépend également des évolutions du site après les travaux. Lors du comité de suivi précédant les travaux (mars 2017), le choix de la gestion des terrains face aux différents devenirs possibles avait été repoussé après les travaux, quand le futur propriétaire serait officiellement défini. De plus, l'intervention sur les terrains exondés était dans les premières années matériellement difficile compte tenu de la faible portance des sols (SCE, 2017c).

Il semble alors primordial, trois ans après les travaux, de clarifier les objectifs de gestion des terrains et leurs attendus, ce qui permettra de mettre en place d'une part un programme de suivi adéquat, et d'autre part une gestion du site appropriée.

- *Réunir les différents partenaires afin de (re)préciser les objectifs du programme de suivi*

L'appui technique et financier de la gestion des milieux aquatiques relevant du service SEAFEL du Département, et la gestion des terrains exondés de l'ENS relevant du service ENSR, il semble nécessaire de réunir, en interne dans un premier temps, les diverses personnes concernées des deux services intervenant sur le site restauré de Pont-Sal. Ces échanges pourront aborder notamment les objectifs d'un suivi scientifique sur Pont-Sal, ainsi que la question d'un référentiel de restauration et d'évolution des milieux. Le but serait de clarifier les diverses positions pouvant exister au sein du Département, et si

besoin de les harmoniser. **Quel(s) devenir(s) du site est (sont) souhaité(s) ? Comment et dans quel but suivre le site ? Quelle doit être la position du Département, propriétaire du site, au regard des questions précédentes, vis-à-vis des partenaires externes ?**

Dans un second temps, il serait utile d'élargir la discussion aux partenaires externes au Département, dans un but d'information réciproque et de concertation. Pourront être abordés les objectifs du programme de suivi ainsi que les objectifs de chacun des suivis engagés, et les évolutions futures du site. Cela permettrait de mettre en évidence les intérêts particuliers et les intérêts communs pour suivre le site de Pont-Sal. Ce serait aussi l'occasion de relever des demandes ou des conseils de la part des partenaires et des réalisateurs des suivis, afin d'adapter l'organisation de ceux-ci.

Les propositions faites ci-dessous sont des préconisations souhaitables, qui tiennent peu compte des moyens (humains et financiers). En effet, **la proposition de modalités techniques précises de mise en œuvre pertinentes (délais, moyens…) dépend des objectifs du suivi de Pont-Sal et des attendus du site, à clarifier et formaliser explicitement.**

Compte tenu des moyens humains disponibles en interne au Département, se pose la question de l'externalisation de certaines préconisations réalisées ci-dessous. A noter que l'externalisation d'une prestation nécessite un minimum de moyens mobilisés en interne (coordination, validation de la commande…).

2. Discussion et préconisations concernant l'organisation et la gouvernance des suivis

a. Rôle du Département en tant que structure en charge de la coordination et du pilotage du programme de suivis à venir

L'expérience sur d'autres sites a montré l'intérêt d'avoir une structure portant le programme de suivi. Il s'agit d'une structure pilote qui aurait connaissance des informations sur les suivis réalisés ainsi que leurs résultats, et qui peut rapidement communiquer sur ce qui est fait, par qui. Ce pilote aurait à :

- **Formaliser le travail de cadrage du programme**, prendre des décisions d'orientation de celui-ci
- **Coordonner sa mise en œuvre** en animant le comité de pilotage
- **Organiser le recueil des données** à date fixe annuelle ou après chacun des suivis si besoin ; tâche éventuellement externalisée, voir ci-dessous.
- **Réaliser ou animer le travail d'analyse et d'interprétation** ; tâche éventuellement externalisée, voir ci-dessous.
- **Piloter la valorisation des données** : mise en forme et diffusion de l'information et communication sur le programme de suivi et ses résultats.
- **Examiner le montage financier** du futur programme de suivi (possibilité de recevoir des aides de l'Agence de l'eau en complément de l'autofinancement par le Conseil Départemental, financements propres pour d'autres structures…)

Les suivis réalisés sur Pont-Sal étant nombreux et requérant des compétences dans de diverses disciplines, la question d'externaliser l'analyse des résultats se pose. Ainsi, un bureau d'étude qui aurait ces compétences en interne pourrait être chargé, au moins à fréquence annuelle, de récupérer les données auprès du pilote du programme de suivi ou auprès de chacun des partenaires. Il aurait alors la tâche en interne d'analyser chaque suivi par un spécialiste du domaine, puis de croiser les résultats de manière transversale par une personne généraliste ayant les bases dans chacune des spécialités. Le Département disposant d'un Conseil Scientifique compétent dans diverses disciplines, celui-ci pourrait accompagner et donner un avis sur le programme de suivi et les analyses tirées.

Préconisation : piloter le programme de suivi (cadrage, coordination de la mise en œuvre, gestion des données, analyse et interprétation, valorisation, financements). Coordonner les services impliqués en interne (suivi et gestion du site) est également nécessaire.

b. Constitution d'un comité de pilotage du programme de suivi

La mise en place d'un comité de pilotage permettrait de réunir autant que de besoin les intervenants de la réalisation des suivis, afin que tous soient au courant de ce qui est fait par les autres, dans le but d'instaurer une dynamique de travail concerté et transversale. Cela permettrait de replacer l'action de chacun dans un contexte global cohérent, de présenter annuellement les résultats du site, de les discuter et éventuellement d'échanger sur les évolutions du programme de suivi. Il faudrait définir une liste des participants : producteurs des données des suivis, maitres d'ouvrage, acteurs locaux, experts scientifiques…

Préconisation : mettre en place un comité de pilotage du programme de suivi.

c. Gestion des données

Il faut distinguer les données brutes ou élaborées issues des suivis d'une part, et d'autre part les informations sur les suivis et leur organisation (métadonnées : protocole, calendrier…).

Au vu du nombre de suivis réalisés, la constitution d'un tableau numérique pour les recenser a commencé à montrer des limites (voir Annexe H) et une base de données évolutive pourrait être constituée, listant tous les suivis réalisés. Ces informations seraient présentées dans un carnet du programme de suivi, où chaque suivi réalisé aurait une fiche, décrivant l'intervenant, les dates successives de réalisation, la localisation précise, le contact possédant les données, l'endroit de stockage des données, le coût, le financement, etc. Ces suivis pourraient être regroupés par compartiment (visuels, hydromorphologie, physico-chimie, biologie, autres suivis). Chaque fiche comporterait un bref bilan mis à jour à chaque suivi, qui résumerait l'évolution du site selon tel suivi.

Les données résultant des suivis sont sous des formes diverses et il y a d'une part les données brutes et d'autre part les données élaborées (issues d'un premier traitement). L'accès à la donnée est nécessaire. La centralisation de ces données, que ce soit dans une base de données unique localisée ou non dans un même endroit, pourrait être envisagée. La structuration de la base devrait permettre des tris par année, par intervenant ou compartiment. L'objectif serait une accessibilité rapide et une facilitation de l'analyse en raccourcissant le temps de recherche et d'obtention des données auprès des divers partenaires.

De façon générale, il faudrait homogénéiser les noms utilisés pour le cours d'eau : dans certains suivis (par exemple un suivi Carhyce de 2018) le cours d'eau est référencé dans la base de données IED sous le nom de Bono, alors que la majorité des suivis utilise le nom du Sal à l'amont de la voie rapide N165.

Parfois dans les rapports ou analyses, les termes pour désigner les différentes zones des suivis prêtent à confusion : « l'amont du barrage » laisse planer un doute s'il s'agit de la zone dans la retenue, ou s'il s'agit de la portion du cours d'eau située au-delà de l'emprise de la retenue. Il pourrait être réalisé une carte à diffuser aux intervenants pour désigner homogénéiser les dénominations, voir mettre en place des repères chiffrés pour localiser les phénomènes observés. Enfin les intervenants ayant des difficultés à se localiser sur une carte par rapport aux éléments caractéristiques (les traces de l'ancien barrage, les rochers Toul er Hakouz, etc.) pourraient utiliser un GPS pour noter leurs observations.

Préconisation : Regrouper et mettre à jour les informations sur la mise en œuvre des suivis (métadonnées). Mettre en œuvre une base de données à partir des données résultant des suivis. Homogénéiser les termes et lieux-dits employés pour localiser les informations.

d. Valorisation des résultats des suivis pour l'information et la communication sur Pont-Sal

La valorisation des résultats serait à adapter selon la cible visée par l'information ou la communication des résultats : Département (gestionnaire), partenaires, techniciens, scientifiques, élus et grand public.

Pour l'instant, une page internet est disponible (http://pont-sal.eaudumorbihan.bzh/le-projet), présentant le projet d'effacement de Pont-Sal. Cette page, initiée par Eau Du Morbihan, n'est plus mise à jour et ne décrit pas les suivis réalisés suite à l'effacement ni leurs résultats.

Il pourrait être pertinent de communiquer sur le programme de suivi, une fois que ses objectifs seront clairement définis ainsi que les objectifs de gestion des terrains exondés. Divers moyens de communication peuvent être utilisés : une mise à jour du site internet existant sur le projet, la création de panneaux d'information sur les chemins de randonnée de l'ENS, etc. Si la passerelle est mise en place (voir e. ci-dessous), il pourrait être mis une photo présentant le site avant effacement depuis le même point de vue, ainsi que des panneaux explicatifs sur le projet, les suivis réalisés et leurs résultats.

La constitution d'éléments (documents, fiches…) de communication à partir de l'analyse des suivis pourrait faire partie de la mission confiée en externe par le pilote du programme de suivis. D'une part ces éléments permettraient de communiquer au public averti (professionnels). D'autre part, un lien numérique (adresse web, QR-Code) pourrait être mis sur le sentier, qui renverrait vers les résultats des suivis disponibles en ligne, éventuellement vulgarisés. Cela permettrait une sensibilisation des promeneurs à l'environnement tout en valorisant l'ensemble des actions mises en œuvre sur ce site, qui pour un promeneur lambda ne sont pas visibles à l'heure actuelle sur ce site isolé.

Préconisation : Choisir les cibles de la valorisation des suivis (gestionnaire, partenaires, techniciens, élus, scientifiques, grand public) et adapter la communication et l'information. Constituer des éléments de communication sur divers supports.

e. Gestion des terrains exondés (site ENS), et apports du programme de suivi

La définition des interventions éventuelles devrait intervenir dans un second temps seulement, une fois que les objectifs d'évolution du site seront fixés. Pour rappel, les objectifs de gestion peuvent aller d'une libre évolution - choisie - du site (sans intervention)[13], à une intervention sur toute l'ancienne retenue, en passant par une association de ces deux extrêmes selon les zones des terrains exondés : modalités de gestion différenciées par secteur. A savoir qu'avant le barrage (1960), les photos aériennes (voir annexe Q) indiqueraient des prairies entrecoupées de haies dans le fond de vallée, traversées par le cours d'eau. Le caractère humide de ces prairies reste à confirmer, les archives départementales contenant éventuellement des informations pour caractériser *à posteriori* l'état 0 (éventuels travaux hydrauliques). Enfin, ces éléments constituent une référence passée, mais pas nécessairement une référence naturelle.

A noter également que des contraintes naturelles sont présentes et peuvent impacter le choix de gestion : le Sal est un cours d'eau dont le débit variable peut inonder le lit majeur, naturellement, lors de crues. De plus, les terrains exondés sont marqués de fentes de dessiccation encore larges et profondes (parfois 50 cm de profondeur) trois ans après l'assèchement de la retenue. Si une intervention était désirée, il pourrait être pertinent de bénéficier du retour d'expérience dans la retenue de Kernansquillec où des fentes étaient également observées. Enfin, **l'analyse montre que les évolutions sont rapides post-effacement et que les terrains exondés, le cours d'eau, et les populations qui s'y implantent ne sont probablement pas (encore) stabilisés**.

[13] Voir le livre « La nature malade de la gestion » (Génot & Terrasson, 2010)

Il sera important de veiller à la coordination entre les actions de restauration des milieux naturels et leurs suivis d'une part, et les actions qui visent à aménager le site d'autre part. Il s'agit de trouver un équilibre entre l'ouverture du site aux promeneurs (qui présente de nombreux intérêts mais a également des impacts) et la gestion durable des milieux naturels. La réalisation de suivis permettrait d'éclairer cette recherche d'équilibre, en ce qu'ils apportent une connaissance de la localisation d'espèces de faune et flore, éventuellement à protéger.

Lors des comités de travaux de l'effacement du barrage avaient déjà été discutées les évolutions futures du site (SCE, 2016a, 2017c). Il avait été fortement préconisé la réalisation d'une passerelle au niveau de l'ancien barrage dans le but d'assurer un passage entre les sentiers rive droite et rive gauche et une boucle de randonnée autour de la rivière du Bono. A ce jour, les dossiers d'autorisation réglementaire de la passerelle ont été rédigés et vont être déposés auprès des services d'instruction.

Préconisation : Coordonner les actions de suivi et de gestion du site. Possibilité d'en faire un site d'expérimentation de modalités de gestion et d'évolutions post-effacement de barrage, en partie en contexte saumâtre.

3. Propositions de suivis et d'ajustements des suivis existants

Cette étude a mis en évidence que certains ajustements, même dans le cas d'un suivi minimal, sont nécessaires pour l'obtention de données exploitables et/ou manquantes. D'autres ajustements, ajouts et poursuites de suivis sont préconisés dans cette partie mais dépendent des choix des objectifs du suivi du site de Pont-Sal, qui restent à définir.

Les préconisations qui suivent peuvent concerner les objectifs, la méthodologie, les résultats et l'analyse des résultats du suivi concerné. A ce stade ces préconisations restent des propositions. Préconisations communes à tous les suivis :

- La méthodologie des suivis maintenus et développés, même minimaux, devrait permettre de répondre aux objectifs qui justifient la mise en place de ces suivis. Ainsi, le protocole des suivis doit être clair, rédigé et adapté pour obtenir des résultats qui répondent aux objectifs, surtout dans le cas des suivis de type 1, 2, 4, et 6 qui seraient à adapter pour être intégrés au programme de suivi. Ceci pour obtenir des suivis reproductibles, de fréquence et en nombre suffisants pour obtenir des données exploitables et en permettre une exploitation robuste.
  La bibliographie (voir partie Suivis préconisés dans la bibliographie suite à un effacement) propose différents niveaux de suivi et méthodologies et normes à mettre en place selon l'ambition de l'opération de restauration et les conditions de l'opération. Certains de ces guides sont complexes et nécessitent beaucoup de moyens, comme le Carhyce, et pourraient être adaptés au cas de Pont-Sal selon les objectifs du programme de suivi.
- Il serait utile de simplifier l'analyse et la mise en relation des résultats issus de disciplines variées, pour une évaluation transversale de l'effacement du barrage. Dans ce but, les suivis menés par les divers partenaires pourraient inclure la phase de recueil de données, mais aussi un prétraitement et quelques pistes d'interprétation par les intervenants ayant réalisé ou commandité les suivis. Ceci pour obtenir des résultats de qualité, disponibles facilement, avec une interprétation simple à comprendre par un non-spécialiste, pour être *in fine* utilisables pour répondre aux objectifs du programme de suivi qui sera défini.

a. Préconisations liées aux suivis de l'hydromorphologie

- *Obtenir des données fiables pour suivre l'évolution de l'incision du cours d'eau*

Les données calculées (profondeur plein bord, largeur plein bord…) par la plate-forme IED paraissant difficilement exploitables pour conclure sur l'incision du cours d'eau du Sal, les données brutes relevées

sur le terrain pourraient servir pour un calcul « à la main » de ces caractéristiques clés. Néanmoins il pourrait demeurer le risque d'un biais opérateur au vu de la méthode.

Une méthode plus opérationnelle à Pont-Sal serait de réaliser des transects géolocalisés (par exemple un tous les 100m), entre deux points fixes sur chaque berge, dans l'emprise de l'ancienne retenue, pour calculer les largeurs et profondeurs plein bord. En comparant l'évolution du profil de ces transects autant que de besoin, il serait possible de conclure sur l'évolution du lit du Sal dans l'ancienne retenue, notamment aux points critiques identifiés (knickpoint). Ces suivis pourraient être rapprochés dans un premier temps (mensuels, trimestriels, ou après des crues) pour aider une décision d'intervention éventuelle, si cette décision est urgente.

- *Comparer l'évolution des profils en long*

Il serait pertinent de continuer et localiser les profils en long les uns par rapport aux autres afin de comparer l'évolution de site après effacement. Si la précision des profils le permet, il serait intéressant d'y localiser les knickpoint (zones d'érosion régressive marquée) dans le but d'en suivre l'évolution.

- *Réalisation de transects pédologiques en travers du cours d'eau*

Des transects de sondages pédologiques perpendiculaires au Sal pourraient être réalisés pour voir si les matériaux du lit mineur présumé (retracé à l'aide du cadastre avant 1960) sont les mêmes qu'au fond du lit mineur actuel. Si une granulométrie plus grossière est retrouvée à côté du lit mineur actuel, il pourrait être pertinent d'envisager une intervention sur le lit mineur (déplacement, rechargement) après avoir réalisé une étude d'enjeux et si celle-ci l'approuve. Il s'agira de peser les gains et les contraintes ainsi que la nécessité d'une intervention sur le milieu (travaux lourds, engins, transports de matériaux, …). Pour cela une grille d'enjeux (biodiversité, continuité écologique, qualité d'eau, habitats) pourra être réalisée.

b. Préconisations liées aux suivis de l'hydrologie et physico-chimie de l'eau

La variation du régime hydrologique ainsi que la qualité de l'eau (teneur en sels marins notamment) influencent considérablement les espèces et communautés d'êtres vivants du cours d'eau et des éventuelles zones humides périphériques. Il conviendrait de préciser ces caractéristiques à Pont-Sal pour mieux adapter les suivis et les actions.

- *Améliorer la précision des données de débit du Sal*

A l'heure actuelle il n'existe pas de station de mesure du débit ou de jaugeage sur le Sal. Dans les études réalisées sur le barrage de Pont-Sal ((CERESA, 2011; Duprey, 2014; SCE, 2017b)…) et le bassin versant (SAGE…), le débit du Sal est approximé avec une station de mesure localisée sur le bassin versant du Loch, cours d'eau voisin. Cette méthode, valide pour certaines exploitations de données générales, semble comporter des incertitudes trop élevées (voir partie Géographie du site de Pont-Sal et contexte hydrologique) pour être utilisée précisément pour trouver un débit de pointe de crue morphogène par exemple. En effet même si le Loch et le Sal présentent des similitudes, ils pourraient ne pas réagir de la même façon et font partie de petits bassins versants côtiers indépendants. (Com. pers. Béatrice Nivoy)

Préconisation : Afin de mieux analyser les données de l'hydromorphologie et de préciser quel serait un débit morphogène, il pourrait être mis en place une station de mesure sur le Sal. Cette préconisation est en accord avec les dispositions du SAGE, qui vise à gagner en connaissance sur ces petits bassins versants côtiers. Alternativement, une méthode moins coûteuse serait de réaliser une courbe de tarage avec la mesure de débits clés sur une section du cours d'eau, et un suivi des hauteurs d'eau en période de crue notamment.

- *Réaliser des analyses physico-chimiques pour mesurer les évolutions de qualité de l'eau*

Le manque de données physico-chimiques sur le Sal empêche de conclure sur l'impact de l'effacement sur la qualité de l'eau. Pour évaluer la trajectoire suivie par le cours d'eau après l'effacement du barrage, il serait nécessaire de réaliser des analyses d'eau, suffisamment régulières pour saisir la variabilité annuelle et interannuelle. Dans le guide du SSM (Roland-Meynard & al., 2019) il est par exemple préconisé une fréquence bimestrielle ou mensuelle (6 à 12 par an donc), à partir de la troisième année post-effacement (2020 pour Pont-Sal). Il sera pertinent également de remettre en place les sondes de température à l'amont et à l'aval de l'ancienne retenue (Roland-Meynard & al., 2019) pour évaluer la disparition de l'effet retenue (réchauffement). Ces suivis devront prendre en compte ce qui est prévu par ailleurs (SAGE et projet de Contrat Territorial de Bassin Versant).

- *Mettre en place un suivi pour caractériser les limites de l'influence marine*

La situation quasi-estuarienne du site de Pont-Sal et l'influence du niveau de la mer à l'aval de l'ancien barrage compliquent les comparaisons entre avant et après l'effacement. De plus cette situation rend inadaptée certaines méthodologies (l'attribution de note finale pour les IBGN-I2M2 par exemple).

Le passage de l'eau douce à l'eau saumâtre, puis à l'eau salée se fait selon un gradient sur une certaine distance et sa position est variable selon divers facteurs (débit, coefficient de marée, vent…). Il serait important de préciser la zone d'eau saumâtre afin d'ajuster la méthodologie de réalisation et d'interprétation de certains suivis qui s'y réalisent (en limite d'applicabilité actuellement). Les plantes supportant l'eau saumâtre, présentes au niveau de l'ancien barrage, sont un indicateur d'eau saumâtre. Une méthode plus précise serait de faire des profils en long du cours d'eau avec un conductimètre, à plusieurs moments de l'année (forts coefficients/faible débits et faibles coefficients/forts débits).

c. Préconisations liées aux suivis de la biologie

- *Prendre en compte les suivis et observations bénévoles de la faune et la flore*

Les données produites par les suivis bénévoles peuvent, sous certaines conditions, apporter des observations précieuses et compléter les suivis réalisés par des professionnels. Des structures associatives telles que Bretagne Vivante permettent de mettre en relation des botanistes bénévoles par exemple. L'Atlas de la Biodiversité Communale réalisé sur Pont-Sal a impliqué et recensé les démarches participatives de particuliers qui réalisent des observations naturalistes à Plougoumelen. Il serait pertinent d'intégrer les démarches de collecte participative ou de bénévolat dans le programme de suivi, éventuellement en créant plusieurs catégories selon les protocoles mis en œuvre et l'expertise des intervenants (bénévoles/professionnels).

- *Poursuivre le suivi de l'ichtyofaune à des périodes comparables*

Il est nécessaire de poursuivre le suivi sur des populations piscicoles. Un suivi sur 10 ans permet de ne pas faire des conclusions seulement sur des données ponctuelles (qui peuvent être variables suivant la variabilité interannuelle des populations). Il est aussi préconisé de faire ces suivis à des périodes similaires (même stades du cycle de vie des espèces) pour pourvoir comparer les données entre elles.

- *Mettre en place un suivi de l'hydrobiologie après effacement*

Aucun suivi de l'hydrobiologie n'ayant été fait après effacement, la réponse de ce compartiment à l'effacement du barrage ne peut pas être évaluée. Il serait ainsi pertinent de mettre en place un suivi des macroinvertébrés, des macrophytes aquatiques et des diatomées. Concernant les méthodes employées, il est possible de se référer aux préconisations de suivis et aux normes associées dans le SSM (Roland-Meynard & al., 2019), qui préconise un suivi de la biologie à partir de la troisième année post-effacement (2020 pour Pont-Sal).

Les analyses hydrobiologiques réalisées par SCE avant l'effacement à l'aval du barrage (SCE, 2017e) concluaient en disant que la méthodologie n'était pas adaptée aux milieux en eau saumâtre. Pour exploiter les résultats et étudier l'évolution à l'aval du barrage suite à l'effacement, il est proposé l'adaptation suivante : outre le calcul de la note finale à partir des métriques (nombre d'invertébrés par exemple) de l'I2M2, il est souhaitable d'exploiter directement les métriques et les outils diagnostics associés (diagramme de probabilités de pressions anthropiques – hydromorphologie et physico-chimie). Les invertébrés identifiés pourraient être séparés selon ceux d'eau douce et ceux d'eau saumâtre. Ainsi le protocole de collecte, normé, et ses résultats bruts seraient utilisables et comparables au fur et à mesure des campagnes de prélèvement.

Préconisation : Mettre en place un suivi de l'hydrobiologie et l'adapter à l'aval du barrage (saumâtre).

- *Mettre en place ou non des suivis selon la faune en présence*

Concernant les espèces ayant une aire de répartition large (par exemple certains mammifères), la mise en place de protocoles très lourds ne permettrait pas forcément de conclure sur l'impact de l'effacement du barrage. (Com. pers. Thomas le Campion, GMB)

Par contre, les insectes ayant une aire de répartition plus locale et un rayon d'action plus petits, ils répondent plus rapidement aux perturbations. Une modification de l'évolution du milieu serait alors plus perceptible en étudiant plutôt les odonates précisément (notamment ceux dépendant des milieux aquatiques) (Com. pers. Thomas le Campion, GMB). Ce type de suivis n'est pas préconisé dans le guide du SSM.

- *Mettre en place une méthode pour assurer la reproductibilité des suivis botaniques*

Dans les différentes conceptions de l'évolution du site post-effacement, le boisement ou non des terrains exondés est central. Les suivis botaniques sont donc essentiels pour éclairer les prises de décisions futures.

Il parait pertinent de continuer à réaliser une cartographie des habitats comme celle de 2019 (Blond & Blanchard, 2019), qui est une méthode normée et reproductible.

Les schémas de cette étude, correspondant à des transects perpendiculaires au cours d'eau, ont été reconstitués d'après des observations diverses et d'après la cartographie, ce qui comporte des incertitudes. Il serait ainsi pertinent de faire des inventaires botaniques selon des transects perpendiculaires au cours d'eau. Diverses méthodes normées et reproductibles sont décrites dans la bibliographie. Cela permettrait de confirmer et décrire l'évolution de l'étagement de la végétation entre le cours d'eau et le bois des versants.

L'étude de la trophie des sédiments des terrains exondés, et éventuellement le type de sol présent sous les vases, permettrait de déterminer les évolutions possibles de la végétation : méta-équilibre à venir ou équilibre dynamique. (Com. pers. Bernard Clément)

Pour prévoir la dynamique d'un boisement éventuel à moyen terme, il est préconisé de cartographier les spots de saules et de bouleaux au sein du site et de suivre leur évolution d'une année sur l'autre.

Afin de quantifier l'évolution des différentes strates, il pourrait être envisagé le calcul de taux de recouvrement des différentes strates pour chaque cartographie de la végétation. En comparant les différentes années, cela permettrait de déterminer la trajectoire de Pont-Sal, et éventuellement d'intervenir si on souhaite maintenir le milieu à un certain stade.

d. Préconisations concernant les suivis paysagers et sociologiques

- *Mettre en place un suivi photographique régulier et localisé*

Réaliser des photographies du fond de vallée, à des points fixes, permet de visualiser rapidement les dimensions et caractéristiques du lieu, ce qui est utile pour la communication à des tiers ne venant pas sur le site. De plus, cela permet de comparer visuellement les évolutions du fond de vallée.

- *Valoriser les données issues du compteur de fréquentation du site*

Deux écocompteurs sont présents sur les chemins de l'ENS de Pont-Sal en rive gauche dans le bois et permettent de dénombrer les passages des promeneurs. Il pourrait être intéressant d'exploiter les données des écocompteurs pour comparer la fréquentation du site avant et après effacement et ainsi évaluer éventuellement la réponse de la population à l'effacement du barrage. A noter que ces chroniques de données ont quelques périodes de dysfonctionnement ces dernières années. Ce travail nécessiterait de vérifier si la comparaison est tout de même possible, et éventuellement de comparer sur plusieurs années avant et plusieurs années après effacement.

- *Réaliser une enquête post-effacement auprès des riverains et utilisateurs du site*

La réalisation d'une enquête auprès des riverains et utilisateurs du site permettrait de recueillir les avis et les ressentis du grand public par rapport à l'évolution du site, et ainsi tirer des conclusions concernant la perception de l'effacement de barrage et des changements paysagers.

Synthèse des préconisations

Atouts	**Faiblesses**
• Site pouvant servir de terrain d'expérimentation • Suivis déjà disponibles/initiés	• Peu de coordination interne au Département à ce jour (site ENS et milieux aquatiques) • Représentations diverses des devenirs du site
Opportunités	**Menaces**
• Nombreux partenaires impliqués • Possibilité de subventions • Site proche de Vannes et d'axes de communication fréquentés (voie rapide, chemin littoral) • Importance de l'effacement au niveau régional	• Objectifs divers de suivi du site selon les partenaires • Influence de la marée et de l'eau saumâtre (impacte méthode et résultats) • Sur-fréquentation de promeneurs dans fond de vallée (impact sur certaines espèces)

Tableau 7 : Matrice AFOM du suivi du site de Pont-Sal

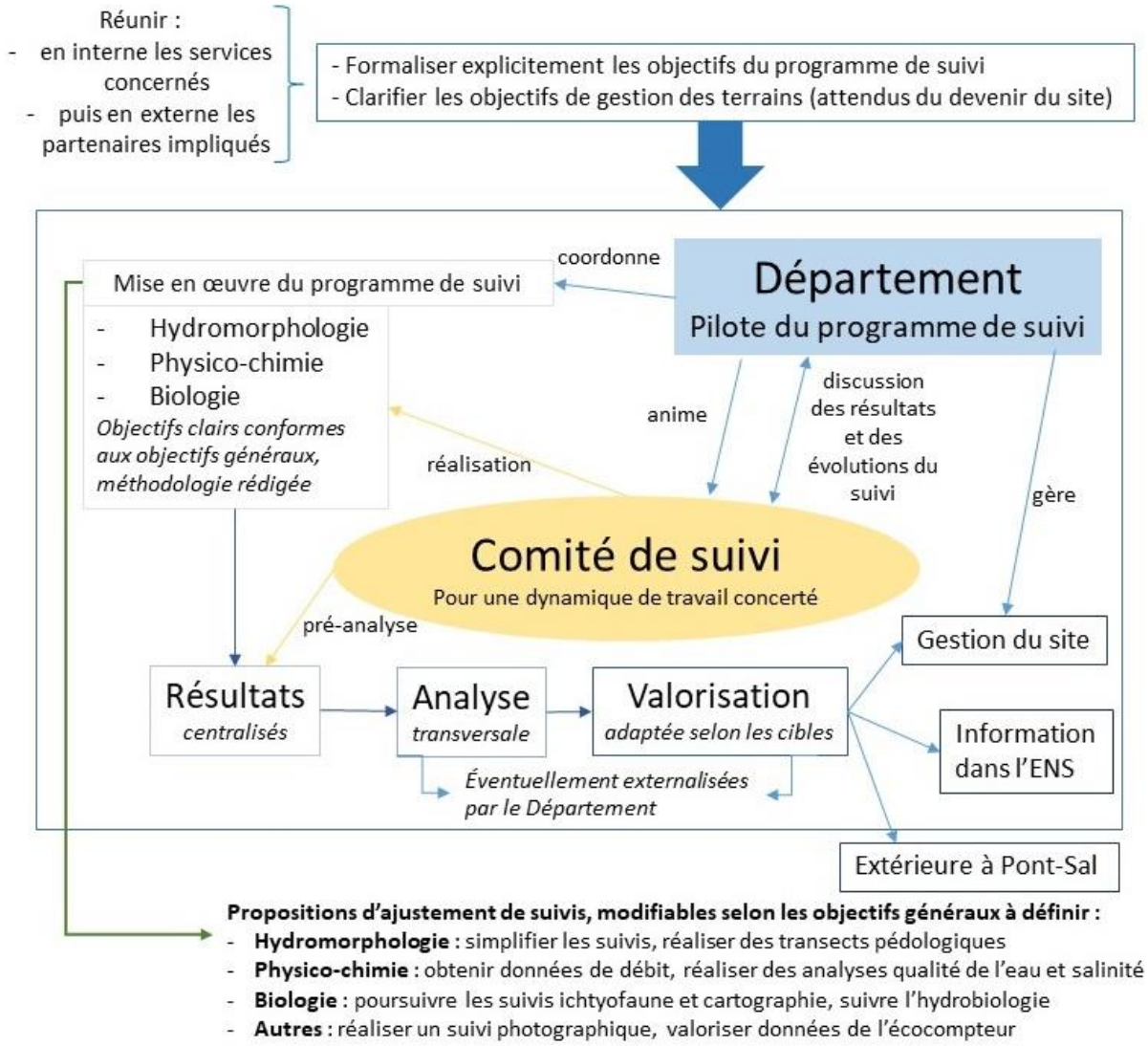


Figure 20 : Schéma de synthèse des préconisations

V. Discussion

Discussion sur le sujet de l'étude : suivi environnementaux et travaux de restauration

- Méthodologie d'évaluation des suivis

Des retours d'expérience clairs et étayés sont souhaités pour évaluer une action telle qu'une restauration écologique, et l'adapter le cas échant. Des méthodes parfois complexes et coûteuses en moyens (humains, matériels, financiers) sont mises en place pour mesurer chaque compartiment naturel qui pourrait apporter une information sur l'évolution d'un site. Pourtant les systèmes vivants complexes laissent parfois les opérateurs frustrés, face à des résultats équivoques ou insatisfaisants. Ils sont finalement le reflet de la complexité d'écosystèmes naturels intégrant de nombreux paramètres et perturbations. Comment évaluer alors la nécessité ou la suffisance des suivis mis en œuvre ? Ainsi, malgré l'investissement de moyens importants, l'obtention de résultats tranchés sur des milieux vivants reste difficile. La recherche d'observations objectives est néanmoins essentielle, permettant de laisser moins de place à l'expertise qui la complète.

- Les travaux de restauration constituent une perturbation instantanée pour les milieux

Cette étude, focalisée sur le suivi post-travaux, a permis de mettre en exergue la différence entre l'impact instantané des travaux de restaurations, et l'impact à long terme du passage d'une retenue vers un cours d'eau courante. La perturbation constituée par les travaux de démolition du barrage peut être importante pour les milieux situés à l'aval, ce qui justifie d'ailleurs la règlementation et les mesures de réduction qui en résultent : filtres à sédiments, suivis physico-chimiques, venue d'un botaniste pour délimiter les aires de passages des engins… L'effacement de barrage est ainsi une opération de restauration des milieux naturels, mais qui ne se fait pas sans impact instantané sur le milieu naturel. Cette perturbation instantanée est justifiée lorsque l'état attendu à long terme est préférable à l'état actuel diagnostiqué.

- Travaux peu interventionnistes et gestion des sédiments : conséquences sur l'évolution post effacement

Dans le cas de l'effacement du barrage de Pont-Sal, une des raisons principales qui a guidé vers un effacement étaient l'abandon d'usage et le coût nécessaire pour sa conservation et mise aux normes. Lors de la recherche des raisons ayant plaidé pour une non intervention sur les sédiments de la retenue, des arguments techniques ont été trouvés (coût trop important, chenal encore apparemment tracé, impossibilité d'intervenir sur des vases instables et peu portantes). Néanmoins, une non intervention dans la retenue permettait aussi d'être soumis au régime de déclaration et non au régime d'autorisation (plus contraignant). Cette décision de non intervention sur les sédiments aurait été collégialement approuvée entre autres car facilitant la procédure règlementaire.

Finalement, la situation observée sur Pont-Sal n'est pas une exception, comme il est relaté dans un document de l'Onema en 2010 : « Les retours d'expérience sur les opérations récentes de restauration de cours d'eau […] montrent que la sécurité publique est la principale raison au nom de laquelle est effectué un effacement d'obstacle. Les avantages environnementaux de ces interventions – rétablissement pérenne de la continuité - sont cependant très régulièrement pris en compte dans l'analyse des solutions envisageables et confortent ainsi la prise de décision motivée initialement par la sécurité publique. » (Weingertner & Roussel, 2010)

- Pistes pour d'autres expériences d'effacement de barrage

L'étude du suivi Carhyce semble montrer que c'est un suivi insuffisamment précis pour la recherche, mais trop peu opérationnel pour un technicien rivière. Se pose aussi la question du biais opérateur. Cela met

en lumière que les protocoles de suivis devraient être adaptables selon les objectifs choisis du suivi, selon la région (suivi différent pour un cours d'eau qui évolue rapidement ou non), et selon les moyens dont dispose la structure qui porte ce suivi. En effet, la préconisation ou la fixation des objectifs de suivi ne devrait pas se faire indépendamment de l'étude des moyens dont dispose une structure (qui est parfois même non déterminée), quitte à lui les fournir, au risque que les objectifs ne puissent pas être atteints. De plus, surtout lorsqu'il s'agit d'une science récente comme l'hydromorphologie et d'outils en phase d'expérimentation, ces méthodes de suivi devraient pouvoir être remises en question facilement (malgré leur déploiement national éventuel) et améliorées.

Le principe de réalité intervient aussi pour choisir les suivis et la gestion à mettre en place dans un tel projet. Les coûts devraient-ils être proportionnés aux actions et bénéfices attendus ? Si oui, comment évaluer ceux-ci ? Par exemple, à quel prix devrait-on mettre en place des travaux impactants pour remettre un cours d'eau dans son lit ? Quel en serait le(s) bénéfice(s) ?

Discussion sur la méthodologie mise en œuvre pendant le stage

Ce travail a permis de produire une longue liste de préconisations, qui peut apparaitre peu opérationnelle dans son ensemble, et laisse à la charge du porteur de projet de les prioriser selon ses objectifs (non encore déterminés en interne) et de faire le choix des mises en œuvre. Des propositions concrètes et générales d'ajustement ont cependant été faites, avec une mise en garde sur le pilotage nécessaire du programme de suivi, fondamental pour faire perdurer le travail initié. Pour être plus opérationnel, des scénarios clés en main de programme de suivi à mettre en place auraient pu être faits (programmer les suivis dans le temps et l'espace), mais risquaient d'être peu adaptés aux objectifs non connus du maître d'ouvrage. Comme ce genre de programmation existe par ailleurs dans les guides nationaux et locaux, j'ai fait le choix de produire une note opérationnelle pour donner les suites possibles à donner au présent travail et les tâches semblant essentielles pour les mois à venir (voir annexe B). La présentation synthétique de ce travail, qui a eu lieu en interne le 17 septembre auprès des deux services concernés du Département, a permis de soulever des questions et discussions opérationnelles auxquels des éléments sont apportés dans la note en annexe B.

Le rapport commandé par la structure visait l'exhaustivité, ce qui le rend parfois peu synthétique. Des synthèses de parties ont été prévues pour apporter un autre niveau de lecture. De plus, une note de synthèse du rapport en quelques pages a été rédigée (voir annexe A).

Conclusion

La présente étude visait à faire l'état des lieux des suivis préconisés et réalisés sur Pont-Sal, en faire l'analyse et un premier bilan, puis formuler des préconisations de différents ordres concernant le suivi environnemental ultérieur du site et le cas échéant sa valorisation.

Dès les études du projet d'effacement du barrage, un programme de suivi a été construit par le maître d'œuvre de l'effacement (SCE et AD-Ingé) et les partenaires. D'une part, les suivis de ce programme qui étaient portés par une structure indépendante du maître d'ouvrage ont été réalisés après effacement, ainsi que certains suivis portés par le maître d'ouvrage (botanique, suivi par drone) mais pas dans les conditions prévues initialement. Cette étude met en évidence une non-coordination du programme, engendrant une zone d'incertitude organisationnelle et une absence de commanditaire de suivis. Cela peut expliquer la fréquence de certains suivis (physico-chimie) et la non-reconduite d'autres (hydrobiologie) après effacement, qui ne permet pas de conclure sur leur évolution post-effacement. D'autre part, des suivis non intégrés au programme de suivi lors de sa conception ont été recensés (bénévoles et étudiants). Ces suivis ont apporté des observations complémentaires au programme de suivi, notamment pour les suivis non réalisés post-effacement.

Les suivis du programme de suivi ont des protocoles adaptés pour suivre les compartiments visés. Leur mise en œuvre (fréquence, localisation) ne permet néanmoins pas toujours de produire des résultats de qualité ou quantité suffisante pour observer une évolution suite à l'effacement : fréquence faible ou limite d'applicabilité en zone sous influence marine à l'aval immédiat de l'ancien barrage. Enfin, il est possible que des évolutions post-effacement ne soient pas encore mesurables, liées au temps d'adaptation des espèces. Dans la bibliographie, le suivi de la biologie et la physico-chimie est ainsi préconisé à partir de trois ans après l'effacement, soit 2020 pour Pont-Sal.

Suite à l'effacement du barrage, la retenue de dix hectares a laissé place à un cours d'eau davantage lotique, creusant son lit dans les sédiments accumulés pendant presque 50 ans sans retrouver partout le lit historique de 1952. Des marques d'érosion régressive sont observées sur argile (*knickpoint*) et peu de granulométrie de taille importante est relevée, mais des traces d'érosion latérale apparaissent. La continuité piscicole est mise en évidence pour les anguilles et les lamproies notamment. Le cours d'eau traverse les terrains exondés du fond de vallée, colonisés par la végétation dès la vidange de la retenue, où des successions secondaires sont observées : les herbacées annuelles ont laissé place aux pérennes et des ligneux s'implantent, augurant une future ripisylve naturelle. L'ancienne ripisylve du bord d'étang se dessèche par endroits, impactant les espèces qui en dépendaient. Ces prairies constituent un site de chasse et d'alimentation surtout, riches en biodiversité. Des questions demeurent trois ans après l'effacement : l'incision du cours d'eau, qui parait visible, serait à confirmer par des suivis hydromorphologiques ; le recul insuffisant et la variabilité interannuelle des résultats piscicoles ne permettant pas de conclure sur les espèces autres que anguilles et lamproies ; l'évolution de la qualité de l'eau et de l'hydrobiologie (invertébrés, macrophytes, diatomées) n'est pas suivie ; l'influence marine à l'aval n'est pas caractérisée ; enfin, la pédologie et le devenir des sédiments des terrains exondés serait à préciser. Il conviendrait donc de poursuivre certains suivis, l'âge du projet étant un facteur explicatif des effets d'une opération de restauration (Roland-Meynard & al., 2019).

D'un point de vue organisationnel, il semble nécessaire de clarifier les objectifs du programme de suivi ainsi que les devenirs attendus du site, en réunissant les différents acteurs impliqués et en mettant en place un comité de suivi. Le programme de suivi devrait être piloté et coordonné (mise en œuvre, données, valorisation, financements), ce qui permettrait d'adapter le suivi et la gestion du site et de mieux valoriser les résultats. Enfin, divers ajustements des suivis ont pu être faits dans le cadre de ce travail, qui seront dépendants des objectifs du programme de suivi à définir.

Références bibliographiques

Adam, P., Debiais, N., & Malavoi, J.-R. (2007). *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*.

AFB. (2010a). *Le projet de restauration et la démarche règlementaire—Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. https://professionnels.ofb.fr/node/217

AFB. (2010b). *Suivre et évaluer les effets écologiques de l'opération de restauration hydromorphologique—Le recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. https://professionnels.ofb.fr/node/217

AFB. (2018). *Note du Conseil Scientifique de l'AFB - Elements de réponse à certains arguments contradictoires sur le bien-fondé du maintien et de la restauration de la continuité écologique dans les cours d'eau*. http://www.trameverteetbleue.fr/vie-tvb/actualites/eclairage-conseil-scientifique-afb-sur-continuite-ecologique-cours-eau

AFB, Délégation Interrégionale Bretagne/Pays de la Loire. (2017). *Suivi du projet d'effacement du barrage de Pont Sal Dans le cadre du projet « Suivis sites locaux » AFB DIR Bretagne/Pays de la Loire – SD 56*.

Arasement du barrage de Maisons-Rouges. (s. d.). calameo.com. Consulté 8 septembre 2020, à l'adresse https://www.calameo.com/books/000612478778276caeb81

Basilico, L. (2019, décembre). *Effacement de barrages. Quand la Sélune reprend son cours. Synthèse du Colloque international du réseau European Rivers Network, Rennes, Avranches et vallée de la Sélune, 24 au 26 septembre 2019.* https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/00000000016fa38d46b312d311928d5b

Bazire, R. (2017). *Projet de réouverture à la mer des étangs du Loc'h à Guidel : Comment concevoir et mettre en oeuvre un observatoire des changements ?*

Blond, C., & Blanchard, J.-L. (2019). *Diagnostic faune-flore-habitats de l'ancien étang de Pont-Sal*.

Calligée. (2015). *Retenue d'eau de pont-sal—Etude bathymetrique—Plougoumelen (56)—Rapport n15-56100*.

CERESA. (2011). *Etude de la circulation des Anguilles, Barrage de Pont-Sal*.

Commune de Plougoumelen. (2018). *Atlas de la Biodiversité Communale—Document technique—Années 2016-2018*.

Conseil Départemental du Morbihan. (2016). *Acquisition en Espaces Naturels Sensibles*.

Derville, I., Bonenfant, M., Royet, P., Lepetit, D., & Jigorel, A. (2001). *Retour d'expérience du démantèlement du barrage de Kernansquillec*. *25*, 13-27.

Direction générale des finances publiques. (2018). *Acte de vente passé en la forme administrative—18ENSA003*.

Duprey, C. (2014). *Etude du devenir du Barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, 56) : Conservation ou Arasement ?* [Rapport de stage de fin d'études, 205 p.].

Fédération du Morbihan pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. (2020). *Suivi de la reproduction de la lamproie marine dans le Morbihan (BV Elle, Blavet et petits côtiers)*.

Fiche de suivi—Effacement du barrage de Maisons-Rouges sur la Vienne | Zones Humides. (s. d.). Consulté 8 septembre 2020, à l'adresse http://www.zones-humides.org/agir/retours-experiences/suivi/fiche-de-suivi-effacement-barrage-de-maisons-rouges-sur-la-vienn

Fiers, V. (2003). *Études scientifiques en espaces naturels : Cadre méthodologique pour le recueil et le traitement de données naturalistes*. Atelier technique des espaces naturels.

Génot, J.-C., & Terrasson, M.-C. (2010). *La nature malade de la gestion*. Sang de la terre.

Groupe Mammalogique Breton. (2011). *Compte rendu de sorties mammalogiques sur l'ENS de Pont-sal – Plougoumelen (56)*.

Hubert A. & Le Bihan M. (2018, octobre 12). *Présentation du guide—Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie hydromorphologie) Guide à l'usage des gestionnaires de milieux aquatiques*.

Hubert, A., Le Bihan, M., & Roynard, P. (2019). *Note technique—Recommandations suite à la visite terrain du 21 Janvier 2019 sur Pont-Sal*.

Impacts de l'arasement du barrage de Maisons-Rouges. (s. d.). calameo.com. Consulté 8 septembre 2020, à l'adresse https://www.calameo.com/read/0006124786b197cc0e1a1

Journal Le Télégramme. (2015, mars 30). *Effacement du barrage de Pont-Sal.*

Journal Ouest-France. (2015, avril 1). *Débat autour de l'avenir du barrage de Pont-Sal*.

Le Bihan, M., Hubert, A., Grimault, L., Pecheux, N., May, C., Seguy, P., & Mevel, A. (2018). *Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie) : Guide à l'usage des gestionnaires de milieux aquatiques—Rapport en version provisoire*. AFB, Direction Interrégionale Bretagne. https://www.arraa.org/sites/default/files/media/documents/documents_techniques/aide_a_lelaboration_dun_programme_de_suivi_vprovisoire_21082018.pdf

Lograrmi. (s. d.). *Glossaire*. Glossaire - Lograrmi. Consulté 11 septembre 2020, à l'adresse http://www.lograrmi.fr/glossaire/

Malavoi, J.-R., Bravard, J.-P., France, & Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. (2010). *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. ONEMA. http://www.onema.fr/IMG/pdf/2010_005.pdf

Malavoi, J.-R., & Salgues, D. (2011). *Arasement et dérasement de seuils. Aide à la définition de Cahiers des charges pour les études de faisabilité. Compartiments hydromorphologie et hydroécologie*. Cemagref - Onema. https://hal.inrae.fr/view/index/identifiant/hal-02596140

Malavoi, J.-R., & Souchon, Y. (2010). *Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal. Volets hydromorphologie hydroécologie.* Cemagref - Onema. https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/000000000164287e10321066c7e8373a

Maupaumé, M., d'Hautefeuille, J., Mangos, A., & Feyaubois, A. (2017). *Plan de gestion 2018-2022—Etude de l'impact de l'arasement du barrage de l'étang de Pont-Sal sur les habitats et différents taxons du site*. BTS Gestion et protection de la nature - Lycée Kerplouz La Salle.

Morandi, B., & Piégay, H. (2011). Les restaurations de rivières sur Internet : Premier bilan. *Natures Sciences Sociétés*, *19*(3), 224-235. Cairn.info.

Morandi, B., & Piégay, H. (2017). *Restauration de cours d'eau en France : Comment les définitions et les pratiques ont-elles évolué dans le temps et dans l'espace, quelles pistes d'action pour le futur ?*

Navarro, L., Peress, J., & Malavoi, J.-R. (2012). *Aide à la définition d'une étude de suivi - Recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau*. https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/aide-preco-suivis-restauration-v20121022.pdf

Office International de l'Eau. (s. d.). *Accueil | Glossaire*. Glossaire - Eau et Milieux aquatiques. Consulté 11 septembre 2020, à l'adresse http://www.glossaire-eau.fr/

Arrêté préfectoral portant prescriptions spécifiques à déclaration en application de l'article L.214-3 du code de l'environnement relative à des travaux d'effacement du barrage, de déconstruction de l'usine de production d'eau potable et de réaménagement du site de Pont-Sal, 11 (2017).

Qu'est ce qu'un corridor écologique ? | Trame verte et bleue. (s. d.). Consulté 9 septembre 2020, à l'adresse http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/foire-aux-questions/qu-est-ce-qu-corridor-ecologique

RAVOT, C., LASLIER, M., HUBERT-MOY, L., DUFOUR, S., LE COEUR, D., & BERNEZ, I. (2020). *Apports d'une observation précoce de la végétation spontanée pionnière pour la renaturation des rives de la rivière Sélune*. https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2020.HS.02

Roland-Meynard, M., & al. (2019). *Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau* (Agence française pour la biodiversité). https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/guide-lelaboration-suivis-doperations-restauration-hydromorphologique-en

SCE. (2016a). *Compte-rendu de réunion n°1 de la Maîtrise d'oeuvre des travaux l'effacement du barrage, de déconstruction de l'usine de production d'eau potable et de réaménagement du site de Pont-Sal à Plougoumelen*.

SCE. (2016b). *Phase 1 Etudes préliminaires / Esquisse—Effacement du barrage, déconstruction de l'usine de production d'eau potable et réaménagement du site de Pont Sal*.

SCE. (2017a). *Phase 2 Avant-Projet—Effacement du barrage, déconstruction de l'usine de production d'eau potable et réaménagement du site de Pont Sal*.

SCE. (2017b). *Dossier de demande de déclaration « loi sur l'eau », au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement—Effacement du barrage, déconstruction de l'usine de production d'eau potable et réaménagement du site de Pont Sal*.

SCE. (2017c). *Compte-rendu de réunion n°5 de la Maîtrise d'oeuvre des travaux l'effacement du barrage, de déconstruction de l'usine de production d'eau potable et de réaménagement du site de Pont-Sal à Plougoumelen*.

SCE. (2017d). *Compte-rendu de réunion de chantier n°5*.

SCE. (2017e). *Rapport du suivi écologique et hydrobiologique / Etat zéro*.

SCE. (2018). *Compte-rendu de réunion n°6 de la Maîtrise d'oeuvre des travaux l'effacement du barrage, de déconstruction de l'usine de production d'eau potable et de réaménagement du site de Pont-Sal à Plougoumelen*.

Délibération du Syndicat Intercommunal Assainissement et Eau Potable, Devenir du barrage de Pont-Sal, 2 (2015).

Syndicat Eau du Morbihan. (s. d.). *Effacement du barrage de Pont-Sal*. Consulté 8 septembre 2020, à l'adresse http://www.pont-sal.eaudumorbihan.bzh/le-projet

Syndicat Eau Du Morbihan. (2016a). *Programme du marché de maîtrise d'oeuvre pour l'effacement du barrage, la déconstruction de l'usine de production d'eau potable et le réaménagement du site de Pont-Sal à Plougoumelen*.

Syndicat Eau Du Morbihan. (2016b). *Réponses aux questions posées par les candidats dans le cadre de la consultation de maîtrise d'oeuvre pour l'effacement du barrage, la déconstruction de l'usine de production d'eau potable et le réaménagement du site de Pont-Sal à Plougoumelen*.

Tonitto, C., & Riha, S. J. (2016). Planning and implementing small dam removals : Lessons learned from dam removals across the eastern United States. *Sustainable Water Resources Management*, *2*(4), 489-507. https://doi.org/10.1007/s40899-016-0062-7

Weingertner, F., & Roussel, C. (2010). *Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau ?* Onema. https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-sensibilisation-aux-politiques-publiques/pourquoi-retablir-continuite-ecologique-cours-deau

Liste des figures

Figure 1 : Synthèse des composants d'un programme de suivi 11
Figure 2 : Bassin versant du Sal parmi les bassins versants côtiers du Morbihan (Réalisation : Céleste Lottigier) 13
Figure 3 : Photographie aérienne de la retenue avant effacement du barrage (2016) (source Géoportail) 14
Figure 4 : Géographie du site de Pont-Sal après l'effacement du barrage (Réalisation : Céleste Lottigier) 14
Figure 5 : Frise chronologique du projet d'effacement du barrage 15
Figure 6 : Programmation du SSM des suivis de l'hydromorphologie, biologie et physico-chimie, extrait de (Navarro et al., 2012)..... 18
Figure 7 : Localisation des secteurs et positionnement des stations pour un effacement de barrage. TNA = station Témoin non altérée. En vert le lit recréé. Cas idéal extrait de (Roland-Meynard & al., 2019) .. 19
Figure 8 : Types de suivis selon les périodes avant-pendant-après travaux (Réalisation : Céleste Lottigier) 21
Figure 9 : Répartition des prestataires et maîtres d'ouvrage pour le suivi de l'état 0 extrait du compte-rendu de réunion..... 23
Figure 10 : Localisation des suivis préconisés post-effacement (Carte extraite du DLE) 23
Figure 11 : Localisation des suivis réalisés après effacement du barrage (Réalisation Céleste Lottigier) 28
Figure 12 : Principaux critères utilisés pour évaluer les suivis 32
Figure 13 : Principaux critères utilisés pour l'évaluation de l'effacement du barrage..... 34
Figure 14 : Typologie des faciès recensés sur le linéaire restauré (linéaires étudiés en juillet 2018) (source : note technique OFB 2019)..... 36
Figure 15 : Localisation du lit mineur du Sal avant et après effacement, ainsi que la bathymétrie (Réalisation : Céleste Lottigier)..... 37
Figure 16 : Transect type du centre du fond de vallée en 2017..... 40
Figure 17 : Transect type du centre du fond de vallée en 2018..... 40
Figure 18 : Transect type du centre du fond de vallée en 2019..... 41
Figure 19 : Illustration de deux des évolutions possibles du fond de vallée..... 42
Figure 20 : Schéma de synthèse des préconisations..... 55
Figure 21 : Localisation du site de Pont-Sal par rapport à la rivière d'Auray 70
Figure 22 : Carte de localisation des principales zones de suivis 70
Figure 23 : Variabilité de l'indice abondance anguilles sur la station à l'aval du barrage. Source : fiche anguilles Fédération de Pêche 2020 92

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débits moyens interannuels (m^3/s) approximés sur le Sal à Pont-Sal (extrait de (CERESA, 2011)) 13
Tableau 2 : Intervenants pour la réalisation des suivis à Pont-Sal 26
Tableau 3 : Synthèse des suivis préconisés, prévus et réalisés sur Pont-Sal, selon la période (avant, pendant et après les travaux) 29
Tableau 4 : Grille d'évaluation des suivis au regard de trois critères (qualité des objectifs, des moyens et des résultats) 33
Tableau 5 : Nombre total de captures d'anguilles (Source : Fiches résultats des Indices Abondances Anguilles de la Fédération de pêche 2015-2020) 38
Tableau 6 : Synthèse des évolutions post-effacement 45
Tableau 7 : Matrice AFOM du suivi du site de Pont-Sal 54
Tableau 8 : Modalités de stockage des données issues des suivis réalisés avant et après effacement ... 80
Tableau 9 : Résultats des Carhyce (source : plateforme IED consultée en juillet et août 2020) 87
Tableau 10 : Résultats des campagnes d'analyses physico-chimiques réalisées par SCE (SCE, 2017e) 90
Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimiques obtenus par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017) 90
Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimiques obtenus par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017) 90
Tableau 13 : Résultats des analyses physico-chimiques obtenus par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017) 90
Tableau 14 : Résultats des prélèvements réalisés par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017) 90
Tableau 15 : Résultats des pêches électriques de l'OFB - 2017-2018 (source : fichiers Excel fournis par l'OFB) 93

Annexes

A. Annexe – Note de synthèse du rapport d'étude rendu au Département 64

B. Annexe – Note opérationnelle – Pistes de suites à donner 68

C. Annexe – Planning du stage.....69

D. Annexe – Cartes de localisation des zones des suivis et par rapport à la rivière d'Auray 70

E. Annexe – Elements ayant mené à l'effacement du barrage 71

F. Annexe – Descriptif des retours d'expériences recensés dans l'étude 73

G. Annexe – Types des suivis réalisés 75

H. Annexe – Tableau complet des suivis avant (fond vert), pendant (fond rose), après (fond bleu) effacement 77

I. Annexe – Bancarisation des données issues des suivis 80

J. Annexe – Objectifs des suivis de type 1 et 2 82

K. Annexe – Descriptif des méthodologies utilisées par suivi 82

L. Annexe – Photographies pendant et après les travaux d'effacement 84

M. Annexe – Résultats de la plateforme IED (et graphes de l'Indicateur Morphologique Global) .87

N. Annexe – Résultats physico-chimiques 89

O. Annexe – Résultats ichtyologiques 92

P. Annexe – Photographies de la végétation post-effacement des terrains exondés.....94

Q. Annexe – Observations de la biologie 95

R. Annexe – Photographie aérienne 1952 97

Suivis environnementaux post-effacement du barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, Morbihan)

Organisation et premier bilan

Note de synthèse* *- septembre 2020*

Source deux premières photos : A. Le Gal - 2017

* Référence du rapport d'étude complet : LOTTIGIER C., 2020. Suivis environnementaux post-effacement du barrage de Pont-Sal (Plougoumelen, Morbihan) - Organisation et premier bilan. Conseil départemental du Morbihan. 97p. > téléchargeable sur http://csem.morbihan.fr/etudes.php

Cette synthèse résume le travail réalisé par Céleste Lottigier dans le cadre de son stage de fin d'études d'ingénieure agronome à Montpellier SupAgro, effectué au sein du service de l'eau, de l'aménagement foncier et des espaces littoraux du Conseil départemental du Morbihan de mars à septembre 2020.

Ce travail a bénéficié de l'appui du Conseil scientifique de l'environnement du Morbihan (CSEM).

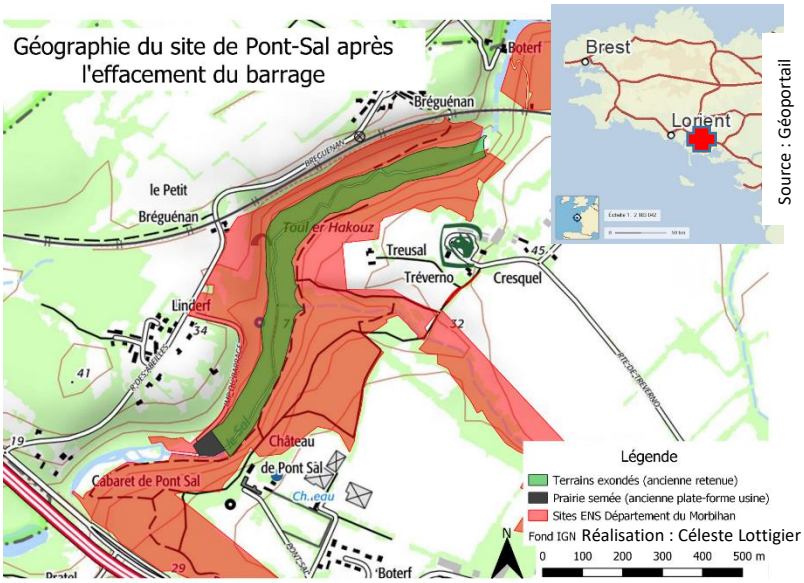
L'effacement du barrage de Pont-Sal a eu lieu en 2017. Lors de cet effacement, de nombreux suivis environnementaux étaient préconisés et des suivis ont été réalisés avant, pendant et après les travaux. Les suivis environnementaux relèvent de structures et disciplines variées et un changement de propriétaire du site est intervenu au début de la phase des suivis post-travaux. A ce jour, il n'existe pas de document de synthèse sur les suivis réalisés sur Pont-Sal, avant comme après effacement, ni de coordonnateur du programme de suivi.

Au regard de ces différents éléments, le Département du Morbihan, en tant que propriétaire du site depuis novembre 2018, a besoin de rassembler, faire l'état des lieux et l'analyse des suivis environnementaux pour la première fois depuis l'effacement. Ces suivis lui permettront de mieux suivre les évolutions des milieux, d'évaluer la réponse à l'impact de l'effacement du barrage et d'organiser la gestion du fond de vallée.

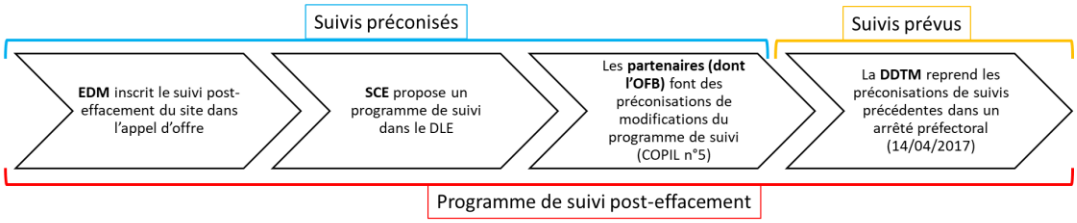
La présente étude vise à faire l'état des lieux des suivis préconisés et réalisés sur Pont-Sal, en faire l'analyse et un premier bilan, afin de formuler des préconisations (organisationnelles, méthodologiques et techniques) sur le suivi du site et le cas échéant sa valorisation. L'étude est centrée sur le suivi d'une opération d'effacement de barrage, comprenant des premiers éléments d'analyse des évolutions du milieu sans viser une évaluation complète de cette opération.

Contexte et méthode

Le Sal est un cours d'eau côtier de 25 km de long dans le Morbihan, qui se jette dans la rivière d'Auray. La qualité de l'eau du Sal et l'abandon de l'usage d'eau potable associé au barrage a été un facteur déclenchant de la réflexion des acteurs locaux sur le devenir du barrage en 2014, réflexion qui a abouti aux travaux d'effacement du barrage, en 2017 sous maîtrise d'ouvrage d'Eau du Morbihan (EDM). A la suppression du barrage, les terrains exondés et la prairie semée à l'emplacement de l'usine ont été intégrés à l'Espace Naturel Sensible de Pont-Sal.



Dès les études du projet d'effacement du barrage, un programme de suivi a été construit par le maitre d'œuvre de l'effacement (SCE) et les partenaires



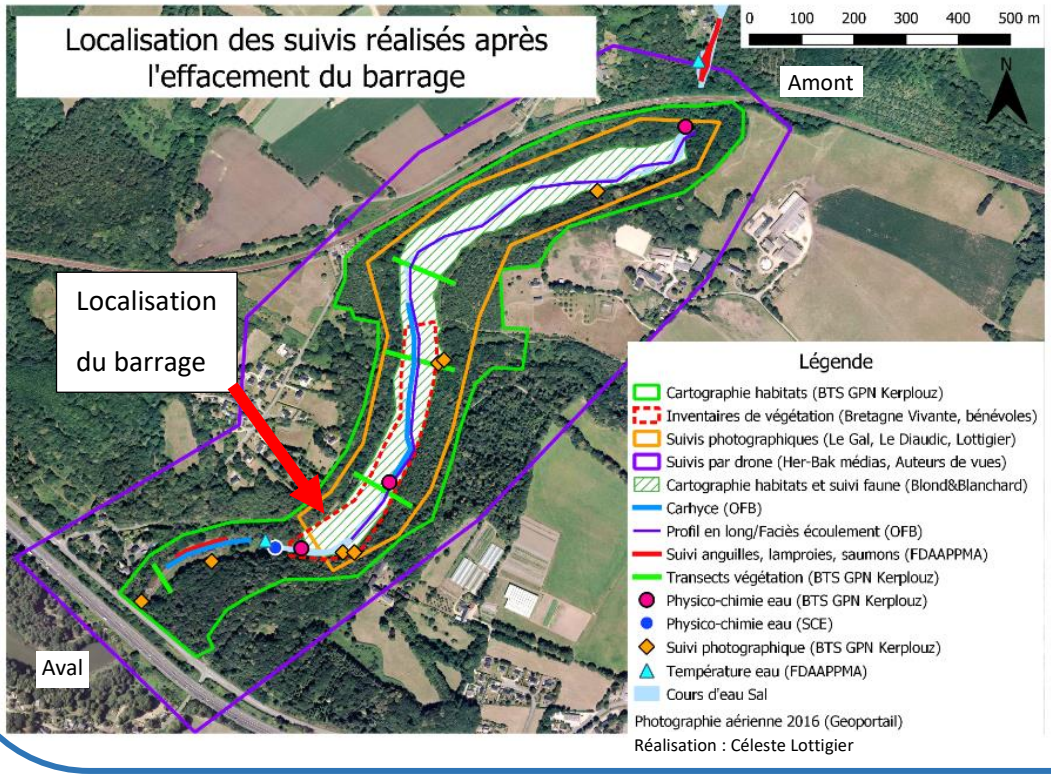
Chronologie de la construction du programme de suivi

Etat des lieux et analyse des suivis

Etat des lieux des suivis prévus, préconisés et réalisés :

D'une part, les suivis du programme de suivi qui étaient portés par des structures indépendantes (ex. Fédération de pêche 56, OFB) du maître d'ouvrage ont été réalisés après effacement, ainsi que certains suivis portés par le maître d'ouvrage (botanique, suivi par drone) mais pas dans les conditions prévues initialement. Cependant tous les suivis préconisés ou prévus n'ont pu être réalisés. Ceci s'explique, en partie, par une rupture de coordination lors du transfert de propriété engendrant une "zone d'incertitude organisationnelle" et une absence de commanditaire de suivis. Cela peut expliquer la fréquence de certains suivis (physico-chimie) et la non-reconduite d'autres (hydrobiologie) après effacement, qui ne permet pas de conclure sur leur évolution post-effacement. D'autre part, des suivis non intégrés au programme de suivi lors de sa conception ont été recensés (bénévoles et étudiants). Ces suivis ont apporté des observations complémentaires au programme de suivi, notamment pour les suivis non réalisés post-effacement.

Typologie	Suivis réalisés par	Suivis	Avant les travaux			Pendant les travaux			Après les travaux		
			Suivis préconisés	Suivis prévus*	Suivis réalisés	Suivis préconisés	Suivis prévus*	Suivis réalisés	Suivis préconisés	Suivis prévus*	Suivis réalisés
Autres	BTS Kerplouz, Département, EDM	Suivi photographique	X		X	X		X	X		X
Hydromorphologie	OFB	CarHyce (Caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau)	X	X	X				X	X	X
Hydromorphologie	Calligée, Géobretagne Sud	Bathymétrie			X						
Hydromorphologie	SAUR	Jaugeage simplifié à l'amont du pont SNCF (vidange)		X		X	X	X			
Physico-chimie	SCE, BTS Kerplouz	Paramètres physico-chimiques	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Physico-chimie	FDAAPPMA	Suivi température	X		X	X	X	X			X
Hydrobiologie	SCE	IBG-DCE (invertébrés aquatiques)	X	X	X				X	X	
Hydrobiologie	SCE	IBMR (macrophytes aquatiques)	X		X				X		
Hydrobiologie	SCE	IBD (diatomées)	X		X				X		
Hydrobiologie	SCE	Suivi cyanobactéries	X	X	X				X		
Ichtyofaune	FDAAPPMA	Indice abondance anguille	X		X				X	X	X
Ichtyofaune	FDAAPPMA	Lamproies marines (comptage de frayères)			X						X
Ichtyofaune	FDAAPPMA	Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)			X						X
Ichtyofaune	OFB	Indice Poissons Rivière (IPR)	X	X	X				X	X	X
Ichtyofaune	*Non réalisés tels quels*	Surfaces granulométriques favorables (SGF)							X	X	
Flore	SCE, BTS Kerplouz	Transects de végétation	X	X	X				X	X	X
Flore	Blond & Blanchard, BTS Kerplouz, Bretagne Vivante, Bénévoles	Cartographie d'habitats, inventaires botaniques			X				X	X	X
Faune	GMB, Bretagne Vivante, PNR, BTS Kerplouz, Blanchard	Mammifères			X				X	X	X
Faune	Blond & Blanchard, BTS Kerplouz, Schrader	Batraciens, reptiles, avifaune, invertébrés			X						X
*Selon les prescriptions de l'arrêté du 14 avril 2017		Suivis non préconisés ou prévus ou réalisés		Suivis préconisés ou prévus ou réalisés					Suivis réalisés en partie		



Localisation des suivis

Trois grandes zones de suivis sont distinguables :

- A l'amont de la retenue
- Dans l'ancienne retenue
- A l'aval de la retenue

L'influence marine, non caractérisée, remonte probablement au-delà de cet emplacement.

➔ Analyse de l'adéquation des suivis pour suivre l'effacement

Les suivis du programme ont des protocoles adaptés pour suivre et appréhender l'évolution des compartiments visés. Leur mise en œuvre (fréquence, localisation) ne permet néanmoins pas toujours de produire, à ce jour, des résultats de qualité ou quantité suffisante pour observer une évolution suite à l'effacement : fréquence faible ou limite d'applicabilité en zone sous influence marine à l'aval immédiat de l'ancien barrage. Enfin, il est possible que des évolutions post-effacement ne soient pas encore mesurables, liées au temps de réponse des espèces et du milieu. Dans la bibliographie, le suivi de la biologie et la physico-chimie est ainsi préconisé à partir de trois ans après l'effacement, soit 2020 pour Pont-Sal.

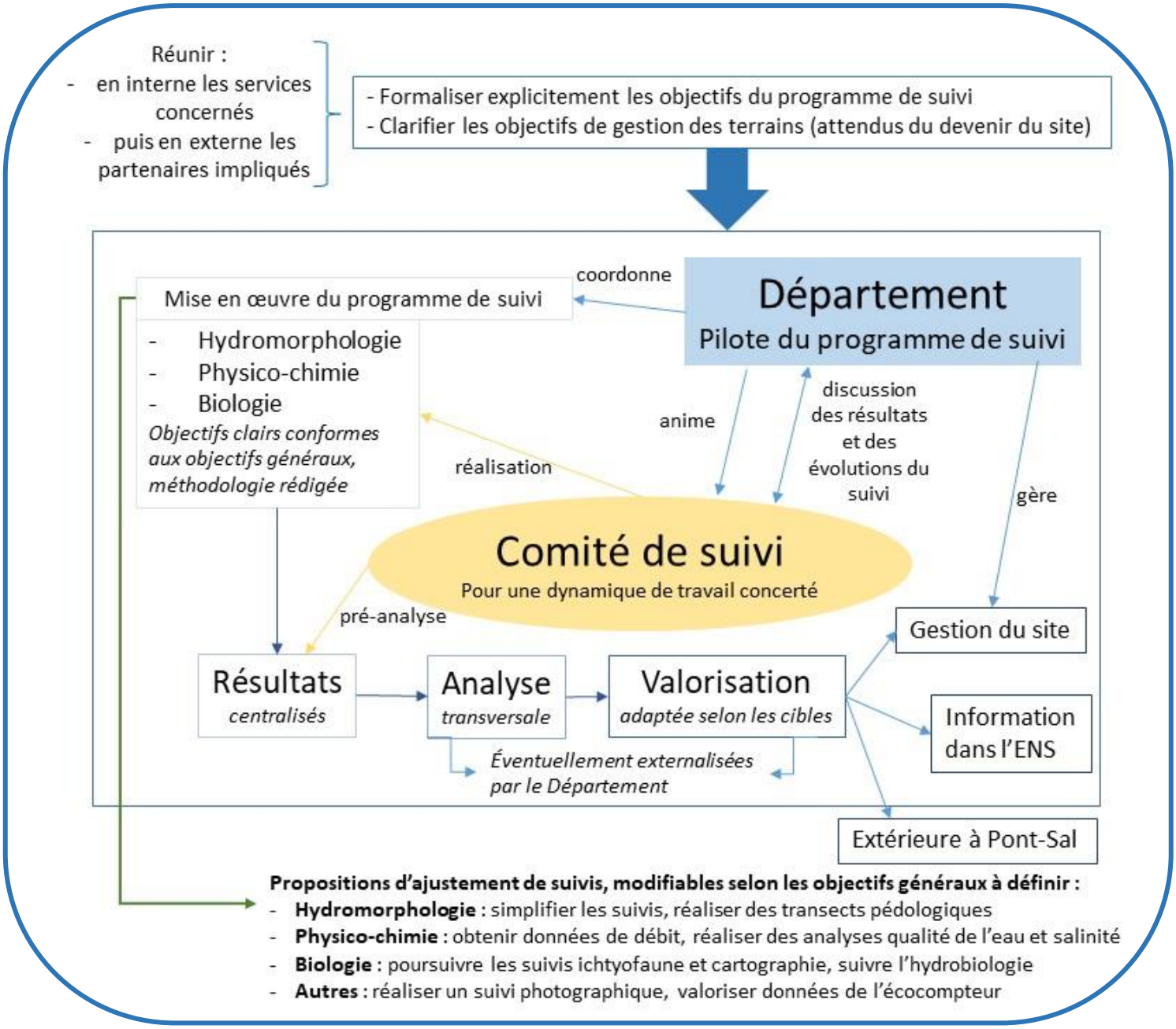
➔ Analyse des premiers résultats des suivis

Suite à l'effacement du barrage, la retenue de dix hectares a laissé place à un cours d'eau davantage lotique, creusant son lit dans les sédiments accumulés pendant presque 50 ans sans retrouver partout le lit historique de 1952. Des marques d'érosion régressive sont observées sur argile (*knickpoint*) et peu de granulométrie de taille importante est relevée, mais des traces d'érosion latérale apparaissent. La continuité piscicole est mise en évidence pour les anguilles et les lamproies notamment. Le cours d'eau traverse les terrains exondés du fond de vallée, colonisés par la végétation dès la vidange de la retenue, où des successions secondaires sont observées : plantes annuelles puis pérennes et implantation de ligneux, augurant une future ripisylve naturelle. Ces prairies constituent un site de chasse et d'alimentation surtout, riches en biodiversité. Des questions demeurant trois ans après l'effacement (voir tableau), il convient de poursuivre certains suivis, l'âge du projet étant un facteur explicatif des effets d'une opération de restauration.

Gains	Pertes et risques	Questionnements
• Espèces colonisant les terrains exondés (chasse et alimentation surtout) • Espèces dépendant de la bordure humide au cours d'eau • Espèces piscicoles remontant (anguilles, lamproies) • Espèces bénéficiant de la continuité (loutre) • Davantage de milieux aquatiques lotiques retrouvés	• En bas de l'ancienne retenue pour les espèces nécessitant eau douce • Espèces dépendant de l'ancienne ripisylve, desséchée par endroits • Espèces invasives profitant de la continuité (écrevisse américaine) • Incision du cours d'eau dans le lit (à confirmer) • Peu de granulométrie et faciès d'écoulement homogènes	• Limite de remontée d'eau saumâtre • Pédologie et évolution des sédiments du fond de retenue • Evolution qualité de l'eau • Réponse de l'hydrobiologie (invertébrés, macrophytes aquatiques, diatomées) • Suivis piscicoles (variabilité interannuelle – recul insuffisant) • Réponse des chiroptères

Préconisations, perspectives et conclusions

La réunion des différents acteurs impliqués et la mise en place un comité de suivi semble un préalable à la nécessaire clarification des objectifs du programme de suivi ainsi que du devenir attendu du site. Le programme de suivi devrait être piloté et coordonné (mise en œuvre, données, valorisation, financements), ce qui permettrait d'adapter le suivi et la gestion du site et de mieux valoriser les résultats. Enfin divers ajustements des suivis ont pu être proposés dans le cadre de ce travail, qui pourront être mis en œuvre en fonction des objectifs du programme de suivi.



Le présent travail a mis en évidence que le site de Pont-Sal, qui a notamment comme atout un programme de suivi déjà initié, pourrait servir de site pilote à des opérations d'effacement du barrage. Les partenaires sont nombreux et motivés, les futurs suivis pourraient vraisemblablement bénéficier d'une aide financière et le site est situé sur un axe fréquenté. Une coordination en interne et en externe permettrait de valoriser ces atouts et opportunités pour mieux suivre l'effacement du barrage et ajuster la gestion du site, encore en évolution.

B. Annexe – Note opérationnelle – Pistes de suites à donner

Note opérationnelle de fin de stage - Suites possibles à donner

I. Quelques références bibliographiques ont semblé pouvoir apporter des éléments de réponse à des questions qui se sont posées en interne lors des présentations du présent travail le 17 et 23 septembre :

- Concernant la durée de **stabilisation de l'incision du cours d'eau** post effacement

Voir page 36 du document Malavoi, J.-R., & Salgues, D. (2011). *Arasement et dérasement de seuils. Aide à la définition de Cahiers des charges pour les études de faisabilité. Compartiments hydromorphologie et hydroécologie.* Cemagref - Onema. **https://hal.inrae.fr/view/index/identifiant/hal-02596140.** Dans ce document sont également présents différentes évolutions post effacement, dont certaines observées sur Pont-Sal.

- Concernant des **indicateurs** pour une restauration et le **concept de restauration « réussie »**

Voir page 5 (opération réussie) notamment : Cristofoli S. & Mahy G. 2009. *Restauration écologique : contexte, contraintes et indicateurs de suivi*

- Concernant les **indicateurs hydromorphologiques en zone d'eau saumâtre**

Voir Le Hir P. 2013 (Ifremer/Onema). *Développement d'indicateurs hydromorphosédimentaires pour l'application de la DCE dans les eaux de transition estuariennes.*

- Concernant la question de la **référence à considérer dans une restauration**

Référence passée, naturelle, écologique, services anthropiques ? Voir page 11 de Morandi & Piégay 2017. *Restauration de cours d'eau en France : Comment les définitions et les pratiques ont-elles évolué dans le temps et dans l'espace, quelles pistes d'action pour le futur ?*

II. Suite aux présentations faites en interne et les échanges qui ont suivi, certains suivis pourraient être réalisés prioritairement dans un premier temps :

- Mettre en place des analyses de l'hydrobiologie

Il n'y a pas d'analyses hydrobiologiques réalisées après effacement, ainsi une campagne pourrait être commandée d'ici à l'année prochaine. Il faudrait veiller à ce que la mise en œuvre du protocole permette de comparer les données avec la campagne réalisée par SCE au printemps 2017 pour définir l'état 0 (voir le document d'analyse produit, référencé dans le rapport : SCE. (2017e). *Rapport du suivi écologique et hydrobiologique / Etat zéro*). Pour la localisation, il serait possible de reprendre exactement celle de SCE à l'aval du barrage.

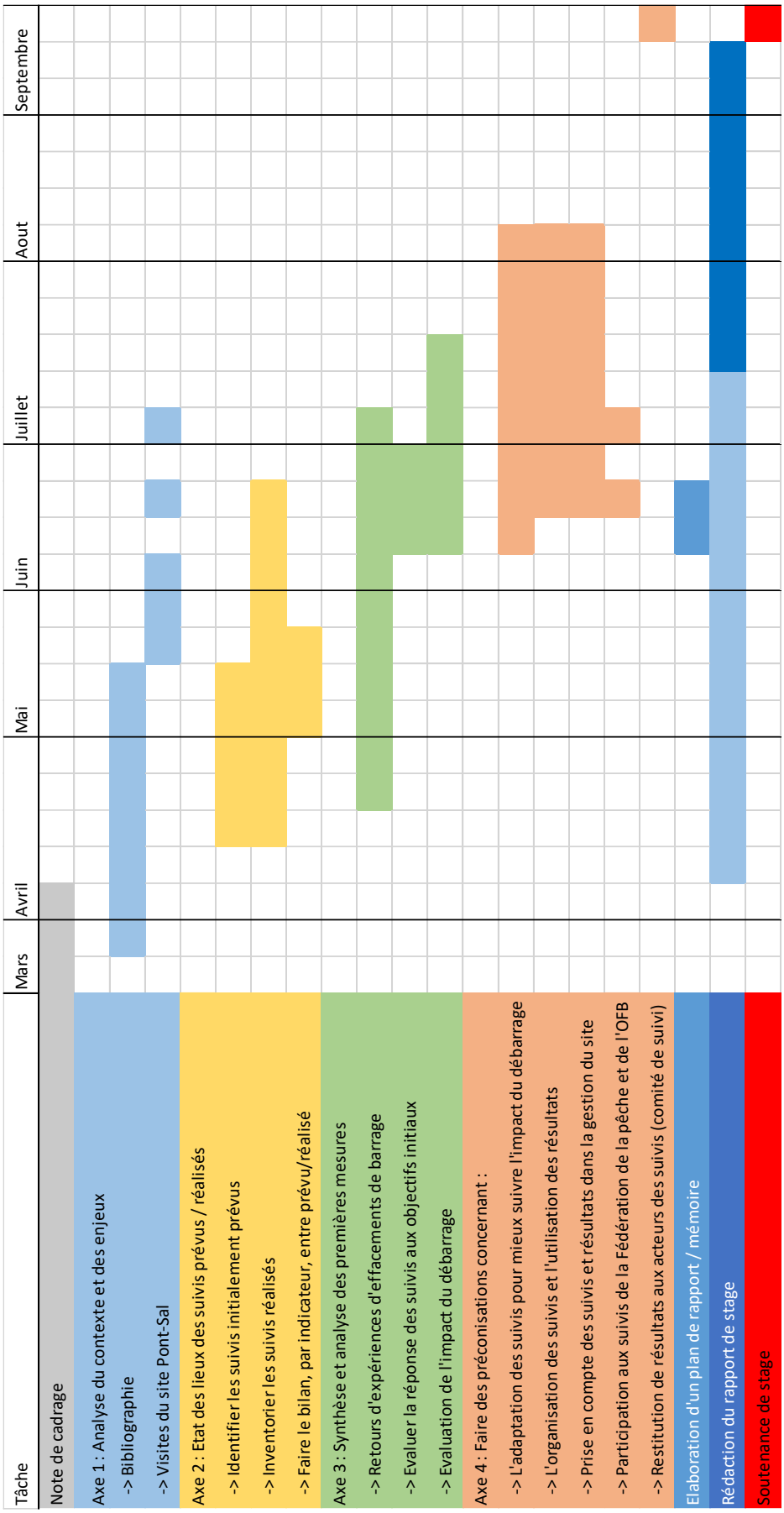
- Surveillance de l'incision du cours d'eau

A défaut de mettre en place des suivis coûteux dans l'immédiat, des visites de terrain régulières pourraient être faites sur site, surtout après les crues de l'automne 2020, pour vérifier l'évolution des knickpoint et de l'incision (éventuellement en plaçant des jalons provisoires de part et d'autre des berges).

- Transects pédologiques couplés à des transects topographiques

Afin de mieux connaitre le socle sur lequel pousse la végétation, des transects pédologiques pourraient être réalisés. En effet au cours des échanges, la précision de la nature des « argiles » du fond de retenue a semblé importante (limons fins, argiles, vase endurée ?). Lors de la réalisation de ces transects, des relevés topographiques pourraient être faits à l'aide d'un dGPS et plutôt à pieds (car présence de végétation de hauteur variable qui pourrait fausser les hauteurs mesurées par drone).

C. Annexe – Planning du stage



D. Annexe – Cartes de localisation des zones des suivis et par rapport à la rivière d'Auray

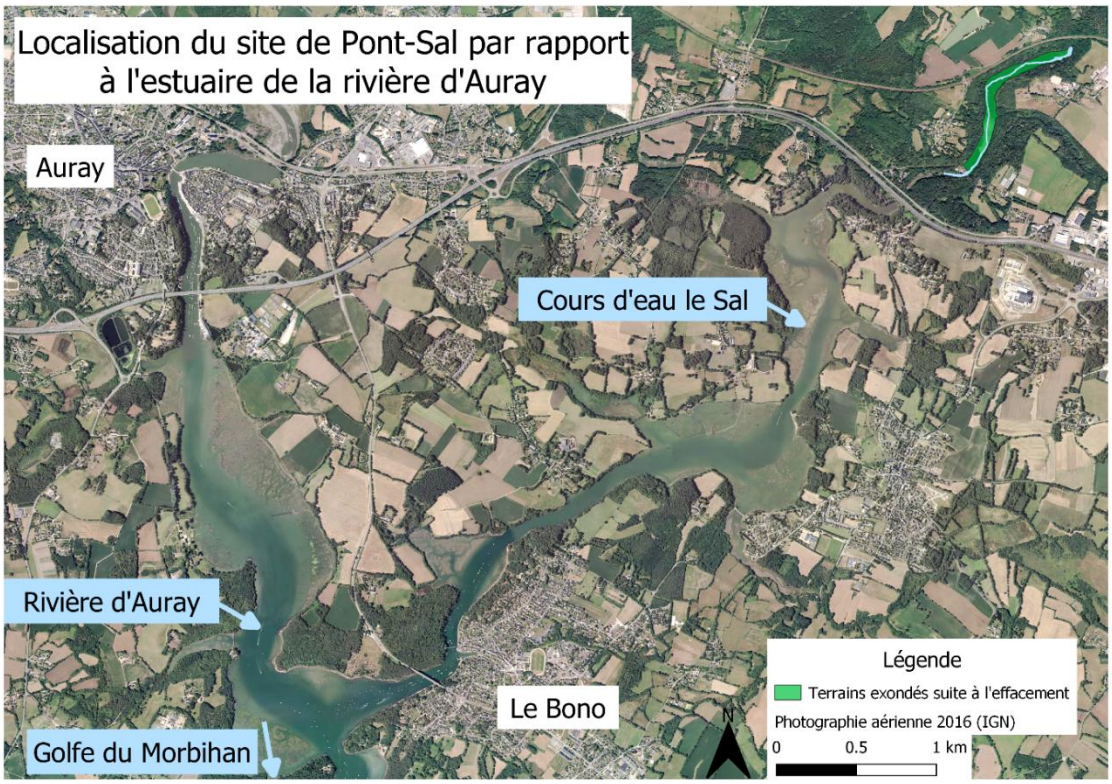


Figure 21 : Localisation du site de Pont-Sal par rapport à la rivière d'Auray

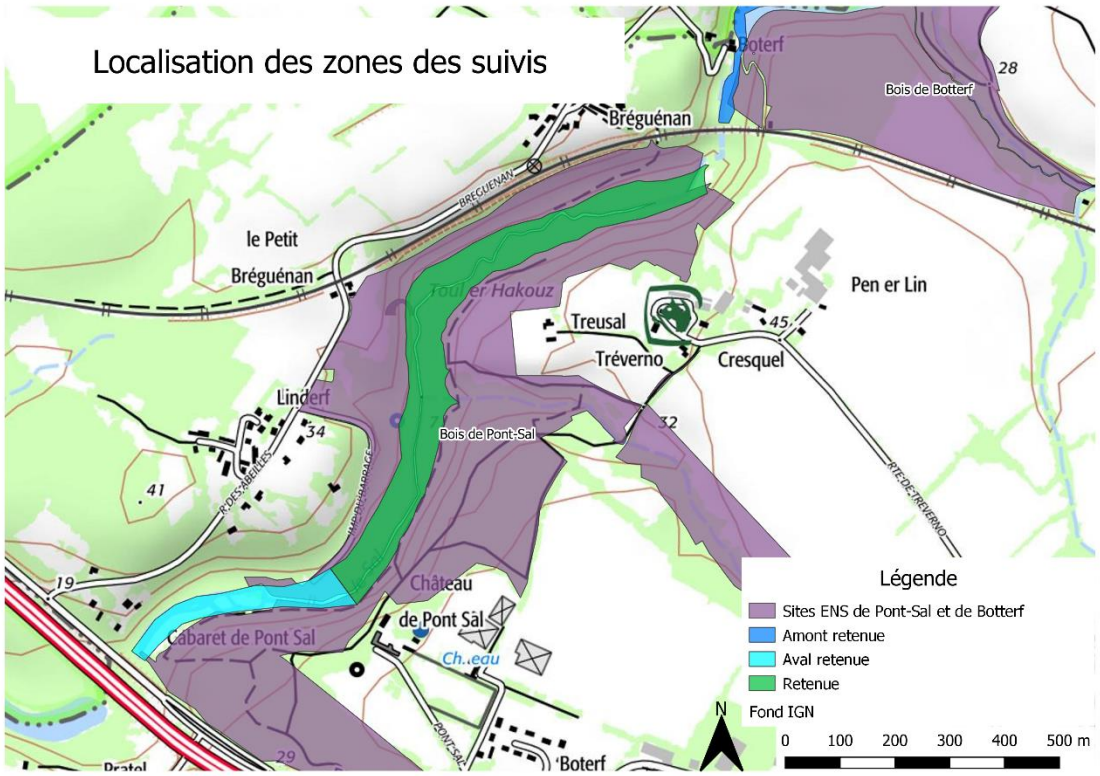


Figure 22 : Carte de localisation des principales zones de suivis

E. Annexe – Elements ayant mené à l'effacement du barrage

- Impacts environnementaux du barrage de Pont-Sal

Le barrage de Pont-Sal, compte tenu de ses dimensions (7m10 de hauteur), entravait fortement le transport des sédiments : le volume total de sédiments en 2015 était estimé à 79 400 m^3 avec une accumulation de 500 m^3/an (SCE, 2017b). La passe à anguilles présente sur le barrage le rendait partiellement franchissable pour cette espèce. Il restait infranchissable pour les autres espèces de poissons (notamment saumons, lamproies…). Mis à part la modification des flux (solides, liquides et biologiques), d'autres impacts liés à la présence d'un barrage sur un cours d'eau sont documentés, tels que l'effet retenue qui engendre notamment un réchauffement et l'eutrophisation de l'eau, et un effet point dur qui empêche l'ajustement naturel du profil du cours d'eau (Adam et al., 2007).

- Cadre juridique de l'effacement du barrage de Pont-Sal et compatibilité avec les documents de planification

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE) vise l'atteinte du bon état des cours d'eau, avec une proposition de report de délai à 2027 pour le Sal, compte tenu notamment de la perturbation sur la morphologie et l'hydrologie du cours d'eau à cause du barrage de Pont-Sal. Au regard de l'article L.214-17 du Code de l'environnement, le cours d'eau du Sal a été classé en 2012 sur les listes 1 et 2, et le barrage était ouvrage prioritaire Grenelle, notamment pour l'amélioration de la libre circulation des anguilles en Bretagne. Il fait donc partie des cours d'eau pour lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la migration des poissons migrateurs. Dans le cas où des ouvrages entravent ces obligations, le renouvellement de l'autorisation est accordé quand des aménagements sont prévus pour assurer le passage des sédiments et des poissons migrateurs. Dans le cas du barrage de Pont-Sal, les espèces cibles sont l'anguille, le saumon atlantique, la truite de mer, la lamproie marine et les espèces holobiotiques*. Enfin, le Sal avait été classé au titre du SDAGE* 2016 – 2021 comme réservoir biologique depuis sa source jusqu'au ruisseau de Pont-Normand (7,6 km à l'amont du barrage) ainsi qu'axe migrateur depuis l'estuaire jusqu'à la confluence avec le ruisseau de Pont-Normand (SCE, 2017b). D'après le SDAGE Loire Bretagne le projet répondait notamment aux orientations fondamentales « repenser les aménagements de cours d'eau », « préserver la biodiversité aquatique » et « préserver le littoral » (SCE, 2017b). Le SAGE* Golfe du Morbihan et Ria d'Etel étant en cours d'élaboration et non approuvé lors de la réalisation des études ante-effacement (SAGE approuvé par arrêté préfectoral du 24/04/2020), le projet d'effacement n'avait pas à être compatible au SAGE et ils ont tous deux été construits séparément.

- Perte d'usage lié à l'approvisionnement en eau potable et mise en sécurité du barrage

L'objectif initial de la retenue était l'alimentation en eau potable des communes du SIAEP de Vannes-Ouest. En 2003, l'arrêt de l'usine de traitement attenante au barrage de Pont-Sal était programmé, compte-tenu de la faible capacité de la retenue, de la médiocre qualité de l'eau en période estivale (en raison de l'eutrophisation en particulier), de la vétusté de l'usine (SCE, 2016b), et des difficultés à produire de l'eau potable en quantité et en qualité suffisante. L'usine a été arrêtée en 2012 suite à une pollution du Sal par un déversement des boues de lavage des filtres de l'usine. De plus, en 2014, une autre possibilité de sécurisation de l'alimentation en eau potable des communes concernées était opérationnelle (SCE, 2016b). La vocation initiale de la retenue était donc devenue caduque.

De plus, même si le barrage était en bon état apparent, des travaux de maintenance et des mises aux normes très conséquents auraient été nécessaires pour assurer sa sécurité, notamment concernant l'évacuateur des crues, largement sous-dimensionné (pour une crue décennale) (Duprey, 2014).

- Impacts économiques d'une conservation du barrage

Dans une étude réalisée en 2014 (Duprey, 2014), les coûts directs et conséquences d'une conservation du barrage ont été estimés. La construction de systèmes de franchissements efficaces pour les espèces et une réhabilitation et une mise aux normes des ouvrages étaient nécessaires au titre de la sécurité publique. La mise en sécurité était estimée à 450 000€, et la mise aux normes concernant la réglementation décrite ci-dessus était estimée à 850 000€ minimum (jusqu'à 1 800 000€) pour le curage selon le type choisi (transport sédimentaire) auxquels s'ajoutent 300 000€ pour une passe à poissons, soit un total d'environ 1,5 millions d'euros au grand minimum (sans comprendre les coûts d'entretien d'une passe à poissons et du barrage, d'environ 15000€/an), auquel il faut ajouter le coût de mise en œuvre et entretien d'un usage pour la retenue (eau potable, électricité, baignade…).

A l'opposé, le coût d'un effacement du barrage et la restauration du milieu étaient estimés à 345 000€ à 670 000 € dans l'étude citée précédemment, ce qui était économiquement avantageux par rapport au maintien et répondait mieux aux obligations de continuité écologique (Duprey, 2014). L'effacement du barrage aura effectivement coûté 575000€ HT (études et travaux) (Syndicat Eau du Morbihan, s. d.).

- Autres usages de la retenue et acceptation sociale du projet

Dès le début de la réflexion et du projet sur l'avenir du barrage en 2014, les différents usagers ont été consultés par Eau du Morbihan. Dans ce cadre, les maires ont pu poser leurs questions, exprimer leurs points de vue. Il s'est posé la question des autres usages possibles (irrigation, réserve d'eau douce en cas de crise, baignade, pêche) mais aussi la question de l'entretien et du coût du barrage (Journal Ouest-France, 2015) (Journal Le Télégramme, 2015).

La suppression du barrage a soulevé des questionnements de la part des usagers et parfois des réticences, sans qu'il y ait la constitution d'un collectif pour s'opposer au projet d'effacement de barrage (*Communication personnelle, Romain CHAUVIERE et Thierry COUESPEL*). Un questionnaire a été constitué en 2016 par SCE à destination des riverains et usagers du site et 42 réponses ont été reçues. 17 répondants disent pratiquer la pêche, et 34 répondants disent utiliser le lieu pour se détendre, en lien avec le site ENS et des chemins de randonnée existant de part et d'autre du plan d'eau. Ce sont les deux usages majoritaires. La retenue constituait une ressource en poissons blancs d'eau stagnante pour les pêcheurs. Une part non négligeable des usagers - dont certains pêcheurs - était favorable à l'effacement du barrage, notamment pour éviter l'eau stagnante et retrouver des eaux vives (SCE, 2017a).

F. Annexe – Descriptif des retours d'expériences recensés dans l'étude

- **Barrage de Kernansquillec** sur le Léguer, Côtes d'Armor (22)

L'effacement du barrage de Kernansquillec a été le premier effacement de barrage en France, en 1996. Des suivis ont été réalisés pendant les travaux, pour surveiller l'impact de la vidange et des sédiments sur la qualité de l'eau et les milieux aquatiques à l'aval. Il y avait un enjeu fort lié à la présence d'un captage d'eau potable et d'une pisciculture à l'aval du barrage. Néanmoins à l'époque, aucun suivi n'était obligatoire ni préconisé après effacement pour suivre ce genre d'opérations. Des suivis se sont mis en place peu à peu, comme les indices abondance saumon et la cartographie des habitats aquatiques notamment, et plus tard des études botaniques dans le cadre de l'inventaire Natura 2000. Chaque structure a ses données, qui datent parfois, sans qu'il y ait un regroupement ou un stockage spécifique des données concernant le site. La collectivité Lannion Trégor Communauté, gestionnaire du site, compile un grand nombre de données mais sans les regrouper spécifiquement. (Com. pers. Vincent Guizouarn, Lannion Trégor Communauté)

La retenue était remplie à 50% de vases et sur les 200 000 m^3, 100 000 m^3 ont été curés pendant la lente vidange du plan d'eau de 1996. Les vases accumulées dans le barrage ont subi des mouvements pendant plusieurs années après effacement du barrage. Une intervention avec un engin a été nécessaire suite au développement d'orties sur trois mètres de haut dans certains endroits de la retenue. Les mouvements du sol ont comblé les fentes de dessiccation. (Com. pers. Marc Bonenfant, DDTM 22)

- **Retenue de Pont-Callec** sur le Kerustan, Morbihan (56)

Parmi les effacements de barrages présentés dans cette partie, il s'agit probablement de l'effacement de barrage se rapprochant le plus de Pont-Sal concernant la surface de l'ancienne retenue (14ha), la hauteur du barrage et la localisation dans le Morbihan également. Les vannes de la digue ont cédé en 2011 et l'effacement a été accompagné jusqu'en 2013. Il y avait un enjeu patrimonial autour de cet étang et à la différence de Pont-Sal, le contexte local était difficile et sans consensus pour la vidange.

L'effacement de ce barrage sur le Scorff, cours d'eau côtier salmonicole du Morbihan, a permis la remontée de saumons au-delà du barrage. Le Scorff est un site atelier de l'Etat (parmi 4 cours d'eau en France). A l'amont et à l'aval du site, sont réalisés des suivis piscicoles et des suivis physico-chimiques par l'INRAE (température, turbidité, pH, conductivité, orthophosphates, nitrates, ion ammonium à fréquence environ mensuelle), et ponctuellement en 2017-2018 des suivis de l'hydrobiologie par Agrocampus Ouest : IBMR* et IBGN*. L'IBMR a été impacté par la pollution diffuse, alors que pour les IBGN il suffit de trouver un taxon pour que la note de l'indicateur s'améliore. Des suivis Carhyce (Caractérisation Hydromorphologique des Cours d'Eau) et IPR sont faits par l'OFB, ainsi que des suivis pêche par la fédération de la pêche (Com. pers. Nicolas Jeannot). Il n'y a pas eu de suivis botaniques commandités, à part pour vérifier que les deux espèces ayant envahi la zone juste après l'exondation des terrains étaient des pionnières qui allaient disparaitre. Des ornithologues et botanistes bénévoles viennent sur le site pour faire des observations, mais sans être intégrés dans un programme de suivi. Le contexte politique et sociologique complexe et le transfert de compétences (perte de beaucoup de compétences et moyens pour le syndicat de la vallée du Scorff) engendrait un ralentissement voire un arrêt des projets du syndicat : construire un plan de gestion (avec éventuellement du pâturage extensif), faire un état des lieux du site… Les divers partenaires des suivis étaient motivés et un bilan de plusieurs années de suivis devait être fait par le syndicat. Le site évoluerait d'une mégaphorbiaie vers une saulaie humide (Com. pers. Jean Manelphe). Actuellement les choses commencent à évoluer, des financements Natura2000 arrivent, le syndicat bénéficie de soutien d'autres organismes et un travail de pédagogie avec les partenaires s'engage (Com. pers. Thomas Guyot).

- **Barrages de Vezins et la Roche-qui-boit** sur la Sélune, Manche (50)

La recolonisation végétale suite à l'exondation des terrains du barrage de Vezins semble similaire à Pont-Sal (Blond & Blanchard, 2019). Des vidanges lentes et progressives de la retenue de Vezins ont eu lieu depuis 2014 (RAVOT et al., 2020). Ravot *et al.* soulignent également qu'un remaniement artificiel des berges à l'aide d'engins perturbe fortement la revégétalisation naturelle et les sols (mélange des horizons, compactage). Cette intervention tardive sur la Sélune (quelques années après exondation) entraine un retour à un état sensible à l'érosion et profite aux espèces liées aux perturbations, non désirées par les agriculteurs (potentiels usagers futurs des terrains). Concernant les autres suivis, comme l'effacement est encore récent (2019) peu de résultats sont disponibles.

« Sur une quinzaine d'années, plus de vingt laboratoires seront impliqués pour suivre et analyser l'évolution du système avant, pendant et après les travaux, sous tous les angles : dynamique fluviale et qualité de l'eau, fonctionnement et évolution des écosystèmes, trajectoires et dynamique du territoire. La diffusion des données et des connaissances issues de ce programme sera également un enjeu essentiel. Elle s'appuiera notamment sur un système d'informations dédié, qui centralisera l'ensemble des informations collectées sur la période 2015-2027 dans le cadre de l'Observatoire de la Sélune : cet outil, géré par le laboratoire Écologie et santé des écosystèmes (ESE) de l'Inra, proposera un accès aux données brutes pour les chercheurs ainsi que des données prétraitées à destination du grand public » (Stéphane Fraisse, Inra, cellule de coordination du programme scientifique, dans (Basilico, 2019)).

La vallée de la Sélune est gérée par une collectivité unique dans le fond de vallée. Le besoin prioritaire pour la Communauté d'agglomération Mont-Saint-Michel Normandie est le financement d'un chef de projet pour coordonner les différents usages possibles et les évolutions du fond de vallée.

- **Barrage de Maisons-Rouges** sur la vienne, Vienne (37)

Le barrage de Maisons-Rouges a été supprimé en 1998 dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature. Un radier a été maintenu pour éviter la reprise de l'érosion du lit de la rivière (Derville et al., 2001). Les dimensions du site diffèrent fortement avec Pont-Sal : le bassin versant de la Vienne est de 20105 km² et le barrage de Maisons-Rouges était situé à 250 km environ de la mer, à 50km environ de la confluence Vienne-Loire. La retenue créée dans les années 1920 à 250m de la confluence Vienne-Creuse ennoyait 8km sur la Creuse et 7km sur la Vienne.

Parmi les trois effacements de barrages français réalisés avant 2000, celui de Maisons-Rouges a bénéficié dès le départ d'un programme de suivi sur plusieurs compartiments. Pour suivre la dynamique sédimentaire, des suivis de la bathymétrie dans l'ancienne retenue, des suivis aériens et des analyses granulométriques ont été réalisés. La flore des berges mises à nu et des atterrissements exondés a été suivie à l'aide de relevés phytosociologiques sur 4 transects de berges, d'un suivi de la colonisation des atterrissements exondés et d'un suivi de la ripisylve. Les macrophytes* se développant dans l'ancienne retenue ont été suivis via une cartographie des principaux substrats et herbiers (*Arasement du barrage de Maisons-Rouges*, s. d.) (*Impacts de l'arasement du barrage de Maisons-Rouges*, s. d.). Des stations de suivi des macroinvertébrés ont aussi été mises en place, ainsi qu'un suivi de la grande mulette, une espèce de bivalve aquatique patrimoniale. Des études ont été menées régulièrement : en 1999, 2000, 2002, 2005, 2009, 2012-2013. Le maitre d'ouvrage de l'évaluation est l'Université de Tours (*Fiche de suivi - Effacement du barrage de Maisons-Rouges sur la Vienne | Zones Humides*, s. d.). Ce projet s'intègre dans le réseau d'observation des sédiments de la Loire. De plus des suivis des poissons ont été faits tous les ans depuis 2004 par l'association LOGRAMI par comptage des remontées de migrateurs sur les barrages à l'amont de Maisons-Rouges.

Suite à l'effacement, des radiers sont réapparus dans la retenue. La quantité de sédiments retenus était estimée à 900 000 m^3, dont une partie s'est propagée à l'aval après effacement, à une vitesse d'environ

2,8 km/an. Le passage de ce front de sédimentation a engendré un colmatage à l'aval et a impacté les habitats et les populations d'invertébrés. Néanmoins cette perturbation était transitoire et les taxons présents avant l'effacement du barrage sont retrouvés (*Fiche de suivi - Effacement du barrage de Maisons-Rouges sur la Vienne | Zones Humides*, s. d.).

- **Réouverture à la mer des Etangs du Loc'h** et observatoire du changement (Morbihan, 56) :

Jusqu'en 2017, les étangs du Loc'h étaient déconnectés de la mer et des habitats naturels de marais maritime doux à saumâtre s'étaient mis en place, d'intérêt communautaire. Dans le cadre de la continuité écologique (DCE), se pose la question du retour de l'influence maritime et des milieux typiques des marais salés estuariens. Dans le cadre de ce projet, un observatoire des changements se construit depuis 2017, dont les enjeux, objectifs et moyens, ainsi que la gouvernance sont traités dans le rapport de (Bazire, 2017). Les objectifs de l'observatoire sont : évaluer la ré-estuarisation du site du Loc'h, fournir une aide à la décision/gestion/connaissance et valoriser les informations pour le public.

- **Retours d'expériences d'effacements de barrage aux USA** :

Un article publié dans Springler examine les conclusions tirées de la littérature qui augmente concernant les petits effacements de barrage aux USA. Ils préconisent notamment un suivi avant et après effacement des propriétés bio-physico-chimiques. Les évolutions à court et long terme et la reprise des populations dépend des impacts qu'avait le barrage (fragmentation ou destruction des habitats). Les changements de qualité de l'eau dépendent du type de sédiment, de son transport et de l'occupation du sol du bassin versant. Un effacement de barrage devrait inclure une rigoureuse évaluation des changements physiques (hydromorphologie) provoqués, puisque les changements de flux hydrologiques, de transport des sédiments et du lit mineur façonnent et structurent les dynamiques écologiques et chimiques. Cela influence donc aussi la façon dont les acteurs de la zone s'impliqueront dans le bassin versant (Tonitto & Riha, 2016). Cet article décrit toutes les évolutions possibles observées sur les compartiments bio-physico-chimiques, et les évolutions observées à Pont-Sal s'y retrouvent.

G. Annexe – Types des suivis réalisés

Types des suivis réalisés

Suivi	Typologie	Acteur	Type du suivi
Suivi par drone	Autres	EDM	3 et 5
Suivi photographique	Autres	BTS GPN - Kerplouz	3 et 6
CarHyce (Caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau)	Hydromorphologie	OFB	3 et 5
Profils en long et faciès écoulement	Hydromorphologie	OFB	3 et 5
Bathymétrie	Hydromorphologie	Calligée	1
Bathymétrie	Hydromorphologie	Géobretagne sud	2
Jaugeage simplifié	Hydromorphologie	SAUR	4
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	SAUR	4

Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	SCE	4 et 5
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	DDASS puis ARS	1
Paramètres physico-chimiques (analyses rapides)	Physico-chimie	BTS GPN - Kerplouz	3 et 6
Suivi température de l'eau	Physico-chimie	FDAAPPMA	3 et 5
Suivi des filtres à sédiments (à l'amont immédiat)	Physico-chimie	EDM / SCE - AD Ingé	4
Indice abondance anguille	Ichtyologie	FDAAPPMA	1, 3 et 5
Lamproies marines (comptage de frayères)	Ichtyologie	FDAAPPMA	1, 3 et 5
Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)	Ichtyologie	FDAAPPMA	1, 3 et 5
Indice poissons rivière (IPR)	Ichtyologie	OFB	3 et 5
IBG-DCE (invertébrés aquatiques)	Hydrobiologie	SCE	5
IBMR (macrophytes aquatiques)	Hydrobiologie	SCE	5
IBD (diatomées)	Hydrobiologie	SCE	5
Suivi cyanobactéries	Hydrobiologie	SCE	4
Flore (observations ponctuelles)	Flore	Blond et Blanchard	1
Flore (expertise complémentaire)	Flore	SCE	2
Inventaire forestier	Flore	G Sourget et Schrader	1
Cartographie d'habitats	Flore	BTS GPN - Kerplouz	3 et 6
Transect de végétation (selon protocole dans DLE)	Flore	SCE	3 et 5
Transects de végétation	Flore	BTS GPN - Kerplouz	3 et 6
Cartographie d'habitats	Flore	Blond et Blanchard	5
Loutre	Faune	PNR GM	1
Chiroptères	Faune	GMB, Bretagne Vivante	1
Repasse avifaunistique	Faune	BTS GPN - Kerplouz	1
Batraciens, reptiles, avifaune	Faune	Blond et Blanchard	1 et 3
Inventaire amphibien	Faune	BTS GPN - Kerplouz ; Bureau d'études Althis (ABC Plougoumelen)	1 et 3
Avifaune, entomofaune	Faune	G Sourget et Schrader	1
Inventaire de flore	Flore	Christian Fontaine et Pierre Danet	6
Inventaire de flore	Flore	Bretagne Vivante - Gpe botanique de Vannes	6

H. Annexe – Tableau complet des suivis avant (fond vert), pendant (fond rose), après (fond bleu) effacement

Suivi	Typologie	Période	Acteur	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Réalisé	
				Aval du barrage			Dans la retenue			Amont du barrage			Autres stations		ENS Pont-Sal
Suivi par drone	Autres	Avant les travaux	EDM			2017			2017						
Suivi photographique	Autres	Avant les travaux	BTS GPN - Kerplouz	avant effacement (OFB)		février à mai 2017	avant effacement (OFB)		février à mai 2017	avant effacement (OFB)					
CarHyce (Caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau)	Hydromorphologie	Avant les travaux	OFB	avant vidange (OFB); avant vidange (SCE)	Station n°1 aval barrage	printemps 2017			printemps 2017			printemps 2017		printemps 2017	
Bathymétrie	Hydromorphologie	Avant les travaux	Calligée						2010, 2015						
Bathymétrie	Hydromorphologie	Avant les travaux	Géobretagne sud			aval du barrage jusqu'à RD765 en novembre 2016									
Jaugeage simplifié	Hydromorphologie	Avant les travaux	SAUR							amont du pont sncf (SCE)	au dessus du pont SNCF juste avant vidange	juste avant la vidange			
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	Avant les travaux	SCE	Durant les trois mois (avril, mai, juin 2017) précédant travaux (SCE)	Durant les trois mois (avril, mai, juin 2017) précédant travaux	20/04/17; 02/05/17; 09/05/17	Durant les trois mois (avril, mai, juin 2017) précédant travaux (SCE)								
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	Avant les travaux	DDASS puis ARS			au niveau de l'usine entre 1996-2013									
Paramètres physico-chimiques (analyses rapides)	Physico-chimie	Avant les travaux	BTS GPN - Kerplouz			09/05/2017			09/05/2017			09/05/2017			
Suivi température de l'eau	Physico-chimie	Avant les travaux	FDAAPPMA									A partir de mai 2017			
Indice abondance anguille	Ichtyologie	Avant les travaux	FDAAPPMA			juin 2012 à 2017						01/06/2017			
Lamproies marines (comptage de frayères)	Ichtyologie	Avant les travaux	FDAAPPMA			juin tous les ans									
Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)	Ichtyologie	Avant les travaux	FDAAPPMA			2014 à 2017 tous les ans									
Indice poissons rivière (IPR)	Ichtyologie	Avant les travaux	OFB	avant vidange (OFB)		19/04/2017	avant vidange (OFB); amont de la retenue avant vidange (SCE) (pas clair si dans la retenue ou non)		20/04/2017	avant vidange (OFB); "amont de la retenue avant vidange" (SCE) (pas clair si dans la retenue ou non)	Amont de la retenue avant vidange	21/04/2017	avant vidange station témoin non altérée (OFB)	08/07/1905	
IBG-DCE (invertébrés aquatiques)	Hydrobiologie	Avant les travaux	SCE	avant vidange (OFB)		02/05/2017	en partie médiane de la retenue (OFB); "amont de la retenue avant vidange" (SCE) (pas clair si dans la retenue ou non)		2 mai 2017 (IBGA)	avant vidange (OFB); "amont de la retenue avant vidange" (SCE) (pas clair si dans la retenue ou non)	Amont de la retenue avant vidange	02/05/2017	avant vidange station témoin non altérée (OFB)	02/05/2017 (cours d'eau Pont Roch à Nostang)	
IBMR (macrophytes aquatiques)	Hydrobiologie	Avant les travaux	SCE	avant vidange (OFB)		09/05/2017									
IBD (diatomées)	Hydrobiologie	Avant les travaux	SCE	avant vidange (OFB)		03/05/2017									
Suivi cyanobactéries	Hydrobiologie	Avant les travaux	SCE	pendant 3 mois avant vidange (SCE)	Durant les trois mois (avril, mai, juin 2017) précédant travaux	20/04/17; 02/05/17; 09/05/17	pendant 3 mois avant vidange (SCE)								
Flore (observations ponctuelles)	Flore	Avant les travaux	Blond et Blanchard			février à octobre 2014			février à octobre 2014 (berges étang)						février à octobre 2014 (berges étang)
Flore (expertise complémentaire)	Flore	Avant les travaux	SCE			aout 2016									en août 2016
Inventaire forestier	Flore	Avant les travaux	Département Morbihan												Biodiversité forestière (Schrader 2012)
Cartographie d'habitats	Flore	Avant les travaux	BTS GPN - Kerplouz			01/02/2017									01/02/2017
Transect de végétation (selon protocole dans DLE)	Flore	Avant les travaux	SCE	transect végétation prés salés avant vidange juin (SCE)	transect végétation prés salés avant vidange	10/05/2017									
Transects de végétation	Flore	Avant les travaux	BTS GPN - Kerplouz			fin avril/début mai 2017			fin avril/début mai 2017 (3 transects dans l'ancienne retenue)						fin avril/début mai 2017 (3 transects dans l'ancienne retenue et l'ENS autour)
Loutre	Faune	Avant les travaux	PNR GM			PNR campagnes loutre tous les deux ans			PNR campagnes loutre tous les deux ans			PNR campagnes loutre tous les deux ans			
Chiroptères	Faune	Avant les travaux	GMB, Bretagne Vivante			2011 inventaire mammifères et 2012 arbres biologiques									2011 inventaire mammifères et 2012 arbres biologiques; suivis bénévoles Bretagne Vivante
Repasse avifaunistique	Faune	Avant les travaux	BTS GPN - Kerplouz			janvier, février, mars 2017									janvier, février, mars 2017
Batraciens, reptiles, avifaune	Faune	Avant les travaux	Blond et Blanchard			février à octobre 2014			février à octobre 2014 (berges étang et ENS)						février à octobre 2014
Inventaire amphibien	Faune	Avant les travaux	BTS GPN - Kerplouz ; Bureau d'études Althis (ABC Plougoumelen)			01/03/2017			01/03/2017 (berges et ENS)						01/03/2017 (berges et ENS)
Avifaune, entomofaune	Faune	Avant les travaux	G Sourget et Schrader			sortie le 12/07/2011									sortie le 12/07/2011

Tableau des suivis pendant l'effacement

Suivi	Typologie	Période	Acteur	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Prévu*	Réalisé
				Aval du barrage			Dans la retenue			Amont du barrage		
Suivi photographique	Autres	Pendant les travaux	EDM (Arnaud Le Gal) et prestataire			pendant la vidange/travaux (time lapse des travaux, photos, survol drone)			pendant la vidange/travaux (photos, survol drone)			
Jaugeage simplifié	Hydromorphologie	Pendant les travaux	SAUR							amont du pont sncf (SCE)	amont du pont sncf	suivi continu pendant vidange
Suivi des filtres à sédiments (à l'amont immédiat)	Physico-chimie	Pendant les travaux	EDM / SCE - AD Ingé	suivi continu pendant vidange et démolition (SCE)	suivi journalier pendant la vidange	suivi continu pendant vidange et démolition						
Suivi MES, ammonium, turbidité, oxygène, température	Physico-chimie	Pendant les travaux	SAUR	suivi continu pendant vidange et démolition (SCE)	suivi oxygène et turbidité en continu	suivi continu pendant vidange et démolition						
Cyanobactéries	Hydrobiologie	Pendant les travaux	SAUR	suivi pendant la vidange (SCE)								

Suivi	Typologie	Période	Acteur	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Prévu*	Réalisé	Préconisé	Réalisé	
				Aval du barrage			Dans la retenue			Amont du barrage			Autres stations		ENS Pont-Sal
Suivi par drone	Autres	Post-effacement	Her-Bak Medias/EDM ; Auteurs de vues/Département			juin 2018; mai 2020			juin 2018; mai 2020						
Suivi photographique	Autres	Post-effacement	BTS GPN - Kerplouz	après effacement (OFB)		septembre à novembre 2017	après effacement (OFB)		septembre à novembre 2017	après effacement (OFB)					
Suivi photographique	Autres	Post-effacement	EDM (Arnaud Le Gal) et prestataire			ponctuellement, en 2017-2018			ponctuellement, en 2017-2018						
CarHyce (Caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau)	Hydromorphologie	Post-effacement	OFB	fréquence annuelle pendant 3 ans (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)	fréquence annuelle pendant 3 ans	suivi en 2018, 2020	fréquence annuelle pendant 3 ans, position à définir (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)	fréquence annuelle pendant 3 ans	suivi en 2018, 2020			suivi en 2018, 2020		suivi en 2018, 2020	
Profils en long et faciès écoulement	Hydromorphologie	Post-effacement	OFB	tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)			tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)		suivi en 2018, 2019, 2020						
Paramètres physico-chimiques	Physico-chimie	Post-effacement	SCE	tous les mois pendant 1 an (SCE)	tous les mois pendant 1 an	suivi en janvier 2018									
Paramètres physico-chimiques (analyses rapides)	Physico-chimie	Post-effacement	BTS GPN - Kerplouz			14/09/2017			14/09/2017			14/09/2017			
Température de l'eau	Physico-chimie	Post-effacement	FDAAPPMA	pendant 3 ans (OFB)		suivi mais sonde perdue pendant les travaux				pendant 3 ans (OFB)		suivi permanent mais sonde perdue en 2020			
IBG-DCE (invertébrés aquatiques)	Hydrobiologie	Post-effacement		tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)			1 suivi/an, pendant 3 ans (partie aval de la retenue) (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)	1 suivi/an, pendant 3 ans		1 suivi/an pendant 3 ans (entre le pont SNCF et Boterf) (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)	1 suivi/an, pendant 3 ans (queue de retenue)		tous les deux ans 2018 à 2024 station témoin non altérée (OFB)		
IBMR (macrophytes aquatiques)	Hydrobiologie	Post-effacement		tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)											
IBD (diatomées)	Hydrobiologie	Post-effacement		tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)											
Cyanobactéries	Hydrobiologie	Post-effacement		un prélèvement après les travaux											
Indice abondance anguille	Ichtyologie	Post-effacement	FDAAPPMA	3 passages d'indice (1/an pendant trois ans?) (SCE)	3 passages d'indice (1/an pendant trois ans?)	Suivis en juin tous les ans						Suivis en juin tous les ans			
Lamproies marines (comptage de frayères)	Ichtyologie	Post-effacement	FDAAPPMA			Suivis en juin tous les ans						Suivis en juin tous les ans			
Indice poissons rivière (IPR)	Ichtyologie	Post-effacement	OFB	tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)		suivi en 2018, 2020	1 suivi/an, pendant 3 ans (partie aval de la retenue) (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)	1 suivi/an, pendant 3 ans	suivi en 2018, 2020	1 suivi/an pendant 3 ans (entre le pont SNCF et Boterf) (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 (OFB)	1 suivi/an, pendant 3 ans (queue de retenue)	suivi en 2018, 2020	(station RCO) (SCE); tous les deux ans 2018 à 2024 station témoin non altérée (OFB)	suivi en 2018, 2020	
Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)	Ichtyologie	Post-effacement	FDAAPPMA			Suivis en juin tous les ans						Suivis en juin tous les ans			
Surfaces granulométriques favorables (SGF)	Ichtyologie	Post-effacement		1 passage/an sur l'ensemble du linéaire (SCE)	1 passage/an sur l'ensemble du linéaire		1 passage/an sur l'ensemble du linéaire (SCE)	1 passage/an sur l'ensemble du linéaire							
Transect de végétation (selon protocole dans DLE)	Flore	Post-effacement		1 transect prés salés 2 fois/an première année puis 1fois/an jusqu'à 3 ans après effacement (SCE)			4 transects 2 fois/an première année puis 1fois/an jusqu'à 3 ans après effacement (SCE)								
Transects de végétation	Flore	Post-effacement	BTS GPN - Kerplouz			mi-octobre 2017	mi-octobre 2017 (3 transects dans l'emprise prévus par BTS)		non réalisés car terrains non stabilisés						mi-octobre 2017
Cartographie d'habitats	Flore	Post-effacement	BTS GPN - Kerplouz			01/10/2017	2 secteurs/an pendant 3 ans dans ancienne retenue (SCE)		01/10/2017						01/10/2017
Cartographie d'habitats	Flore	Post-effacement	Blond et Blanchard					lit majeur : 2 passages/an première année, puis 1/an les autres années; 3 années en tout	2019 cartographie habitats						
Inventaire floristique	Flore	Post-effacement	Christian Fontaine et Pierre Danet						30/10/2017; 21/07/2018						
Inventaire floristique	Flore	Post-effacement	Bretagne Vivante - Gpe botanique de Vannes						29/10/2017, 24/06/2018, 27/10/2019						
Loutre	Faune	Post-effacement	PNR	4 passages/an (SCE)	4 passages/an expertise loutre, pendant 3 ans	PNR Campagne loutre tous les deux ans	4 passages/an (SCE)	4 passages/an expertise loutre, pendant 3 ans; 3 passages/an chiroptères	PNR Campagne loutre tous les deux ans			PNR Campagne loutre tous les deux ans			
Chiroptères	Faune	Post-effacement		2 nuits printemps et une nuit fin août/sept pendant 3 ans (SCE)	3 passages/an chiroptères		2 nuits printemps et une nuit fin août/sept pendant 3 ans (SCE)								
Vertebrés et invertébrés	Faune	Post-effacement	Blond et Blanchard			en 2019			en 2019						

I. Annexe – Bancarisation des données issues des suivis

Tableau 8 : Modalités de stockage des données issues des suivis réalisés avant et après effacement

Suivi	Réalisateur du suivi / maitre d'ouvrage	Organisme ou lieu de bancarisation des données	Récupéré au Département
Suivi par drone	Her-Bak Medias/EDM ; Auteurs de vues/Département	Arnaud Le Gal (EDM) ; Olivier Royant (Département)	En partie les données de EDM
Suivi photographique	EDM (Arnaud Le Gal) et prestataire	Voir Arnaud Le Gal	Partiellement
CarHyce, Profils en long et faciès écoulement, Indice poissons rivière (IPR)	OFB	OFB et plateforme IED (Carhyce), OFB (Alexandra Hubert et Mikael Le Bihan), OFB (logiciel ASPE pour IPR), Fichiers Excel	Partiellement
Bathymétrie	Calligée	Voir SCE (envoi fichiers Autocad)	Partiellement
Bathymétrie	Géobretagne sud	Voir SCE	Non
Jaugeage simplifié, Suivi des filtres à sédiments (à l'amont immédiat), Suivi MES, ammonium, turbidité, oxygène, température	SAUR	Suivis notés sur un fichier en ligne rempli par la SAUR; Voir rapport Synthèse du chantier, SCE février 2018; Comptes-rendus de chantier; SCE	Partiellement
Paramètres physico-chimiques	SCE	voir rapport Suivi écologique et hydrobiologique/Etat 0, SCE 01/08/2018	Partiellement
Paramètres physico-chimiques	DDASS puis ARS	Voir EDM / ARS	Non
Paramètres physico-chimiques	SCE	18E006651 - Rapport d'analyses Eurofins (envoyé par Arnaud Le Gal)	Partiellement
Suivi température de l'eau	FDAAPPMA	Fichier Excel (AL Caudal) Température amont Pont Sal 18/05/17 au 23/10/18	Partiellement
Indice abondance anguille	FDAAPPMA	Fiche résultats par station et par année (Voir Anne-Laure Caudal)	Oui
Lamproies marines (comptage de frayères)	FDAAPPMA	Fichiers excel, voir Anne-Laure Caudal ; (Fédération du Morbihan pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 2020)	Partiellement
Saumons (pêches de 3-5 minutes et présence/absence)	FDAAPPMA	Pas de fiche (saumon non observé)	Oui
Suivi photographique, Paramètres physico-chimiques (analyses rapides), Cartographie d'habitats, Transects de	BTS GPN - Kerplouz	Rapport Plan de Gestion Pont Sal - BTS GPN Kerplouz 2017 (Maupaumé et al., 2017)	Oui

végétation, Repasse avifaunistique			
IBG-DCE, IBMR, IBD, cyanobactéries	SCE	voir rapport Suivi écologique et hydrobiologique/Etat 0 (SCE, 2017e)	Oui
Flore (observations ponctuelles), Batraciens, reptiles, avifaune	Blond et Blanchard	Voir rapport Blond et Blanchard 2014	Oui
Cartographie d'habitats, Vertebrés et invertébrés	Blond et Blanchard	Rapport Blond et Blanchard 2019 (Blond & Blanchard, 2019)	Oui
Flore (expertise complémentaire)	SCE	Voir Dossier Loi sur l'Eau, SCE, février 2017	Oui
Inventaire forestier, Avifaune, entomofaune	G. Sourget et Schrader	Voir rapport Schrader 2012	Oui
Transect de végétation (selon protocole dans DLE)	SCE	voir rapport Suivi écologique et hydrobiologique/Etat 0 (SCE, 2017e)	Oui
Inventaire floristiques	Christian Fontaine et Pierre Danet	Fichiers excel (voir envoi Patrick Camus); Annexe 7 du rapport Plan de Gestion Pont Sal - BTS GPN Kerplouz 2017 (Maupaumé et al., 2017)	Oui
Inventaire floristiques	Bretagne Vivante - Gpe botanique de Vannes	Fichiers Excel (voir envoi Anthony Le diaudic)	Oui
Loutre	PNR GM	Voir David Lédan et Thomas Cosson (PNR Golfe du Morbihan)	Non
Chiroptères	GMB, Bretagne Vivante	Voir rapports GMB 2011 et GMB 2012 (Groupe Mammalogique Breton, 2011); Voir Bretagne Vivante	Oui
Inventaire amphibien	BTS GPN - Kerplouz ; Bureau d'études Althis (ABC Plougoumelen)	rapport Plan de Gestion Pont Sal - BTS GPN Kerplouz 2017 (Maupaumé et al., 2017)	Oui

J. Annexe – Objectifs des suivis de type 1 et 2

Pour les **suivis antérieurs à l'effacement (types 1 et 2), tous les suivis n'étaient pas spécifiquement réalisés dans le but d'établir un état 0 de référence pour suivre l'effacement ensuite**. Les intervenants n'avaient pas connaissance qu'il y allait avoir un effacement de barrage, celui-ci n'était pas encore programmé ou les données n'étaient pas produites dans le cadre du programme de suivi. Les objectifs étaient alors divers : caractériser les milieux (par exemple le niveau d'engraissement de la retenue), suivi des habitats pour mieux valoriser l'espace (habitats naturels), notamment l'ENS alentour, suivre l'évolution des populations de faune (par exemple les anguilles). L'objectif final peut être commun entre plusieurs suivis différents réalisés avant l'effacement : les suivis de la loutre réalisés par le PNR et les suivis de l'anguille réalisés par la fédération de la pêche dans le cadre du plan national de gestion de l'anguille visent à lutter contre la menace pesant sur l'espèce (en la connaissant mieux). L'objectif des suivis physico-chimiques sur l'eau visent à vérifier le bon état écologique et chimique de l'eau afin de respecter la réglementation en vigueur (Directive Cadre sur l'Eau 2000 au niveau européen et Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques 2006). Les suivis réalisés par l'ARS lorsque l'usine de traitement des eaux était en fonctionnement visaient à contrôler la conformité d'une eau de qualité potable en sortie d'usine. Des suivis naturalistes bénévoles étaient aussi réalisés avant l'effacement dans le bois de Pont-Sal, l'objectif principal étant alors l'acquisition de connaissances et compétences par passion et intérêt des participants. Enfin, les suivis réalisés lors des études pour le projet d'effacement (2015-2016) avaient pour objectif de caractériser les milieux, dans le but de programmer le déroulement des travaux de façon à moins impacter les milieux (zones de manœuvre des engins, pistes à créer, zones de décantation…).

K. Annexe – Descriptif des méthodologies utilisées par suivi

Le protocole mis en place lors du suivi drone de mai 2020 par Auteurs de vue a été décrit dans la commande passée par le Département. Une orthophotographie géolocalisée (10cm/pixel) ainsi que des photographies obliques ont été réalisées.

Les suivis de l'OFB ainsi que les suivis de la fédération de la pêche sont réalisés selon des protocoles normés et décrits dans des guides publics, et leurs résultats sont consignés auprès de ces organisations, spécialisées dans leurs suivis respectifs. Les profils en long et des relevés de faciès d'écoulement ont été réalisés par l'OFB d'amont en aval, dans l'emprise de l'ancienne retenue, à partir de la crête du premier radier à l'aval du pont SNCF.

Le relevé de bathymétrie dans la retenue avant effacement en 2010 et 2015 s'est faite à l'aide d'un bateau équipé d'un sondeur. La méthodologie exacte est décrite dans le rapport produit en 2015 (Calligée, 2015).

Les suivis de l'hydrobiologie et des paramètres physico-chimiques réalisés avant l'effacement sont réalisés selon les protocoles préconisés par SCE (voir partie Suivis préconisés et prévus par les acteurs à Pont-Sal), ainsi que le transect de végétation réalisé à l'aval du barrage. Les suivis physico-chimiques réalisés pour l'ARS alors que l'usine de traitement des eaux était en fonctionnement ont été réalisés selon les protocoles en vigueur à l'époque, disponibles sur internet. Les suivis physico-chimiques pendant les travaux ont été réalisés selon les préconisations décrites dans les comptes rendus de travaux hebdomadaires, et notamment à l'aval du barrage à l'aide d'une sonde fixée sur une perche dans le cours d'eau. A noter que la pêche de sauvegarde des poissons de la retenue au moment de la vidange a bien été réalisée, d'abord à la senne puis à l'épuisette selon une méthode décrite dans les compte rendus de travaux.

Les suivis de qualité de l'eau à l'aval du barrage subissent l'influence de la marée. Les 3 campagnes de prélèvements faits par SCE avant les travaux ont été faits aussi bien que possible à des coefficients proches, et pourtant ceux-ci ne sont pas exactement les mêmes : 20 avril (coefficient 76-84), 2 mai (coefficient 65-65) et 9 mai 2017 (coefficient 81-82). Pour le suivi réalisé après l'effacement le 24

janvier 2018 par exemple, il n'est pas mentionné s'il a été prêté attention au coefficient de marée. De plus, les prélèvements n'ont pas été réalisés à la même saison avant et après effacement.

Deux prélèvements ponctuels ont été faits par un groupe d'étudiants du lycée Kerplouz (formation BTS Gestion et Protection de la Nature), un prélèvement avant, et un autre après effacement. Ils ont été analysés à l'aide d'une mallette d'analyse d'eau (analyse rapide sur place), selon un protocole décrit dans leur rapport de projet. Cette méthode diffère donc des analyses physico-chimiques réalisées par SCE par exemple, qui envoyait ses prélèvements à un laboratoire certifié et respectant des normes.

Concernant la température, des suivis ponctuels ont été faits (lors des prélèvements physico-chimiques) ainsi que des suivis journaliers via les sondes installées dans le cours d'eau. Celles-ci étaient dans l'eau, attachées par une ficelle à une racine ou un arbre voisin du cours d'eau.

Tous les suivis réalisés par le groupe d'étudiants du BTS GPN du lycée Kerplouz ont été décrits (protocole) et géolocalisés dans leur rapport (Maupaumé et al., 2017).

Les suivis flore et faune réalisés par Blond et Blanchard, experts naturalistes, en 2014 et 2019 se sont faits selon un protocole décrit dans leurs rapports d'études commandés par le Département (Blond & Blanchard, 2019). Certains suivis botaniques sont réalisés à titre personnel par les bénévoles (P. Danet et C. Fontaine, Anthony Le Diaudic autres bénévoles de Bretagne Vivante), qui ont produit des listes d'espèces végétales après des visites sur site. Ces listes ne s'accompagnent pas de méthodologie d'inventaire rédigée (temps passé, zone exacte parcourue), ni d'un protocole. Elles résultent de visites dans l'ancien étang, qui comprend l'ancienne plateforme de l'usine, ressemée, et les terrains exondés. Christian Fontaine est à la retraite, reconnu expert botanique par le conservatoire botanique de Brest. Les observations de ces naturalistes ont été utilisées pour l'Atlas de la Biodiversité Communale constitué sur Plougoumelen en 2017 et 2018. La méthodologie des suivis naturalistes effectués par Schrader en 2011 sont consignés dans le rapport associé. Le descriptif du déroulement des sorties naturalistes du Groupe Mammalogique Breton en 2011 et 2012 est dans leur rapport (Groupe Mammalogique Breton, 2011). Les données et la méthodologie du PNR du Morbihan pour le suivi Loutre sont disponibles auprès du PNR, mais n'ont pas pu être obtenus dans le cadre de cette étude. Enfin les suivis réalisés dans le cadre de l'ABC de Plougoumelen et leur méthode sont consignés dans le document technique de l'ABC (Commune de Plougoumelen, 2018).

L. Annexe – Photographies pendant et après les travaux d'effacement

3
Arnaud Le Gal - 28/06/17

4
Arnaud Le Gal - 24/07/17

5
Arnaud Le Gal - 16/08/17

6
Céleste Lottigier - 26/05/20

7
Céleste Lottigier - 8/07/20

M. Annexe – Résultats de la plateforme IED (et graphes de l'Indicateur Morphologique Global)

	2017 (aval du barrage)	2018 (aval du barrage)	2018 (dans l'ex-retenue)	2020
Largeur plein bords (m)	8,057 (déduit des valeurs ci-dessous)	3,85 (déduit des valeurs ci-dessous)	5,876 (déduit des valeurs ci-dessous)	Données pas encore traitées
Profondeur plein bords[14] (m)	0,793	0,498	0,568	Données pas encore traitées
Rapport largeur/profondeur[15]	10,161	7,731	10,346	Données pas encore traitées
Débit plein bords[16] (m^3/s)	0,685	1,264	2,368	Données pas encore traitées
Puissance spécifique plein bords[17] (W/m^2)	0,083	0,282	5,595	Données pas encore traitées

Tableau 9 : Résultats des Carhyce (source : plateforme IED consultée en juillet et août 2020)

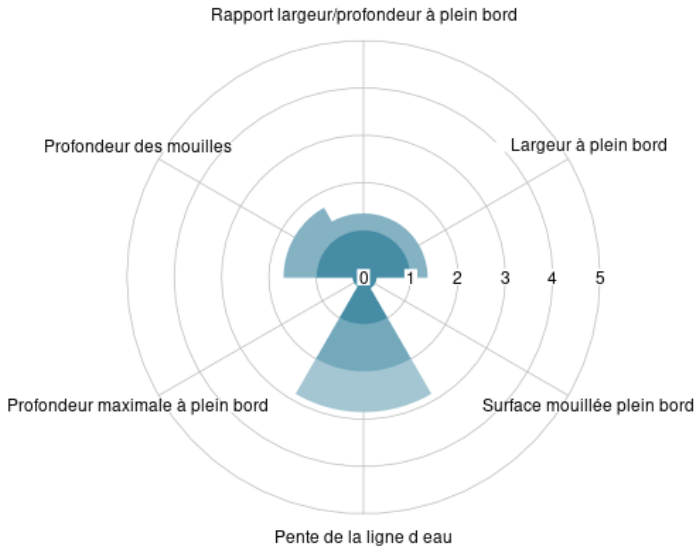
Les résultats du tableau 9 proviennent de la plateforme en ligne de consultation des résultats Carhyce (http://194.57.254.11/IED/, utilisée en juillet 2020), avec les critères de recherche : cours d'eau Sal pour 2017 et 2018 à l'aval du barrage ; et cours d'eau Bono pour la station dans le barrage en 2018. Cette plateforme met les résultats à disposition un an après que les données y soient rentrées (temps de traitement et calcul des données).

A noter que lors d'un calcul à la main de la moyenne des largeurs plein bord des 15 transects, l'écart trouvé (de l'ordre de plusieurs mètres) avec la valeur obtenue ci-dessus dans le tableau questionne. Ainsi, la valeur donnée par l'IED ne semble pas reproductible à la main. Il faudrait vérifier si cela provient de l'algorithme utilisé par l'IED, qui recalcule ces valeurs.

[14] Colonne « Profondeur moyenne Qb » dans l'IED
[15] Colonne « Rapport largeur/Profondeur Qb » dans l'IED
[16] Colonne « Débit plein bord » dans l'IED
[17] Colonne « Puissance spécifique Qb » dans l'IED

Indicateur Morphologique Global :
SAL A PLOUGOUMELEN
IMG = 7.68
Station n°: 04362020; Opération n°: 2852
Date de réalisation : 2017-04-19
Modèle de référence = HER ARMORICAIN

IMG Aval du barrage 2017

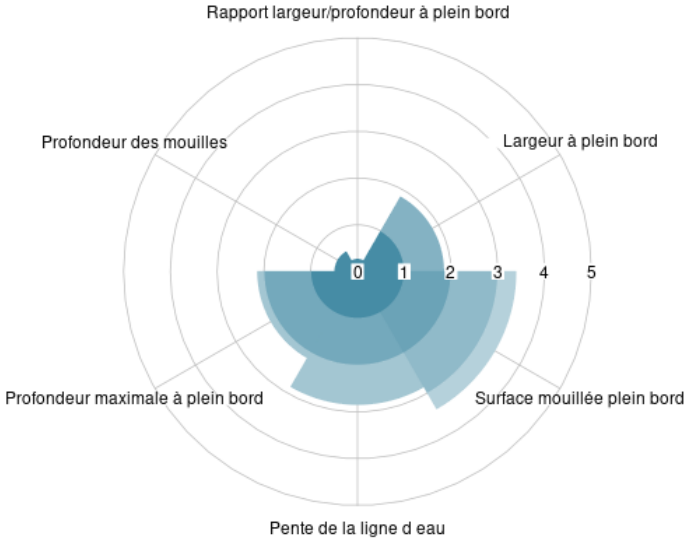


Valeurs absolues des résidus standardisés

Largeur à plein bord : 1.34
Rapport largeur/profondeur à plein bord : 1.34
Profondeur des mouilles : 1.68
Profondeur maximale à plein bord : 0.22
Pente de la ligne d eau : 2.84
Surface mouillée plein bord : 0.27

IED Carhyce v3.4 / 30.06.2020

Indicateur Morphologique Global :
SAL A PLOUGOUMELEN
IMG = 10.94
Station n°: 04362020; Opération n°: 3062
Date de réalisation : 2018-07-03
Modèle de référence = HER ARMORICAIN



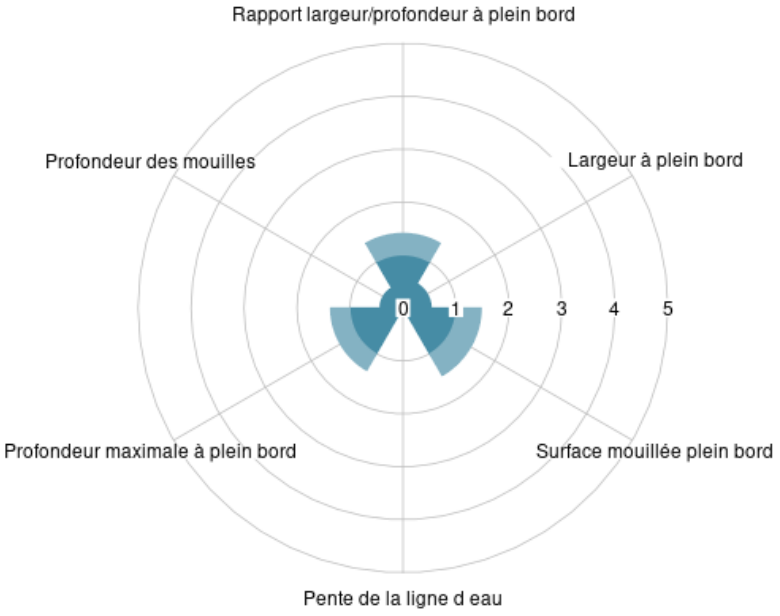
IMG Aval du barrage 2018

Valeurs absolues des résidus standardisés

Largeur à plein bord : 1.84
Rapport largeur/profondeur à plein bord : 0.26
Profondeur des mouilles : 0.48
Profondeur maximale à plein bord : 2.13
Pente de la ligne d eau : 2.84
Surface mouillée plein bord : 3.38

IED Carhyce v3.4 / 30.06.2020

Indicateur Morphologique Global :
BONO À PLOUGOUMELEN
IMG = 5.27
Station n°: 04195200; Opération n°: 3060
Date de réalisation : 2018-07-04
Modèle de référence = HER ARMORICAIN



IMG Dans l'ancienne retenue 2018

Valeurs absolues des résidus standardisés

Largeur à plein bord : 0.53
Rapport largeur/profondeur à plein bord : 1.41
Profondeur des mouilles : 0.43
Profondeur maximale à plein bord : 1.37
Pente de la ligne d eau : 0.05
Surface mouillée plein bord : 1.48

IED Carhyce v3.4 / 30.06.2020

N. Annexe – Résultats physico-chimiques

Aval retenue	20/04/2017	02/05/2017	10/05/2017	24/01/2018
Température (°C)	13,6	12,2	15,9	**X**
pH	7,8	8,7	7,4	**X**
O2 dissous	10,26	10,62	9,9	**X**
% O2	96,6	98,7	101,7	**X**
Conductivité (µS/cm)	233	233	238	**X**
MES (mg/l)	13	4,1	6,6	54
Nitrates (mg NO3/l)	21,8	24,5	18,4	23,1
Azote nitrique (mg N-NO3/l)	4,92	5,52	4,16	5,22
Nitrites (mg NO2/l)	<0,04	<0,04	0,05	0,05
Azote nitreux (mg N-NO2/l)	<0,01	0,01	0,02	0,01
Ammonium (mg NH4/l)	0,06	5,96	<0,05	0,08

Orthophosphates (mg PO4/l)	<0,10	<0,10	<0,10	0,16
Demande chimique en O2 (mg O2/l)	30	<30	<30	75
DBO5 (mg O2/l)	3	3	4	5
Carbone org total (mg C/l)	4,7	5,4	6,6	14
Fer (mg/l)	0,38	0,24	0,33	1,14
Phosphore (mg P/l)	0,033	0,017	0,029	0,11
Manganèse (µg/l)	73	45,3	52,5	53,8

Tableau 10 : Résultats des campagnes d'analyses physico-chimiques réalisées par SCE (SCE, 2017e)

Oxygène dissous (mg/L)	Point 1 (aval immédiat du barrage)	Point 2 (dans la retenue à l'amont du barrage)	Point 3 (queue de retenue)
09/05/2017 (avant effacement)	6,3	8,5	10
14/09/2017 (après effacement)	8,7	10	6,1

Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimiques obtenus par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017)

Taux de saturation en oxygène (%)	Point 1 (aval immédiat du barrage)	Point 2 (dans la retenue à l'amont du barrage)	Point 3 (queue de retenue)
09/05/2017 (avant effacement)	67,24	92,59	100,2
14/09/2017 (après effacement)	91	102,46	61,12

Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimiques obtenus par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017)

Nitrates (mg/L)	Point 1 (aval immédiat du barrage)	Point 2 (dans la retenue à l'amont du barrage)	Point 3 (queue de retenue)
09/05/2017 (avant effacement)	25	10	25
14/09/2017 (après effacement)	10	10	10

Tableau 13 : Résultats des analyses physico-chimiques obtenus par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017)

Température de l'eau (°C)	Point 1 (aval immédiat du barrage)	Point 2 (dans la retenue à l'amont du barrage)	Point 3 (queue de retenue)
09/05/2017 (avant effacement)	17	18	14
14/09/2017 (après effacement)	16	15	14

Tableau 14 : Résultats des prélèvements réalisés par le BTS GPN Kerplouz (Maupaumé et al., 2017)

Les campagnes sont espacées de seulement 15 jours en 2017 (voir tableau 10), ainsi la variation des paramètres observée semble assez forte, notamment pour la température et pH. Les trois campagnes effectuées avant effacement permettent de donner une idée de la variabilité du cours d'eau sans modification importante du milieu (l'effacement du barrage) (SCE, 2017e). Le très faible nombre de données et l'absence de données de température, pH, et conductivité relevées après effacement ne permet pas de comparer avant et après l'effacement du barrage.

Les paramètres dont l'évolution semble se détacher après l'effacement sont les matières en suspension (MES), la demande chimique en O2, le phosphore et le carbone organique total. L'évolution des MES peut être due à la période de l'année (en janvier 2018) et à une crue juste avant. Cette évolution peut aussi être liée à l'érosion des sédiments du fond de la retenue suite à l'exondation du fond de l'ancienne retenue. Ces sédiments étant riches en matière organique (voir Bathymétrie et analyse des sédiments) riches en matière organique, cela expliquerait aussi le Carbone organique total et la demande chimique en O2 plus élevés après effacement.

Les résultats des seuls prélèvements réalisés (Maupaumé et al., 2017) sont disponibles en annexe 0. Ces prélèvements mettent en évidence une augmentation de l'oxygène dissous et du taux de saturation en oxygène après effacement du barrage (lié à la température – voir ci-dessous), à l'aval, ainsi qu'une diminution des nitrates. Cela traduirait globalement une amélioration de la qualité de l'eau suite à l'effacement du barrage. La variation de ces derniers paramètres pourrait être due à la saison (moins d'apports en septembre à cause d'un ruissellement estival plus faible) (Maupaumé et al., 2017). Néanmoins il est difficile de tirer des enseignements à partir de données aussi ponctuelles.

- Température

Les prélèvements et analyses d'eau du BTS Kerplouz (voir ci-dessus) mettent en évidence une homogénéisation de la température le long du cours d'eau entre leur prélèvement de mai (avant effacement) et celui de septembre 2017 (après effacement). Cette différence de température est probablement signe d'un moindre réchauffement de l'eau suite à la suppression du barrage, « l'effet retenue » sur la température de l'eau étant documenté par ailleurs. Cependant, s'agissant de deux mesures ponctuelles à des saisons différentes, il subsiste une incertitude quant à la cause de cette variation de température. Il aurait été intéressant de disposer de chroniques de températures sur plusieurs années avant et après effacement, afin de diminuer cette incertitude et prendre en compte une variabilité naturelle annuelle et interannuelle dans l'interprétation des températures du cours d'eau.

Sur Pont-Sal, il n'y avait pas de sonde à température à l'aval du barrage juste avant l'effacement en 2017, les suivis physico-chimiques de l'ARS liés à l'usine de traitement des eaux associée au barrage s'étant arrêtés en 2012. Une sonde a été placée lors des travaux à l'aval immédiat du barrage après le deuxième filtre (SCE, 2017d), mais a été perdue lors de ceux-ci (Com. pers. Anne-Laure Caudal). Il n'est donc pas possible d'analyser à l'aide de chroniques continues l'impact de l'effacement du barrage sur l'évolution de la température à l'aval de l'ancienne retenue sur toute l'année 2017 (année des travaux).

O. Annexe – Résultats ichtyologiques

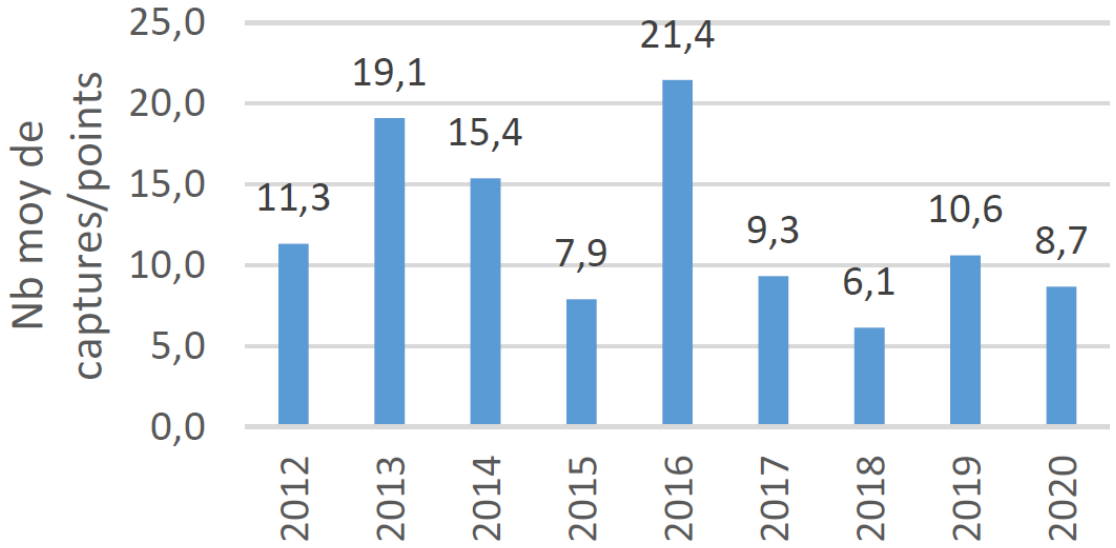


*Figure 23 : Variabilité de l'indice abondance anguilles sur la station à l'aval du barrage. Source : **fiche anguilles Fédération de Pêche 2020***

	Lieu	Aval barrage	Aval barrage	Ancienne retenue	Amont (Kervilio)	Amont (Kervilio)
Espèces	**Année**	2017	2018	2018	21/04/2017	05/07/2018
Able de Heckel					1	
Anguille d'Europe		190	58	42	117	93
Bar			1			
Ecrevisse américaine		1	4			
Flet commun		4	31	66		
Gardon		8	13	8	17	31
Gobio sp			1			
Goujon				14	9	7
Lamproie de planer		3	4	1	21	11
Loche franche			1	1	48	10
Perche		5				4
Perche soleil			1	3		1
Rotengle					1	
Truite de rivière				4	4	6

Vairon			6	284	96

Tableau 15 : Résultats des pêches électriques de l'OFB - 2017-2018 (source : fichiers Excel fournis par l'OFB)

P. Annexe – Photographies de la végétation post-effacement des terrains exondés

Saules blancs dans le fond de l'ancienne retenue

Aulnes glutineux en bordure du Sal

Saules roux en bordure du Sal

Salicaire poussant dans une partie desséchée de la jonchaie

Q. Annexe – Observations de la biologie

- Observations des chiroptères

En 2011 l'inventaire réalisé par le GMB (Groupe Mammalogique Breton, 2011) relevait la présence de 10 espèces de chauves-souris dans l'espace boisé de l'ENS de Pont-Sal. 3 espèces sont quasi-menacées sur la liste rouge de la France métropolitaine. Sur les 10 espèces, 7 utilisent des gites arboricoles, et sont donc des espèces plutôt forestières à arboricoles.

Parmi les espèces recensées en 2011 dans l'ENS de Pont-Sal, le murin de Daubenton est une espèce qui pourrait avoir été impactée par la suppression du barrage d'après Thomas le Campion (GMB), car elle chasse à la surface des étangs, et une colonie avait été trouvée dans un hêtre qui borde le château. Il n'y a pas eu d'écoute spécifique pour attester de la présence de cette colonie suite à l'effacement. Aujourd'hui sans étang, il y a peut-être moins d'insectes pour cette espèce, mais avec le regain possible de qualité du milieu suite à l'effacement il pourrait y avoir davantage d'insectes et donc un impact positif sur cette espèce. Une colonie de chiroptères du bois de l'ENS pourrait par exemple s'être déplacée pour une autre raison. Les inventaires qui pourraient être mis en place ne permettraient pas forcément de préciser cette incertitude, car il n'y a pas d'état initial existant (pas de réalisation de protocole précis en 2011). En effet, Pour les chauves-souris une activité est mesurée, et non un nombre d'individus (Com. pers. Thomas le Campion).

Le groupe d'étudiants du BTS GPN a trouvé en 2017 un grand rhinolophe et une pipistrelle commune dans la grotte de la rive droite au niveau des rochers de Toul er Hakouz.

- Autres mammifères

Le campagnol amphibie, s'il est venu suite à l'effacement, pourrait disparaitre si une saulaie se met en place. Il est déjà présent à l'amont sur le sal sur d'autres sites que Pont-Sal. C'est une espèce pionnière qui revient sur les vases exondées, il est ainsi possible qu'il soit venu suite à l'effacement du barrage. Quand le milieu se boise il disparait (Com. pers. Thomas le Campion). Les observations de Jean-Luc Blanchard en 2019 confirment ces remarques et les mégaphorbiaies denses à joncs épars lui seraient favorables, même si sa présence n'a pas été confirmée, ni par Thomas le Campion, ni par Jean-Luc Blanchard.

Le Lérot est présent sur l'ENS de Pont-Sal, ce qui fait de Pont-Sal un des deux rares sites en Bretagne pour cette espèce en voie d'extinction (Com. pers. Thomas le Campion).

Le groupe d'étudiants du BTS GPN a observé des trous de sangliers sur la rive après l'effacement du barrage. Il semble y avoir une confusion possible dans leur rapport entre la rive ouest et la rive est pour certaines observations. Ils notent des traces de passage de mammifères sur l'ensemble du site d'étude (lapins, lièvres, sangliers, chevreuils).

Enfin Jean-Luc Blanchard note en 2019 la présence de l'écureuil roux, du mulot sylvestre, de la musaraigne musette, du ragondin, du putois, du renard, de la taupe, du sanglier, du chevreuil, du campagnol dans l'ENS de Pont-Sal (boisements alentours et fond de retenue). La plupart des espèces sont communes, mais la loutre et l'écureuil roux ont un statut de protection national (Blond & Blanchard, 2019).

- Observation des amphibiens

En 2019, seulement deux espèces d'amphibiens sur les 4 relevées en 2014 étaient observés. Quelques crapelets de crapaud épineux sont retrouvés au niveau de l'ancien barrage et en queue de retenue, mais les prospections dans l'ancienne retenue sont restées vaines. Ce crapaud ne dispose plus des anciennes rives de l'étang et des racines des arbres pour pondre. La grenouille agile a été retrouvée en queue de retenue, au niveau de l'ancien barrage, dans la zone humide saumâtre en aval du barrage

et au niveau de l'arrivée de deux ruisselets environ à la moitié de l'ancienne retenue. La salamandre tachetée et le triton palmé n'ont pas été retrouvés en 2019, ils ne semblent pas fréquenter la mégaphorbiaie qui s'est développée en fond de vallon. Ils étaient peu présents en 2014, dans la zone nord-ouest de l'espace boisé de l'ENS, assez loin du vallon (Blond & Blanchard, 2019).

Le groupe d'étudiants du BTS GPN a observé en 2017 des larves de salamandre dans la source d'un ruisseau arrivant en rive Est du Sal, dans les espaces boisés de l'ENS, et non dans l'ancienne retenue.

- Observations des reptiles

Un lézard vert occidental a été trouvé en 2017 par le groupe des étudiants de BTS GPN en rive droite du Sal à la lisière du bois. Ils ont également trouvé des fourmilières, des lézards des murailles et une couleuvre à collier dans les terrains de l'ENS boisés.

Ces observations semblent cohérentes avec celles de Jean-Luc Blanchard, qui a également observé le Lézard des murailles et la Couleuvre à collier en 2019, ainsi qu'un Orvet fragile. Parmi les 6 espèces de reptiles observées en 2014, seulement 3 sont observées en 2019 après l'effacement du barrage par Jean-Luc Blanchard. Le lézard des murailles se retrouve sur la rive droite du vallon, bien exposée avec des pierrailles. L'Orvet fragile, qui était en bordure des zones boisées autour de l'étang, va progressivement se rapprocher des anciennes rives ouest, bien exposées, avec des déplacements annuels faibles pour cette espèce. La couleuvre a été retrouvée à l'emplacement de l'ancien barrage et en queue de retenue, mais pas au niveau de la plantation en rive gauche. Les trois autres espèces (vipère péliade, lézard vert occidental, coronelle lisse) non retrouvées par Jean-Luc Blanchard en 2019, ont cependant des habitats potentiels en bordure ouest du vallon.

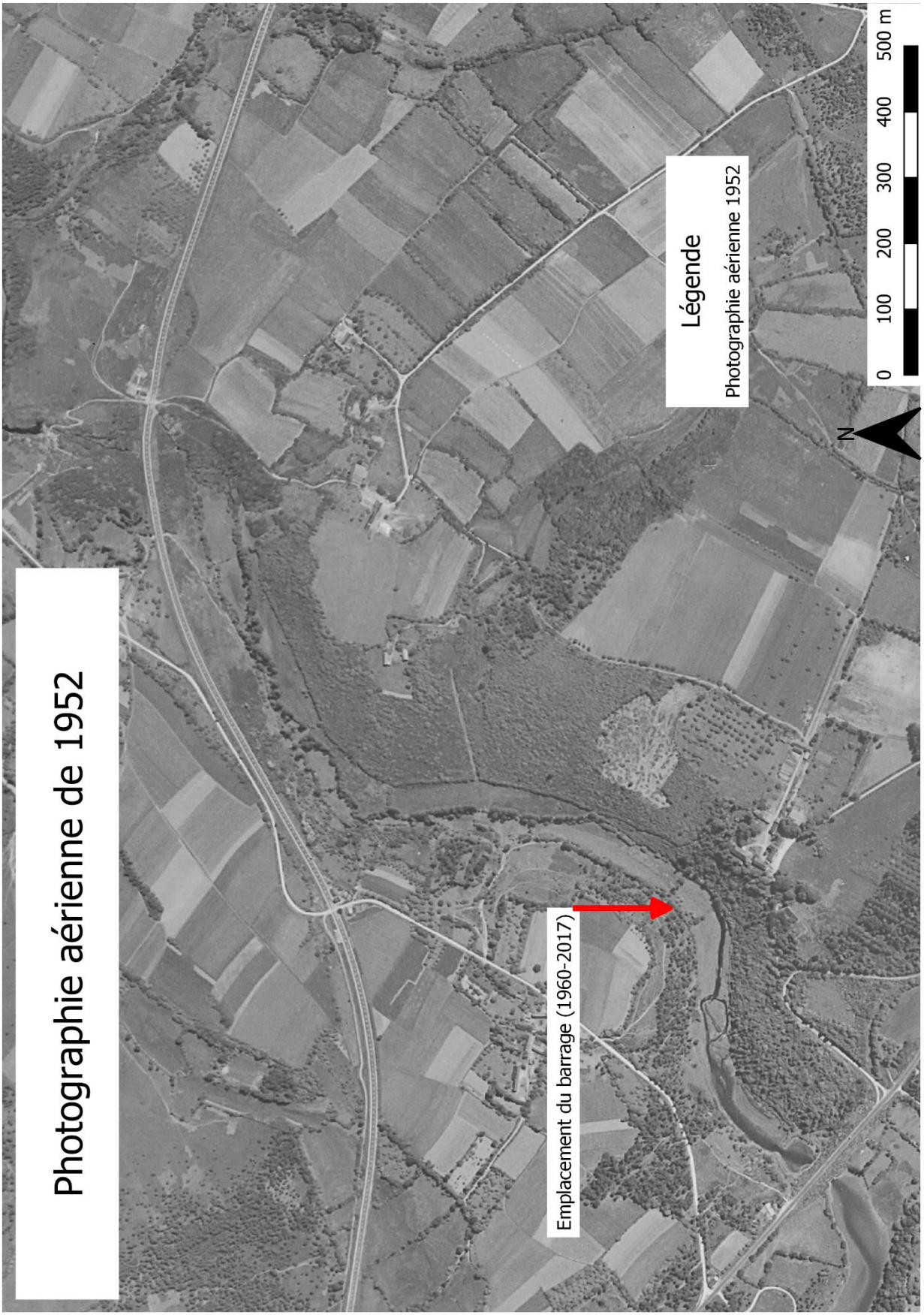
- Observations de la faune invertébrée

La présence d'un ruisseau et la flore associée attirent un grand nombre d'invertébrés : lépidoptères (papillons), odonates (libellules) et orthoptères (sauterelles, criquets) qui ont été recherchés spécifiquement en 2019 par Jean-Luc Blanchard. D'autres insectes et invertébrés ont été relevés dans son rapport. 157 espèces d'invertébrés y sont recensées dont 146 insectes (Blond & Blanchard, 2019).

20 espèces de libellules (odonates) sont observées en 2019, ce qui n'est pas exceptionnel : les remontées d'eau saumâtre restreignent le développement des larves à la partie aval du cours d'eau suite à l'effacement, et l'absence de points d'eau ou mares sur le fond de vallée est défavorable au développement des larves. Cependant certaines libellules puissantes et rapides peuvent s'éloigner chercher de la nourriture plus loin de leur lieu de développement larvaire, ce sont elles qui sont plus représentées le long du cours d'eau suite à l'effacement. La cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisi*) fréquente la vallée mais ne s'y reproduit probablement pas car il n'y a plus de chevelus racinaires au bord du ruisseau ou de substrats sablo-limoneux recouverts de feuilles en décomposition. L'effacement du barrage a probablement impacté sa reproduction.

Parmi les orthoptères, plusieurs espèces qui affectionnent les milieux humides, avec une végétation abondante ou des herbes hautes, voire des marais, sont recensées en 2019 dans le fond de vallée après effacement (Blond & Blanchard, 2019).

Le nombre d'espèces d'autres insectes observés en 2019 dans le fond de vallée est de 62, mais il est bien en deçà de la réalité. Ils ont été observés de façon aléatoire et sans recherche spécifique. La mante religieuse par exemple est présente et affectionne la chaleur du vallon. 10 espèces d'hyménoptères, 11 diptères et 12 autres espèces d'insectes complètent la liste (Blond & Blanchard, 2019).

Des araignées sont également présentes. La dolomède par exemple chasse en bordure des points d'eau, donc ici en queue de retenue dans l'ancienne retenue, où le cours d'eau est plus large.

R. Annexe – Photographie aérienne 1952