

Contacts :

Fixe : 04 50 26 78 06

Mobile : 06 72 56 21 36

[yann.abdallah@scimabio-interface.fr](mailto:yann.abdallah@scimabio-interface.fr)

[www.scimabio-interface.fr](http://www.scimabio-interface.fr)

Siège social et adresse postale :

SCIMABIO Interface

Les Cyclades B - 5, rue des Quatre Vents

74200 Thonon-les-Bains - France

Bureau :

INRA

75 avenue de Corzent

74200 Thonon-les-Bains – France

Etude avant-projet pour la mise en place d'une station de comptage  
« migrants » (STACOMI) sur le fleuve Léguer

Version finale – décembre 2020



Abdallah Yann, Robert Michel, Rimbert Lény

## Table des matières

<b>1/ Contexte général de l'étude .....</b>	<b>1</b>
1.1/ Objectifs .....	1
1.2/ Durée et période cible pour le fonctionnement du dispositif de suivi .....	1
1.3/ Contraintes techniques à intégrer au projet .....	1
1.4/ Espèces cibles.....	2
<b>2/ Caractéristiques locales du projet « STACOMI » Léguer .....</b>	<b>2</b>
2.1/ Site(s) d'étude .....	2
2.2/ Données hydrologiques .....	4
2.3/ Données hydrauliques au droit du site d'étude .....	6
<b>3/ Choix de la technologie de comptage.....</b>	<b>10</b>
3.1/ Groupe d'outils n°1 .....	10
3.1.1/ Les caméras à imagerie acoustique .....	11
3.1.2/ La caméra laser UTOFIA .....	18
3.2/ Groupe d'outils n°2 .....	20
<b>4/ Projet détaillée d'une STACOMI par vidéo-comptage et structure « guide ».....</b>	<b>24</b>
4.1/ Description de la chambre amovible .....	24
4.2/ Design et implantation générale du dispositif de comptage.....	26
4.2.1/ Positionnement de la structure d'accueil .....	26
4.2.2/ Positionnement et géométrie de la structure « guide ».....	27
4.2.3/ Proposition d'un design d'implantation (stade esquisses).....	29
4.3/ Descriptif technique de la structure « guide » .....	32
4.4/ Modalités d'entretien de l'ensemble du dispositif.....	35
4.5/ Problématiques spécifiques.....	37
4.5.1/ Gestion des passages de canoës-kayaks.....	37
4.5.2/ Suivi des migrations en dévalaison .....	38
4.6/ Contraintes à intégrer en phase travaux .....	39
<b>5/ Aspects financiers .....</b>	<b>40</b>
5.1/ Estimation du projet « vidéo-comptage » .....	40
5.2/ Coût prévisionnel d'une année de suivi/maintenance de la STACOMI .....	40

## 1/ Contexte général de l'étude

### 1.1/ Objectifs

Afin d'améliorer la connaissance des populations de poissons migrateurs sur le bassin du Léguer et, plus globalement, sur la façade Manche – Bretagne Nord, la **FDAAPPMA 22** a lancé une étude pour évaluer la faisabilité de l'installation d'un dispositif de suivi par comptage (STACOMI).

La présente étude est une action inscrite au **PLAGEPOMI des fleuves côtiers bretons 2016-2021**. Les besoins de données spécifiques sur la colonisation du Léguer par le saumon Atlantique sont parallèlement ciblés dans le **projet RENOSAUM**, avec la perspective de conforter/valider les modèles prédictifs de définitions de scénarii de gestion, modèles qui seront proposés au **COGEPOMI à l'horizon du 1<sup>er</sup> semestre 2021**.

L'objet de notre étude est de réunir l'ensemble des éléments biologiques, hydrologiques, techniques, technologiques, logistiques, humains et financiers afin d'aider la FDAAPPMA 22 et ses partenaires dans **le choix du bon outil**.

Dans l'idéal, l'outil retenu devra permettre :

- de comptabiliser les poissons migrateurs qui colonisent le Léguer notamment les **salmonidés migrateurs** (saumon atlantique et truite de mer) en montaison, ainsi que la lamproie marine et les aloses ;
- d'avoir une estimation du **nombre de smolts** qui dévalent le Léguer en début de printemps.

### 1.2/ Durée et période cible pour le fonctionnement du dispositif de suivi

L'objectif est la mise en place d'une **station de suivi pérenne dans le temps** et donc l'acquisition de **chroniques longues**.

Le dispositif de comptage pourrait fonctionner **toute l'année**, néanmoins compte-tenu du cycle biologique des espèces cibles, le dispositif devra surtout être conçu pour une efficacité maximale sur une période allant, grossièrement, du **1<sup>er</sup> mars au 31 août**.

### 1.3/ Contraintes techniques à intégrer au projet

Le cahier des charges de l'étude de faisabilité pose les conditions suivantes à intégrer au design et au dimensionnement du dispositif de suivi biologique :

- capacité du dispositif de suivre en continue la migration piscicole soit 24h/24 et 7 jours/7 ;
- discrimination des espèces, y compris celles morphologiquement proches (notamment saumon atlantique / truite de mer) ;
- non-dégradation des conditions actuelles de migration des poissons ;
- implantation du dispositif en lien avec une passe à poissons non envisagée ;
- intégration d'une télémaintenance et d'une remontée à distance des données ;
- minimisation des entretiens en routine *in situ* ;
- intégration paysagère (ne pas augmenter le niveau d'artificialisation des milieux).

En conjuguant l'ensemble de ces données d'entrée, on aboutit à la définition d'un **dispositif technique très ambitieux** qui, à ce jour, n'a encore **jamais été déployé en France** notamment dans la mesure où la très grande majorité des stations de comptage multi-espèces est **associée à un ouvrage en génie civil** (le plus souvent une passe à poissons).

Il faut aller regarder en Grande-Bretagne, en Scandinavie et, *a fortiori*, en Amérique du Nord pour trouver des dispositifs pouvant se rapprocher de celui décrit au travers du cahier des charges de l'étude. Sur ces territoires, l'absence d'ouvrage anthropique sur les axes de migration piscicole a contraint les gestionnaires et scientifiques à imaginer des dispositifs techniques pouvant être **implantés en rivière naturelle, sur des sites isolés**. La présente étude est, en partie, inspirée de ces retours d'expérience.

#### 1.4/ Espèces cibles

On dénombre potentiellement 8 espèces amphihalines sur le bassin du Léguer. Les 4 espèces surlignées en gras représentent les espèces cibles pour la future station de comptage :

- **Saumon Atlantique (*Salmo salar*) ;**
- **Truite de mer (*Salmo trutta trutta*) ;**
- **Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) ;**
- **Grande alose (*Alosa alosa*) ;**
- Alose feinte (*Alosa fallax*) ;
- Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) ;
- Mulet porc (*Liza ramada*)
- Flet commun (*Platichthys Flesus*).

**L'alose feinte** est, à ce jour, uniquement considérée comme potentiellement présente car les informations, bien que partielles, disponibles sur la présence d'aloses dans le Léguer et dans les bassins versants voisins, font exclusivement état de l'espèce *Alosa alosa*. Mais au vu de sa capacité de dispersion en milieu marin, sa présence ponctuelle sur le fleuve Léguer ne peut être exclue.

**L'anguille européenne**, le **flet commun** et le **mulet porc** sont des espèces amphihalines dites thalassotoques, ce qui signifie que leur cycle biologique est inversé par rapport aux autres espèces citées. Elles colonisent ainsi le Léguer durant leur phase de croissance et rejoignent le milieu marin pour leur reproduction. A noter également que le mulet porc et le flet commun possèdent un déterminisme migratoire moins marqué que celui de l'anguille européenne.

Enfin, l'anguille européenne n'est pas considérée comme espèce cible pour la future station de comptage dans la mesure où les **caractéristiques de ses migrations anadrome** (stade civelle ou anguilette) **et catadrome** (stade argentée) **sont trop spécifiques** et complexifient trop fortement le design de l'outil de suivi. En effet, pour la montaison, les **classes de taille cibles** rendent inefficaces tout système de guidage physique pouvant être implanté durablement en rivière (pour la civelle, il faudrait avoir recours à des filets-guide de vide de maille maximal de 1 mm de côté !). Et pour la dévalaison, les pics de migration d'anguilles argentées sont **très corrélés aux pics de débits**. Or, sur la partie aval du Léguer, il n'est pas techniquement envisageable d'imaginer un système de comptage capable d'être un *minimum* efficace lors de ces pics de débits.

## 2/ Caractéristiques locales du projet « STACOMI » Léguer

### 2.1/ Site(s) d'étude

Il a été collégalement convenu avec la FDAAPPMA 22 et les partenaires de l'étude de se concentrer sur **un unique site potentiel d'implantation**, à savoir le pont de la Chapelle, localisé à **environ 125 mètres à l'aval du seuil du moulin de Buhulien** (illustrations ci-après).



Ce site a été retenu en priorité car il répond à plusieurs critères :

- Il est localisé en amont de la limite amont de l'influence de la **marée dynamique** ;
- Il est **associé à un ouvrage d'art** (pont routier) permettant une réduction de la section du lit de la rivière mais ne dépend pas d'un ouvrage transversal ;
- Il se situe entre le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> ouvrage transversal rencontré par les migrateurs depuis la mer. Il est surtout placé en aval du premier ouvrage jugé vraiment **sélectif pour les espèces cibles** ;
- Il est facile d'accès et dispose à proximité immédiate d'une **source électrique** et de **réseaux de communication**.

Le pont de la Chapelle est un ouvrage d'art assurant le franchissement du Léguer par une voirie communale (chemin de Koad Freg). Il est localisé et géré par les **communes de Lannion** (rive droite) et **Ploubezre** (rive gauche). L'ouvrage est constitué de pierres de taille maçonnées et il présente un très bon état de conservation. Il est composé de **3 arches** avec 2 piliers centraux reposant dans le lit mouillé du Léguer. Chaque arche présente une largeur au miroir de **7 mètres** et un tirant d'air de l'ordre de 3.2 mètres pour un débit moyen. Au droit du pont, le Léguer présente une **largeur d'environ 24 mètres**.





Le pont est entouré de plusieurs **parcelles cadastrales appartenant** à plusieurs propriétaires différents. Les noms des propriétaires de chaque parcelle ont été obtenus auprès des services « urbanisme » des 2 communes concernées et ont été **directement contactés** pour certains d'entre eux, en concertation avec ces mêmes services ainsi qu'après échanges avec les agents de Lannion-Trégor communauté. Globalement au vu des échanges obtenus, l'accessibilité au pont est à son environnement immédiat sera à privilégier à **partir de la parcelle n°0409** (voir illustration ci-dessous, amont du pont en rive gauche) appartenant à la **Fondation Rosambo** (basée en Belgique) et qui en a délégué la gestion à l'association ASPAS (Association pour la Protection des Animaux Sauvages). Cette association gère également la parcelle 0404 située en aval rive droite du pont.

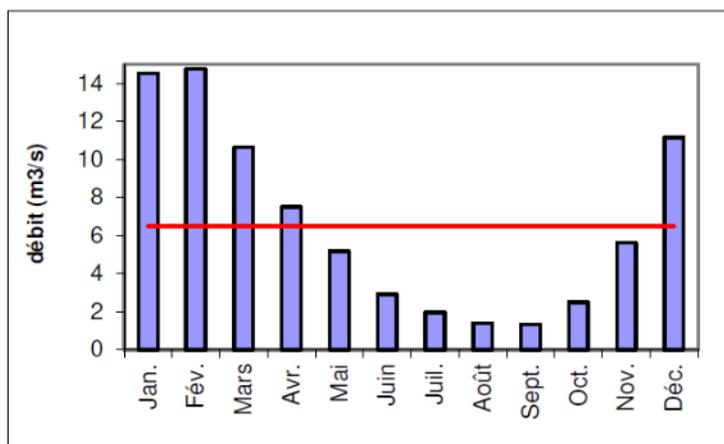
A noter enfin la présence d'une chapelle à proximité du pont, en rive gauche sur la commune de Ploubezre. Il s'agit de la chapelle Saint-Thèle, datant du 16<sup>ème</sup> siècle et restaurée en 1871 puis en 1990.

Bien que constituant un élément important du patrimoine architectural de la commune, **cette chapelle n'est pas classée**. Par ailleurs, le pont de la Chapelle se situe en **zone AC1** visant la « protection au titre des abords de monuments historiques », ce classement étant lié à la proximité des ruines du château de Coat Frec. Le classement en zone AC1 impose de respecter un certain nombre de règles en matière de travaux susceptibles de modifier l'aspect visuel d'un bâtiment ou du paysage. De ce fait, le projet d'implantation d'une station de comptage au droit du pont de la Chapelle devra être **présenté aux autorités compétentes**.

## 2.2/ Données hydrologiques

Le bassin versant du Léguer fonctionne avec un régime pluvial pur appelé également **régime océanique**. Ce régime est considéré comme un régime hydrologique simple, caractérisé par une période de hautes eaux hivernale et une période de basses eaux estivale. Le régime hydrologique du Léguer se caractérise toutefois par une certaine irrégularité interannuelle concernant la période maximale de hautes eaux et concernant les valeurs moyennes maximales mensuelles atteintes, ce directement en lien avec la **variabilité des phénomènes pluviométriques**. On note également que les pluies enregistrées durant la saison de basses eaux peuvent être quantitativement comparables voire supérieures à celles observées en saison de hautes eaux mais l'effet sur le débit de la rivière est très atténué du fait d'une consommation forte de l'eau par la végétation et donc d'un bilan global de l'évaporation beaucoup plus marqué. Ainsi, les « pics » de débit observés en basses eaux restent généralement inférieurs au module interannuel.

Les débits caractéristiques du Léguer ont été calculés à partir des stations hydrométriques de Belle-Isle-en-Terre (BV : 260 km<sup>2</sup>, chronique 1993-2020) et de Pluzunet (BV : 353 km<sup>2</sup>, chronique 1993-2020). La **surface de bassin versant drainée** au droit du site d'étude a été calculée, elle est de **386 km<sup>2</sup>**. Les débits moyens mensuels calculés sont présentés dans le tableau et la figure ci-dessous



	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<b>Débit (m³/s)</b>	14.5	14.7	10.6	7.5	5.2	2.9	1.9	1.4	1.3	2.5	5.6	11.1	<b>6.5</b>

Ainsi, le **module interannuel est estimé à 6.5 m³/s**, le mois de février dispose du débit moyen le plus élevé (14.7 m³/s) et le mois de septembre le plus faible (1.3 m³/s). La période dite de hautes eaux est concentrée sur la période décembre à février et la période de basses eaux de juillet à septembre.

Les débits références pour les crues et les étiages ont également été calculés :

	Quinquennale sèche	Moyenne
<b>QMNA (m³/s)</b>	0.77	1.0

	2 ans	5 ans	10 ans
<b>QJ (m³/s)</b>	53	69	80

Globalement, compte-tenu de la surface de bassin versant drainée, du type de régime hydrologique et d'autres paramètres mésologiques locaux (occupation du sol, relief, nature des sols), le Léguer dispose d'une **hydrologie relativement « lissée »** avec des amplitudes faibles à modérées entre les débits moyens et les débits de référence pour les étiages ou les crues.

La fenêtre hydrologique cible pour dimensionner le dispositif de comptage a été définie à partir 1/ de l'observation des **débits rencontrés dans les périodes de migration** des espèces cibles (1<sup>er</sup> mars-31 août pour rappel) et 2/ des débits références généralement **ciblés pour le dimensionnement** de ce type de dispositif. S'agissant des périodes de migration, et pour affiner la cible, les données de montaison de la station de **vidéo-comptage de Kheramon sur la rivière Elorn** ont été analysées<sup>1</sup>. D'un point de vue géographique et hydrologique, l'Elorn est une rivière très comparable au Léguer, ce qui permet de faire des parallèles entre les conditions hydrologiques rencontrées lors de pics de remontées de saumons à la station de Kheramon avec les conditions attendues sur le Léguer.

Cette analyse montre que quelque soit l'année considérée, plus de **95% de l'effectif migrant a été enregistré pour la gamme de débit comprise entre l'étiage et 2x le module**. Les principaux pics de migrations de saumons ont lieu **entre juin et août**, lors de petits coups d'eau ; ces derniers restant systématiquement en deçà de la valeur du module.

<sup>1</sup> Sources : « SCEA pour la FDAAPPMA du Finistère - BGM, 2020. Données de suivi à la station de vidéocomptage de Kerhamon sur l'Elorn entre 2007 et 2019 ».

Les migrations pour les débits les plus élevés ont lieu en début de printemps (avril notamment) et de façon plus importante à l'automne entre le **15 octobre et le 15 novembre**. Mais dans la très grande majorité du temps, les débits enregistrés restent **proches de 2 fois le module**.

Nous considérons donc qu'avec un dispositif de comptage efficace de l'étiage jusqu'à environ 2 fois le module, **l'échappement au suivi envisagé sur le Léguer devrait être minime pour la montaison**. Le suivi de la dévalaison fera l'objet d'une partie dédiée plus loin dans le document.

#### **Estimation de l'échappement à la future STACOMI Léguer =**

A ce stade, sur la base des connaissances issues d'autres STACOMI en France et des données hydrologiques/biologiques connues sur le bassin du Léguer (et confronter à l'analyse du jeu de données « Elorn »), **l'échappement à la montaison devrait se situer entre 5 à 10%**, quelle que soit l'espèce cible et avec une certaine variabilité en fonction des saisons de migration.

En se projetant dans le fonctionnement futur de la STACOMI Léguer, deux approches peuvent d'ores et déjà être identifiées dans la perspective de mieux préciser cet échappement :

- **Approche déterministe** : consiste à obtenir des informations de passages des poissons à l'échelle individuelle par des **techniques de marquage/recapture** (ou redétection), généralement faisant appel aux outils de **télémétrie**. Toutefois, ce type de méthodologie de travail requiert de disposer d'un **moyen efficace de capture** des poissons à l'aval de la STACOMI étudiée (piège physique, point de concentration des individus en pied d'ouvrage) puis de mettre en place du matériel permettant *in fine* de confronter les passages observés à la STACOMI versus ceux non-observés mais identifiés/déTECTÉS ultérieurement en amont de la STACOMI. Au vu des moyens disponibles actuellement sur le Léguer, cette approche déterministe nécessitera le **déploiement d'efforts matériels, humains et donc financiers importants**, *a fortiori* si on souhaite étudier l'échappement sur plusieurs espèces.

- **Approche probabiliste** : consiste à établir des **comparaisons interannuelles fines** entre les conditions hydrologiques enregistrées et les effectifs comptabilisés sur plusieurs années afin d'identifier, de façon théorique, les fenêtres potentielles d'échappement à la STACOMI. Cette approche peut en outre être comparée aux résultats obtenus sur d'autres STACOMI comparables, celle de **l'Elorn** en particulier, sur laquelle les échappements sont évalués depuis de nombreuses années par cette approche probabiliste. Au bout d'un certain nombre d'années de fonctionnement de la STACOMI et donc d'acquisition de données, il est possible d'établir des **modèles mathématiques** pour augmenter la puissance des estimations et automatiser un certain nombre de calculs. La construction du ou des modèles peut être envisagée sous la forme d'une collaboration avec des équipes scientifiques compétentes (Ex : **Etienne PREVOST, INRAe**, qui travaille depuis longtemps sur ce type de modèle pour le saumon Atlantique).

### 2.3/ Données hydrauliques au droit du site d'étude

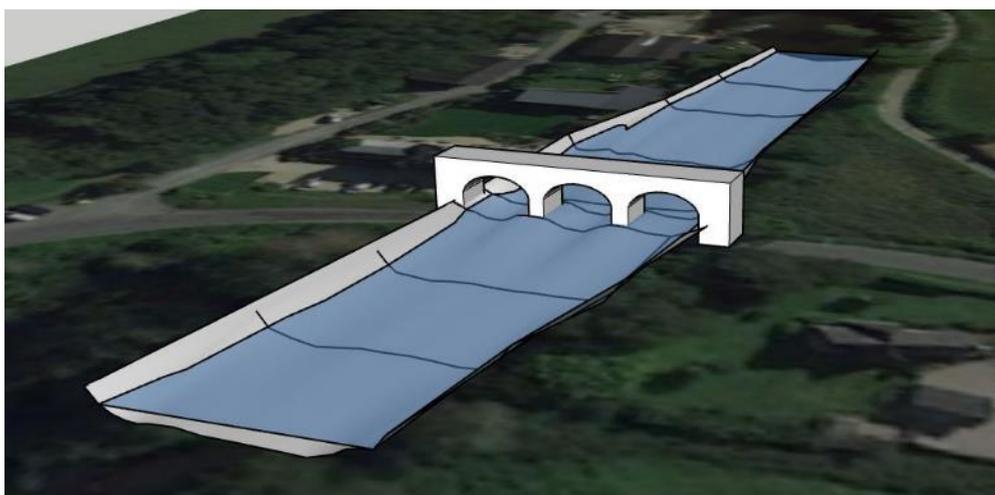
Vis-à-vis du fonctionnement du futur dispositif de comptage, la typologie de l'hydrologie du Léguer décrite ci-dessus est une donnée d'entrée importante car cela signifie que pour une gamme de débits allant de **l'étiage moyen à la crue annuelle**, l'amplitude des valeurs est jugée faible et donc relativement **peu contraignante du point de vue des conditions hydrauliques** qui seront rencontrées au droit du dispositif.

Afin d'évaluer l'évolution de ces conditions pour les différents débits référence au droit du pont de la Chapelle en termes de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulement, un **modèle hydraulique unidimensionnel** a été construit sous le logiciel HEC RAS. Pour alimenter ce modèle, 2 sources de données ont été utilisées :

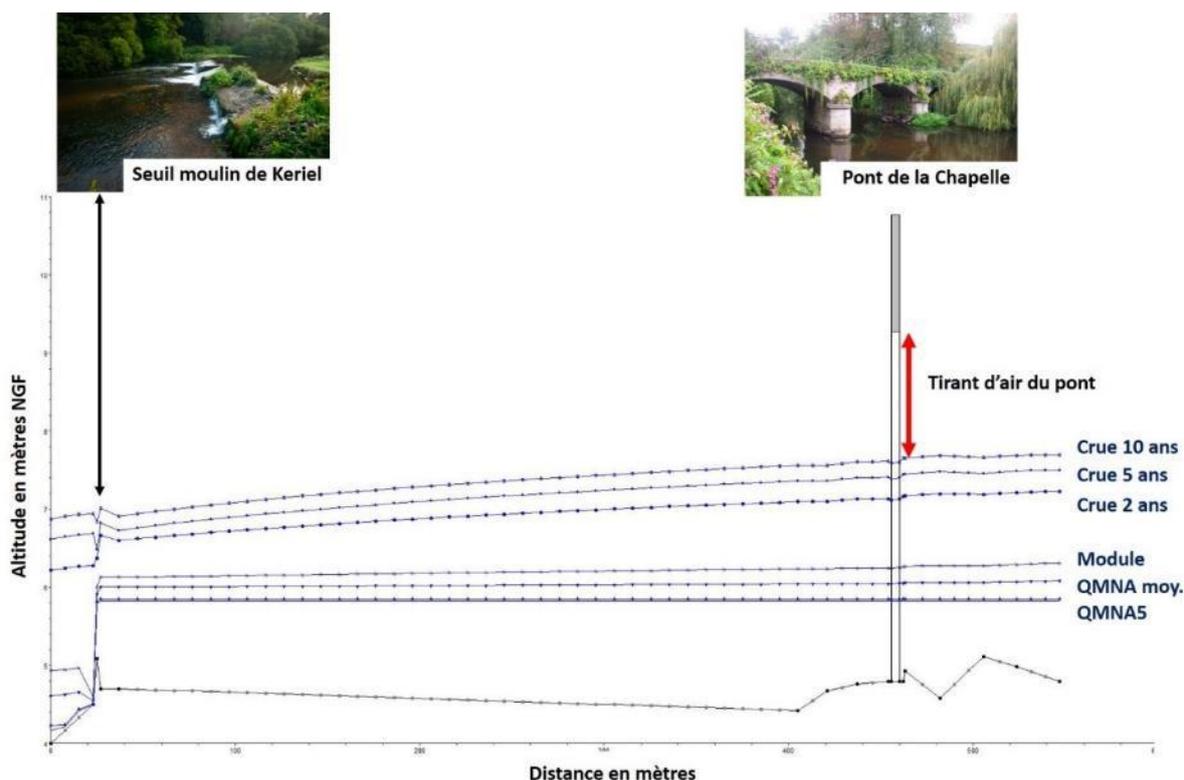
- Les données topographiques issues du **travail du CERESA dans le cadre de l'étude « continuité écologique » réalisée en 2011** pour le compte de l'association « la vallée du Léguer » sur les ouvrages de Keriell et de Buhulien ;
- Les données topographiques issues d'un relevé de terrain (visée + mire graduée) réalisé dans le cadre de la présente étude le **10 septembre 2019** (débit moyen journalier recalculé de 1.2 m<sup>3</sup>/s). **8 profils en travers** ont été réalisés, tel qu'illustré ci-dessous.



Les données topographiques ont également été utilisées pour établir des projections en **3 dimensions** du site d'étude sous le logiciel Sketchup, ce dans la perspective de pouvoir mieux positionner dans l'espace les préfigurations du dispositif de comptage.

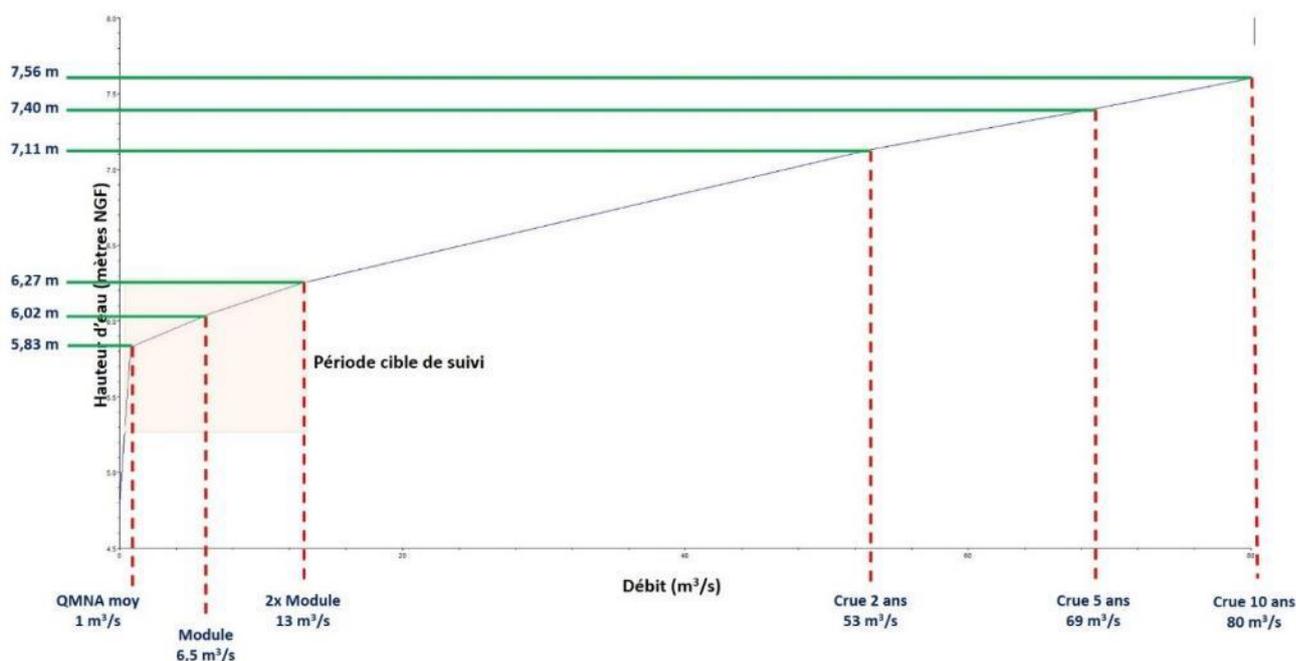


Un **profil en long de la zone d'étude** a pu être réalisé en poursuivant vers l'aval jusqu'au seuil du moulin de Keriell, celui-ci constituant le point de contrôle hydraulique aval de la ligne d'eau au droit du pont de la Chapelle. Sur ce profil en long, est **projeté l'évolution de la ligne d'eau** pour une gamme de débits allant du QMNA5 à la crue décennale.



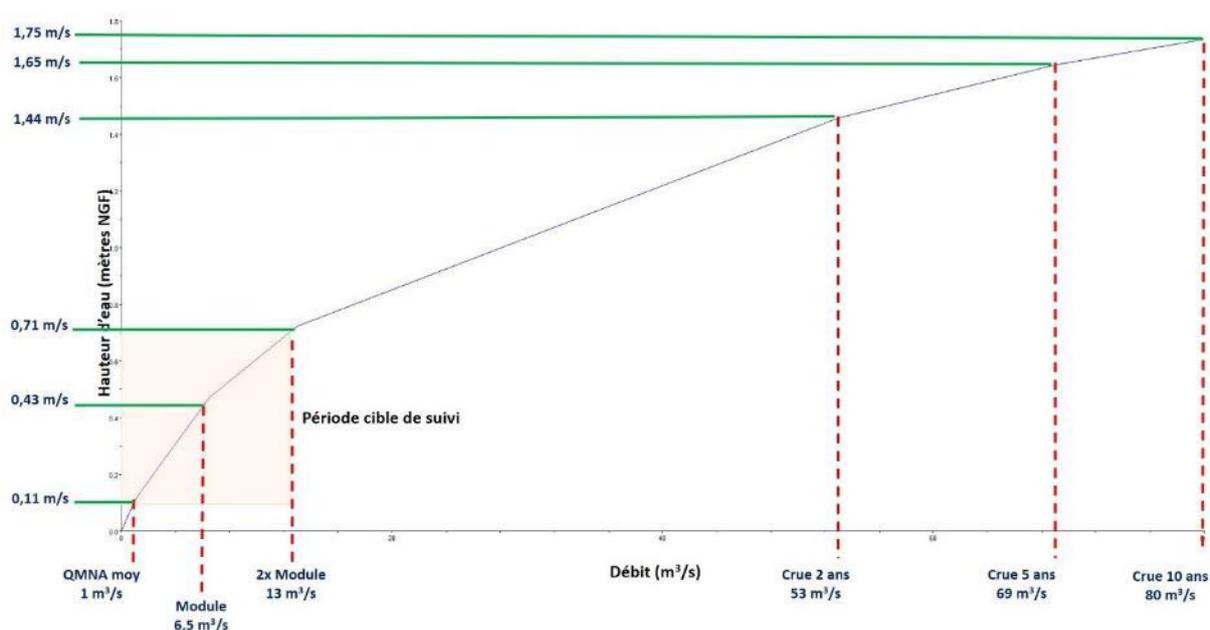
On constate sur la figure ci-dessus que même pour une crue quinquennale, **le pont est loin d'être en charge** et les arches conservent un tirant d'air important. A noter que la ligne de fond de la rivière est une valeur moyennée sur les profils en travers. Les hauteurs d'eau au droit du pont ne sont donc pas, sur cette figure, représentatives des hauteurs d'eau à prendre en compte pour le calage du dispositif de comptage. Ce point est abordé plus loin dans le document.

Les graphiques suivants illustrent plus précisément l'évolution de la hauteur d'eau et des vitesses moyennes d'écoulement au droit du pont en fonction du débit.



Relation hauteurs/débits au droit du pont de la Chapelle sur la rivière Léguer

En termes de vitesses d'écoulement, il est important de considérer ici qu'il s'agit de valeurs moyennes et qu'à l'échelle de la colonne d'eau et du profil en travers, il existe une hétérogénéité importante des vitesses, en particulier au droit du pont avec la présence des 2 piliers centraux dans le lit mouillé. Ceci étant ces valeurs permettent d'approcher grossièrement à la fois les **contraintes hydrauliques** auxquelles sera soumise la structure d'accueil du dispositif de suivi, et à la fois les **conditions d'attractivité et de fonctionnalité** dudit dispositif pour les différentes gammes de débits.



Relation vitesses/débits au droit du pont de la Chapelle sur la rivière Léguer

La principale observation est que globalement, les vitesses d'écoulement rencontrées au droit du pont dans la fenêtre cible de débits sont faibles. Entre l'étiage et le module, les vitesses devraient en effet être comprises entre **0.1 et 0.4 m/s**. A 2 fois le module, la vitesse moyenne d'écoulement n'est que de **0.7 m/s**. Il faut atteindre environ 30 m³/s pour que les vitesses atteignent **1 m/s**. Cette valeur de 1 m/s est une référence importante dans le cadre de dimensionnement d'un dispositif de comptage.

**En synthèse, sur la fenêtre de débit cible, allant de l'étiage à 2 fois le module, les hauteurs d'eau maximales au droit du pont varient entre 1 et 1.45 mètres et les vitesses moyennes d'écoulement entre 0.1 et 0.7 m/s.**

### 3/ Choix de la technologie de comptage

Le cahier des charges de l'étude a tout de suite écarté l'hypothèse d'un suivi **par piégeage physique** des individus en migration. Parallèlement, il souligne l'importance de **discriminer les espèces entre elles**, sachant que plusieurs des espèces cibles peuvent avoir des **ressemblances morphologiques** : saumon/truite de mer, alose/mulet, lamproie marine/anguille européenne. Ces ressemblances nécessitent de disposer d'informations suffisamment détaillées pour qu'un logiciel (détermination automatique ou semi-automatique) ou un opérateur (détermination manuelle) soit en capacité d'identifier les individus à l'espèce avec une marge d'erreur la plus faible possible.

Autre contrainte importante à intégrer dans le choix de l'outil de suivi, la **turbidité de l'eau**, qui peut se révéler importante sur le Léguer à la suite d'évènements pluviométriques. Bien que les migrations n'aient pas majoritairement lieu lors des pics de crue (et donc de turbidité), il reste important que l'outil soit efficace lorsque l'eau est chargée (notamment lors des petits coups d'eau estivaux ou lors des décrues).

Enfin, le cahier des charges insiste sur les temps de **post-traitement des données générées** par l'outil de suivi et souligne l'importance de disposer de moyens de filtrer efficacement les informations pour réduire le plus possible le temps humain à mobiliser. Il faut donc que la technologie soit associée à une interface informatique performante capable de produire ce travail de filtrage.

D'importantes recherches bibliographiques ont été menées dans le cadre de cette étude et plusieurs fournisseurs et utilisateurs de ces technologies ont été contactés afin de les questionner ou de recueillir leurs retours d'expérience.

A partir de ce travail, les **outils technologiques** peuvent être scindés en 2 groupes :

1/ Les outils indifférents (ou très tolérables) à la turbidité et donc capables de travailler sur une **profondeur de champ importante** ;

2/ Les outils dont l'efficacité est **directement liée à la turbidité** et qui nécessitent par conséquent de **réduire fortement la section de passage des poissons** pour être en capacité de les comptabiliser et identifier.

Au sein du groupe d'outils n°1, on recense les compteurs à résistivité, les sonars multifaisceaux, les caméras à imagerie acoustique et les caméras laser.

Au sein du groupe d'outils n°2, on retrouve les caméras vidéo ainsi que les scanners infrarouges.

#### 3.1/ Groupe d'outils n°1

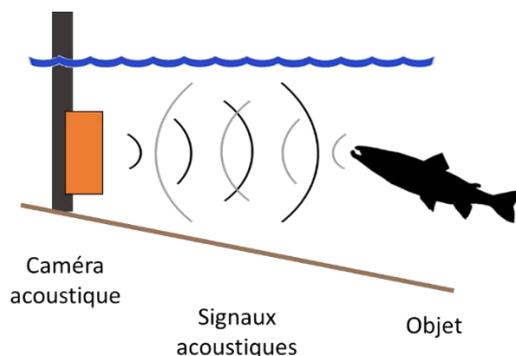
L'étude des capacités ainsi que des conditions d'utilisation des outils du groupe n°1 fait globalement ressortir qu'à ce jour, seules les **caméras à imagerie acoustique de haute définition** (3 MHz) et la **caméra laser** sont susceptibles de répondre (en tout ou partie) au besoin de mise en place d'un suivi en routine multi-espèces des migrations piscicoles.

Les spécificités techniques et d'utilisation de ces 2 types d'outils sont présentés ci-après.

### 3.1.1/ Les caméras à imagerie acoustique

#### Utilisation

Les caméras acoustiques ont été conçues pour une large de gamme de missions subaquatiques et en premier lieu **l'inspection d'ouvrages immergés**. Dans le cadre de cette utilisation, les caméras sont utilisées **en mobile** et filment les objets **par le dessus**. L'utilisation en rivière se place donc dans une configuration d'utilisation opposée puisqu'il s'agit de positionner la caméra **en fixe** et d'acquérir les images **par le côté** (voir schéma ci-après).



#### Fonctionnement et positionnement théorique d'une caméra acoustique en rivière

Les caméras acoustiques permettent d'avoir une **image monochrome** avec différentes nuances des éléments présents dans la colonne d'eau et sur le fond. Cette technologie permet d'acquérir des données de nuit mais **aussi dans des conditions turbides**. Depuis les années 2010, des caméras dites à **faisceaux multiples** ont été mises sur le marché. L'augmentation du nombre de faisceaux a permis d'augmenter le volume d'échantillonnage mais surtout de pouvoir **affiner le suivi des objets** avec des notions de vitesse de déplacement, direction, trajectoires, ... En d'autres termes, le multifaisceau a permis de pouvoir **décrire des comportements** (Martignac et al, 2015)<sup>2</sup>.

Parallèlement, les caméras ont aussi vu **augmenter leur fréquence**, permettant une réflexion plus fine des ondes acoustiques et donc un meilleur rendu concernant la forme du corps mais aussi la possibilité de mesurer des tailles d'objet. Aujourd'hui, les caméras les plus performantes du marché disposent d'une **fréquence maximale de 3 MHz**.

Ceci étant, il existe un panel de produits chez différents fournisseurs avec différentes fréquences, différents tarifs, ... (voir exemples ci-dessous)



De gauche à droite, Oculus M1200d, Blue view M900-2250, Aris explorer 3000  
 Source : Soundmetrcs, Subsea Tech

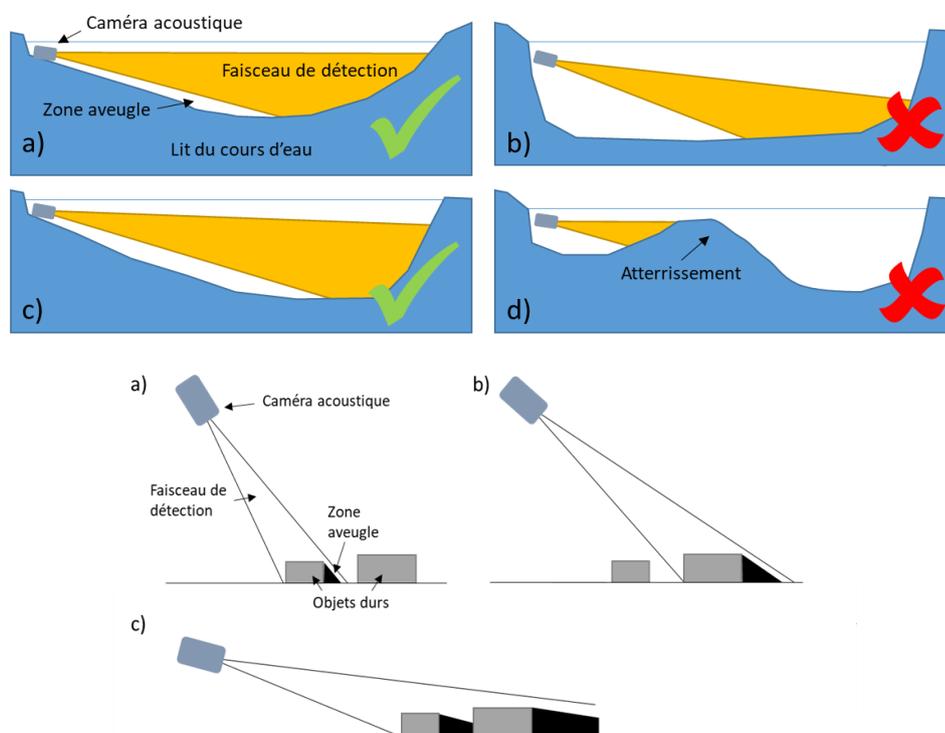
<sup>2</sup> Martignac F., Daroux A., Baglinière JL., Ombredane D., Guillard J., 2015. The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. FISH and FISHERIES ,16, 486–510 pp.

### Mise en œuvre in situ

La mise en place sur site des caméras acoustiques est **relativement aisée** comparativement au groupe d'outils n°2 (voir partie suivante). En effet, leur implantation nécessite une **structure physique de faible envergure** et complexité et surtout, leur efficacité en eaux turbides ne **nécessite pas (ou peu) de contraindre le passage des poissons**.

Généralement, les caméras sont installées sur un mât métallique implanté à partir d'un ouvrage d'art (quai, pont, écluse,...) ou battu dans le fond de la rivière. L'**entretien** des caméras est également aisé, il consiste essentiellement à un nettoyage complet du boîtier au sein duquel des matières fines peuvent s'accumuler et causer, sur le long terme, des dégâts matériels importants.

Le point le plus complexe dans la mise en œuvre d'une caméra acoustique est le **choix du site** et la **localisation/orientation de la caméra** pour obtenir le champ de vision souhaité. Il faut notamment éviter toute singularité topographique susceptible de générer des **zones dites « aveugles »**, tel qu'illustré ci-dessous.

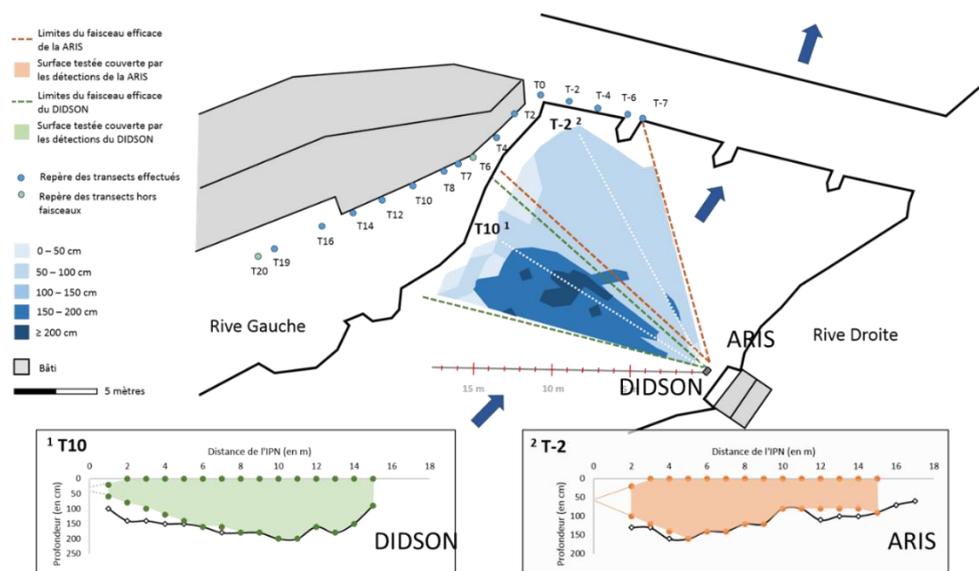


Principes de positionnement/orientation d'une caméra acoustique pour un suivi en rivière (d'après Pipal *et al*, 2010)<sup>3</sup>

Compte-tenu de cette difficulté technique, il est largement conseillé de **prévoir une étape préalable de calibration du volume** couvert par la caméra acoustique (« **beam mapping** ») et de procéder aux ajustements jusqu'à obtenir la couverture souhaitée. Cette étape peut s'avérer **longue et fastidieuse** en fonction de la hauteur d'eau, de la surface à couvrir, de l'hétérogénéité de la topographie du site et de la précision souhaitée en termes de champ couvert.

<sup>3</sup> Pipal K, Jessop M, Holt G, Adams P (2010). Operation of Dual Frequency identification sonar (DIDSON) to monitor adult steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) in the central California coast, in: COMMERCE, U.S.D.O., Administration, N.O.a.A., Service, N.M.F., Center, S.F.S. (Eds).

Nous détaillerons plus loin les déterminants à prendre en compte dans le cas d'une utilisation potentielle sur le Léguer.



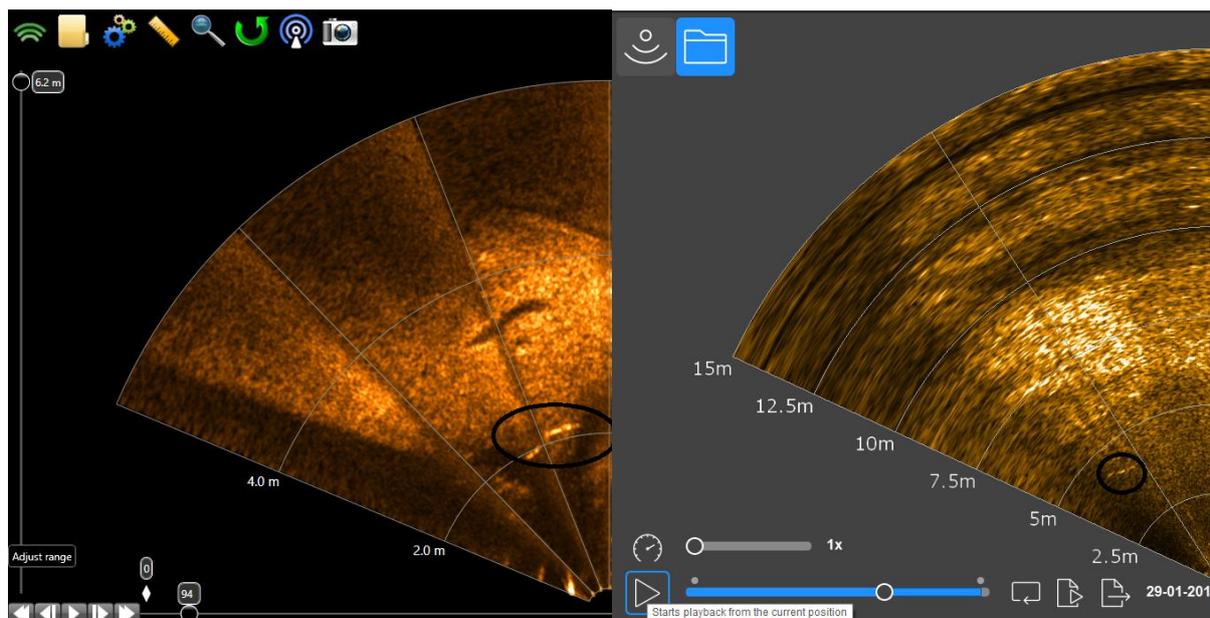
Exemple de beam mapping comparatif entre 2 caméras (DIDSON et ARIS Explorer) réalisé sur la Sélune (in Martignac, 2020)<sup>4</sup>

### Données acquises

Les modèles de caméras susmentionnées fonctionnent tous avec un **système acoustique à lentille unique** qui permet de concentrer les faisceaux et ainsi créer des images hautes résolutions se rapprochant de celles produites par des caméras vidéo. Dans la perspective de discriminer des espèces piscicoles morphologiquement proches, il faut retenir que la fréquence utilisée est très déterminante. D'après nos échanges avec différents experts et utilisateurs français de ces outils (François Martignac, INRAE Rennes ; Vanessa Lauronce, association MIGADO ; Elsa Amilhat, Université de Perpignan), il paraît incontournable d'**utiliser la fréquence la plus haute** aujourd'hui disponible sur le marché dans l'optique de discriminer la diversité des espèces présentes sur le Léguer au droit du site de Buhulien ; il s'agit de la **fréquence 3.0 MHz**, disponible uniquement sur les caméras **ARIS Explorer** et, à compter de 2021, sur les caméras **Blueprint Oculus**. L'importance de la fréquence dans la détermination des espèces filmées peut être illustrée par la comparaison page suivante, sur laquelle on peut nettement distinguer l'amélioration de la qualité de l'image entre les fréquences 1.2 et 2.25 MHz.

On observe également des différences en termes de qualité d'images entre 2 caméras de constructeur différent à fréquence équivalente. L'INRAE de Rennes (UMR ESE) a réalisé un test comparatif sur la Sélune entre une caméra DIDSON et une caméra ARIS à une fréquence de 1.8 MHz. Ce test a clairement mis en évidence une **meilleure qualité d'images produites chez la ARIS**. Aussi, lorsque cette caméra est utilisée à fréquence 3.0MHz, elle semble offrir de vraies opportunités de discrimination précise des espèces (dans des configurations précises que nous développerons plus loin), tel qu'illustré dans les images page suivante, fournies par Soundmetrics.

<sup>4</sup> Martignac F., 2020. Les caméras acoustiques : outils innovants et non intrusifs pour décrire la faune aquatique. INRAE UMR ESE, OFB. Présentation powerpoint



Anguilles argentées filmées à gauche par une blueview M900-2250 et à droite par une Oculus M1200d (Source : photographies de Vanessa LAURONCE, Association MIGADO)

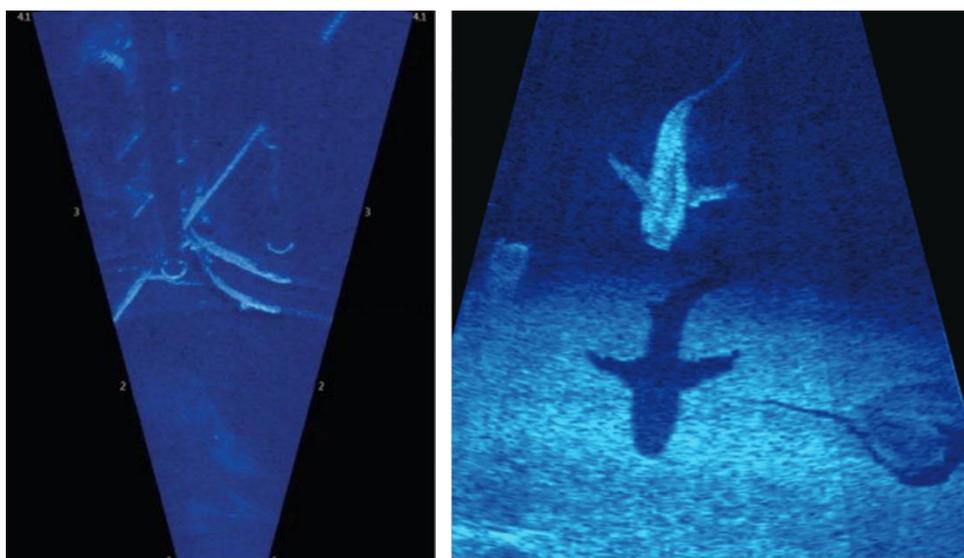
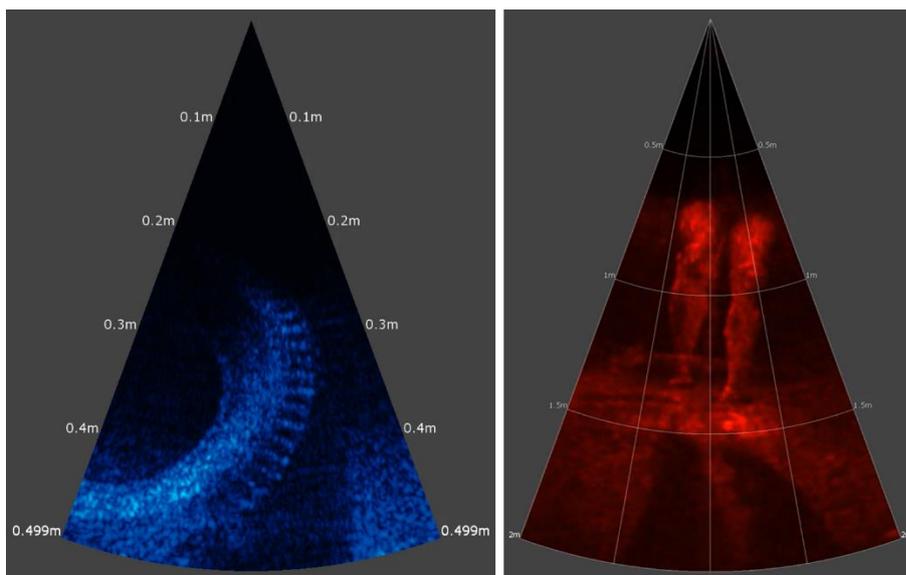


Illustration de la qualité des images fournies par une caméra ARIS Explorer utilisée à haute fréquence 3.0 MHz (Source : Soundmetrics)

Au cours du **premier trimestre 2021**, la société Blueprint annonce la sortie d'une caméra bifréquence **Oculus** permettant de travailler également à **3.0 MHz** (*comm.pers.* SubseaTech France).

Les **spécificités techniques** détaillées de cette nouvelle caméra ne sont pas communiquées à ce jour, ce qui ne nous permet pas d'établir une comparaison des spécificités entre l'Oculus M3000d et la ARIS Explorer 3000. La société SubseaTech, distributrice en France des caméras Blueprint a toutefois communiqué des **premières images** fournies par cette nouvelle caméra.



**Illustration de la qualité des images fournies par une caméra Blueprint Oculus M300d à fréquence 3.0 MHz (Source : SubseaTech/Blueprint)**

Sans pouvoir aborder les spécificités techniques, nous pouvons toutefois d'ores et déjà souligner une différence majeure entre ces 2 caméras haute fréquence : leur **tarif d'achat**. Aujourd'hui, une caméra ARIS Explorer 3000 s'achète aux alentours de **90 000 \$US** (+/- 75 000 €) alors que l'Oculus M3000d est annoncée aux alentours de **25 000 €**.

Quelque soit la caméra acoustique considérée, il existe 3 grandes contraintes à l'utilisation de cet outil dans le cadre d'un suivi en routine de flux de migration :

- **Caractéristiques du champ de vision :** les **angles d'ouvertures** des caméras acoustiques sont fixes, seule un changement de fréquence permet de disposer d'angles différents. Les fréquences les plus basses disposent des angles d'ouvertures les plus élevés. Le point le plus contraignant pour une utilisation en rivière est l'angle d'ouverture vertical. En effet, par exemple, pour l'Oculus M3000d, à la fréquence 3.0MHz, l'angle vertical est de seulement 12°, contre 45° en horizontal. Cela signifie qu'**avec un recul de 5 mètres de la caméra, on parvient seulement à filmer une hauteur d'eau de 1.05 mètre** (4.14 mètres en horizontal). Parallèlement, la lentille des caméras acoustiques ne permet de focaliser qu'à une distance d'environ 1 mètre. Enfin, utilisées à 3.0 MHz, les caméras acoustiques sont capables de filmer sur une profondeur de champ maximale de 5 mètres. Ces 3 critères sont donc particulièrement critiques dans le design d'implantation d'une caméra acoustique dans la perspective d'un suivi exhaustif des passages de poissons (voir partie suivante). La **vitesse maximale d'acquisition** des caméras est de l'ordre de 20 images/seconde, ce qui assure une bonne fluidité lors des visionnages et offre des images suffisamment précises pour identifier le sens de déplacement des poissons. Les **images sont enregistrées en deux dimensions**, avec une résolution disponible dans les dimensions X et Y (profondeur et axe horizontal) mais pas dans la dimension verticale. Aussi, dans une configuration d'utilisation en rivière (caméra filmant horizontalement, faisceau perpendiculaire au sens d'écoulement des eaux), les caméras acoustiques permettent de mesurer la distance entre le poisson et la caméra, son sens de déplacement (montaison/dévalaison) **mais pas sa position dans la colonne d'eau**.

- **Le post-traitement des images** : il n'existe pas aujourd'hui de solution logicielle fonctionnelle pour une utilisation en routine telle que prévue sur une STACOMI. Les fournisseurs des caméras (Soundmetrics, Blueprint) proposent des logiciels de traitement des données mais les utilisateurs français les jugent peu efficaces, en particulier en termes de procédure de pistage automatique. Ces mêmes utilisateurs ont testé d'autres logiciels (Sonar5Pro, EchoView) **conçus pour des échosondeurs** et ils évaluent une **réduction par trois du temps de post-traitement** par rapport à la méthode manuelle du logiciel constructeur (Daroux *et al.*, 2014)<sup>5</sup>. Ce gain reste très limité dans la perspective d'un suivi 24h/24, 7j/7. En France, un groupe d'experts travaille sur le développement d'un logiciel adapté aux besoins des utilisateurs type STACOMI. Ce travail fait actuellement l'objet d'une **thèse au sein de l'INRAe Rennes UMR ESE**, une première version du logiciel devrait être disponible mi-2021 (en **opensource**). Parallèlement, la société SubseaTech a développé un logiciel pour les caméras Oculus, logiciel déjà commercialisé mais encore jamais testé par un utilisateur en France (coût de la licence = **5 400 € HT**). Il serait donc particulièrement intéressant de procéder à un **test comparatif du logiciel SubseaTech et du logiciel INRAe** ;
- **Le volume des données produites** : les images produites par les caméras acoustiques haute résolution ont un inconvénient de poids dans leur utilisation en routine sur le terrain, la **taille des fichiers générés**. A titre d'exemple, pour la caméra ARIS Explorer, en travaillant à 1.8 MHz (soit à basse fréquence), 24 heures d'acquisition génèrent 115 Go de fichiers, **soit 3.2 To pour 1 mois**. Nous ne disposons pas d'estimatif aussi précis pour la taille des fichiers générés sur 24 heures à la fréquence 3.0 MHz mais il est probable que cela représente près du double, soit environ **6 To de fichiers générés pour un mois de suivi**. Cette caractéristique nécessite de grandes capacités de stockage sur site et l'utilisation de postes informatiques puissants pour le post-traitement des données.

### *Intérêt d'une étude de faisabilité/calibration sur le Léguer*

Dans une première approche, la caméra acoustique avait été écartée des outils jugés pertinents dans le cadre de l'installation d'une STACOMI hors ouvrage transversal sur le fleuve Léguer. Les principaux points qui avaient abouti à cette conclusion étaient les suivants :

- Qualité des images produites et **capacité à discriminer les espèces** entre elles ;
- **Design d'implantation** pour mettre en place un comptage exhaustif des flux migratoires ;
- **Prix** du matériel (cf. ARIS Explorer 3000) ;
- **Logiciels de post-traitement non-aboutis** pour une utilisation type « STACOMI ».

Mais au cours de l'année 2020, différentes annonces ont amené à réappréhender ces conclusions :

- Annonce par Buleprint de la sortie d'une caméra Oculus 3.0M Hz commercialisée **plus de 3 fois moins chère que la ARIS Explorer** ;

---

<sup>5</sup> DAROUX A., MARTIGNAC F., GUILLARD J., 2014. Utilisation de la caméra acoustique DIDSON pour le suivi en rivière des poissons migrateurs. Le cahier des Techniques de l'INRA 2014 (83) n°3. 9 p.

- Développement abouti ou quasi-abouti de **logiciels de post-traitement** ciblés sur une utilisation type STACOMI (logiciel FISH-COUNT de SubseaTech et logiciel opensource INRAE UMR ESE).

Aussi, nous considérons aujourd'hui que la caméra acoustique pourrait représenter un intérêt dans une utilisation sur le Léguer. En particulier, cet intérêt se manifeste en termes de **simplification du design d'implantation**, en comparaison à l'outil vidéo-comptage (voir partie 4 dédiée). A titre de comparaison, la caméra acoustique 3.0 MHz permet de filmer sur une **profondeur de champ de 5 mètres** alors que la caméra vidéo, très sensible à la turbidité de l'eau, nécessite de restreindre fortement la zone de passage des poissons (**50-60 cm**). Il est donc très probable que la **structure physique associée** à la caméra acoustique soit sensiblement plus légère et moins complexe à mettre en œuvre et à entretenir que celle proposée pour le vidéo-comptage (partie 4).

Néanmoins, l'utilisation d'une caméra acoustique en routine sur une STACOMI n'a **encore jamais été initiée en France**. De même, nous identifions de nombreux points techniques à approfondir, au-delà de la présente étude, pour **mieux préciser les modalités d'implantation et d'utilisation** sur le Léguer. Nous suggérons donc de programmer, à l'horizon 2021 ou 2022, **une étude de faisabilité *in situ*** (en maintenant le choix du site de Buhulien) qui pourrait avoir les objectifs suivants :

- **Tester différents matériels en parallèle**, dans les mêmes conditions, afin de comparer les résultats et d'orienter le choix du bon outil à partir d'une analyse multicritères (tarif, qualité des images, volume des fichiers générés, disponibilité d'un logiciel de post-traitement, ...). Nous préconisons de tester les matériels suivants :
  - Caméra Oculus M3000d
  - Caméra ARIS Explorer 3000
  - Caméra Laser UTOFIA (voir partie suivante)
  - Option : Sondeur à balayage dernière génération type GARMIN Panoptix LiveScope
- **Réaliser un design d'implantation** avec choix précis du site de pose de la caméra, orientation en fonction du fond du lit et du champ à couvrir, description fine du champ de vision, définition de la structure physique pour assurer un comptage exhaustif des passages de poissons.
- **Définir un budget acquisition/implantation + suivi/entretien en routine**, à l'instar de ce qui a été proposé à l'issue de la présente étude pour le vidéo-comptage.

Pour mener cette étude de faisabilité, nous proposons de se rapprocher de l'INRAE UMR ESE et de **François Martignac** dans l'optique d'identifier les possibilités de collaboration et d'un accompagnement scientifique sur cette phase pré-figurative. Au-delà de cet accompagnement, un **prêt pour test de la caméra ARIS Explorer 3000** pourrait être envisagé.

S'agissant des autres matériels, il sera nécessaire de se rapprocher des constructeurs ou de leur(s) représentant(s) en France pour négocier les coûts d'une location pour une période de test *in situ*. A titre informatif, **Subseatech** a communiqué le coût d'une location pour **2 semaines** d'une caméra Oculus M3000d avec le logiciel FISH-COUNT = 2 500 € HT.

Dans l'hypothèse d'une collaboration avec l'INRAe Rennes, nous estimons une enveloppe de 10 à 15 k € HT nécessaire pour mener ce test complet, le chiffrage pouvant varier en fonction du nombre de matériels testé, de la durée des tests, du niveau de finesse attendu pour la configuration du design d'implantation, ... A noter que compte-tenu des développements en cours ou déjà réalisés sur les parties matérielles et logicielles, il n'a pas été possible d'identifier des partenariats potentiels avec des entreprises locales de Photonics Bretagne.

### 3.1.2/ La caméra laser UTOFIA

L'UTOFIA (Underwater Time Of Flight Image Acquisition) est une **caméra subaquatique compacte avec éclairage laser intégré** qui fournit des images visuelles et des **données 3D à haute résolution**. Elle utilise une technologie d'imagerie à distance pour capturer des images sous-marines en réduisant l'**effet de rétrodiffusion sur la matière en suspension**. La visualisation en temps réel permet une interprétation aisée des images, y compris des informations spatiales.

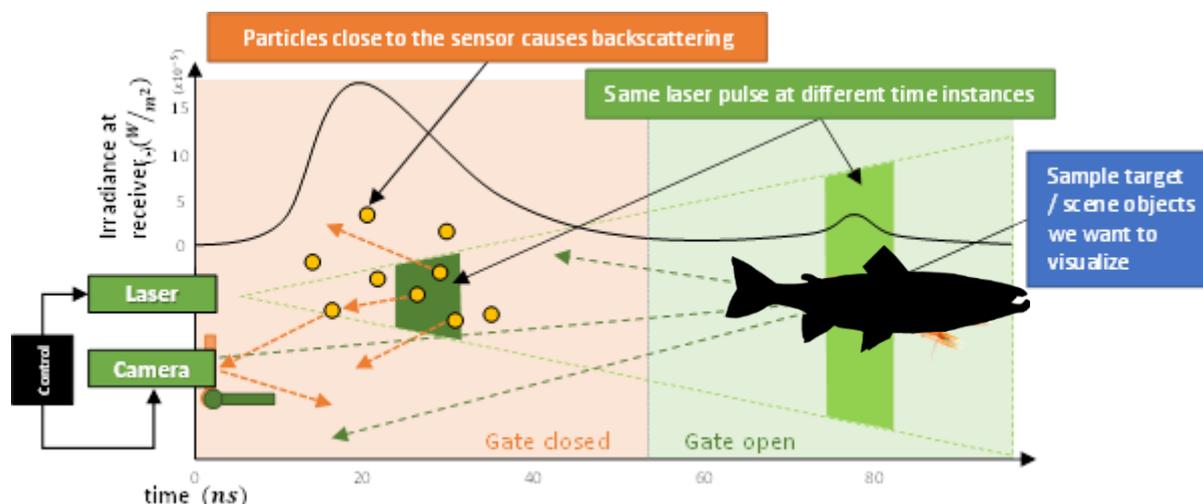


Schéma théorique de fonctionnement de la technologie UTOFIA

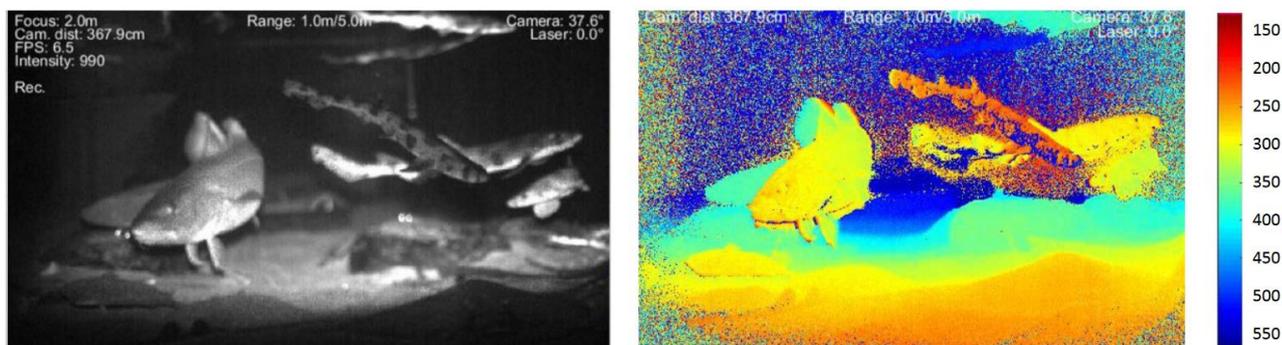
#### Utilisation

Développée pour un large panel de missions subaquatiques, elle est en quelque sorte à **mi-chemin** entre une caméra vidéo haute définition standard et une caméra acoustique. Grâce à sa technologie laser, sa **performance en eaux turbides** est augmentée par rapport à une caméra vidéo classique et les tests en milieu marin font état de **résultats probants sur des distances de 0 à 6-7 mètres**. Nos échanges avec la société SubseaTech, en charge de l'industrialisation et de la commercialisation future de cet outil, ont abouti à identifier cette technologie comme potentiellement pertinente pour le cas du Léguer.



Caméra laser UTOFIA ; source : © UTOFIA (Subsea Tech/SINTEF)

En particulier, la qualité des images produites apparaît supérieure à celle pouvant être générée par les caméras acoustiques, même à haute fréquence. Aussi, sur le Léguer où plusieurs espèces disposent de morphologie proche, cette **qualité supérieure des images** peut se révéler un sérieux avantage.



**Illustration du type d'images en 2D (à gauche) et 3D (à droite) produites par la caméra UTOFIA**

Par ailleurs, l'optique utilisée pour cette caméra permet de disposer d'un **champ de vision sensiblement plus important** que celui offert par les caméras acoustiques puisqu'il est annoncé un champ à **70° en diagonal** (focale de l'optique = 10.5/17.5 mm). C'est un point important en termes de design d'implantation et de structure guide nécessaires pour obtenir un comptage exhaustif des passages de poissons.

La caméra UTOFIA a été développée dans le cadre d'un **projet européen HORIZON 2020** et destinée à des utilisations **en milieu marin**. Comme pour les caméras acoustiques, cet outil n'a donc pas été développé dans la perspective d'une utilisation telle qu'imaginée sur le fleuve Léguer. Cet état de fait nécessite de **prévoir un test *in situ*** pour mieux déterminer la pertinence de cette caméra dans les conditions du Léguer et bien identifier les modalités et contraintes d'utilisation en routine.

#### *Disponibilité du matériel*

Le projet UTOFIA est désormais achevé et lui succède d'autres projets visant à progresser sur d'autres aspects de l'outil, et en particulier le développement de logiciel de post-traitement au travers du **programme BIOSYS** porté par des espagnols. Le livrable de ce projet (un **logiciel « utilisateur »**) est attendu pour **mars 2021**.

De son côté la société SubseaTech progresse sur la phase d'industrialisation. **3 caméras UTOFIA** sont aujourd'hui en cours de construction et leur livraison est attendue pour la fin du **1<sup>er</sup> semestre 2021**. A cette date, il devrait être possible de louer un modèle pour réaliser un test *in situ*. Ce calendrier est **en cohérence avec la sortie du logiciel utilisateur** et avec la possibilité de programmer un test comparatif avec d'autres matériels courant 2021 ou 2022.

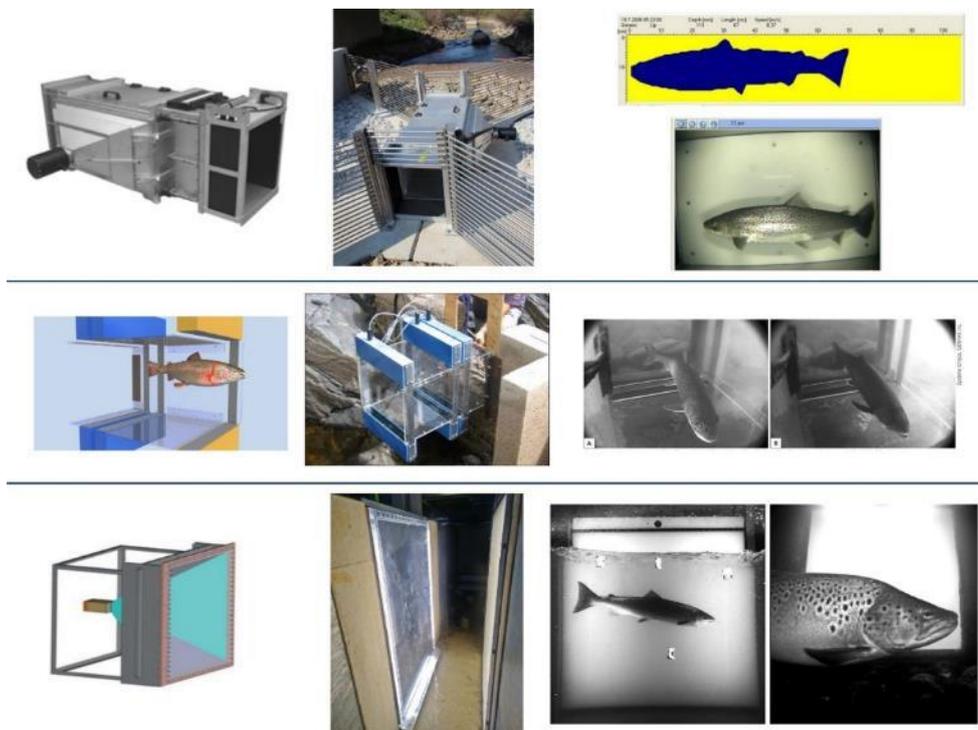
En termes de tarifs, rien n'est officiellement communiqué par SubseaTech. Toutefois, le tarif de la caméra devrait se placer **autour de 50 000 € HT**. Nous n'avons pas d'information concernant le logiciel et le coût de location de la caméra + logiciel.

Enfin, les spécificités techniques de la caméra UTOFIA ne sont pas complètement finalisées et donc disponibles. Ceci étant, la **fiche technique** sur le site Internet du projet permet d'ores et déjà de bien cerner l'outil. La fiche est disponible au lien suivant : [https://www.utofia.eu/wp-content/uploads/2018/03/UTOFIA\\_specifications\\_sheet.pdf](https://www.utofia.eu/wp-content/uploads/2018/03/UTOFIA_specifications_sheet.pdf)

### 3.2/ Groupe d'outils n°2

Parmi les outils du groupe 2, on distingue les caméras vidéo, les scanners infra-rouges ainsi que certains outils couplant ces deux technologies. En l'état de nos recherches, 3 types d'outils ont été identifiés :

- Le **Riverwatcher de la société VAKI** (Islande) représenté en Europe par la société BIOMARK (couple scanner IR et caméra) ;
- L'**IchtyoS de la société WSP** (Québec) représenté en Europe par la société PROFISH Technology (couple scanner IR et caméra) ;
- Les **systèmes Ibaï Begi** de la société HIZKIA (France, Pays Basque).



**Illustrations des outils, d'exemples d'installations in situ et des images produites par le Riverwatcher (haut), l'IchtyoS (milieu) ou les systèmes Ibaï Begi (bas)**

D'autres types de matériel utilisant la caméra vidéo ont été développés plutôt dans l'optique de réaliser des **observations ciblées et ponctuelles** de la faune aquatique. Ces outils, par leurs caractéristiques techniques et de fonctionnement, n'ont pas été jugés pertinent pour la réalisation de comptages exhaustifs en routine comme pour le cas du Léguer. Parmi ces outils, on peut citer :

- **HydroCam** de la société lamHydro (Allemagne) ;
- Caissons et caméras **Abyse** de la société LC Tech (France) ;
- Prototypes « home made » de la société **FISHBIO** (Etats-Unis).



**Illustrations de différents outils pour les suivis vidéos ponctuels ou ciblés (Hydrocam à gauche, caissons caméras Abysses eu centre, prototype FISHBIO à droite)**

A la lumière de ces éléments, les outils jugés les plus pertinents dans le cadre du projet sur le Léguer sont donc le Riverwatcher, l'IchtyoS et les systèmes Ibaï Begi. Il est important de préciser ici que ces outils disposent également de leurs limites d'utilisation dans le cadre d'un projet tel que celui du Léguer. En d'autres termes, **il n'existe pas aujourd'hui d'outil et de technologie suffisamment au point pour cocher toutes les cases du cahier des charges.**

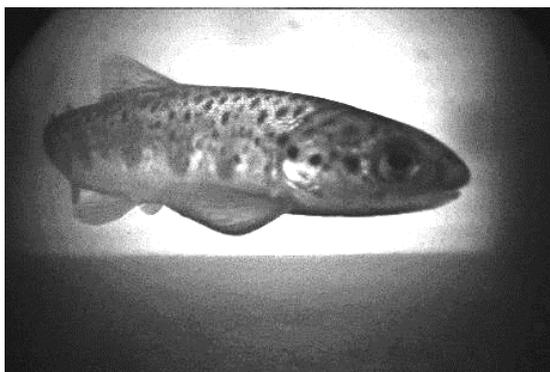
Que ce soit le Riverwatcher, l'IchtyoS ou les systèmes Ibaï Begi, on retrouve à chaque fois la nécessité de **contraindre fortement la zone de passage des poissons**. Cette contrainte est liée à la capacité limitée de ces outils à être efficace avec des eaux turbides, que l'outil fonctionne à partir du scanner IR ou de caméras vidéo. Le Riverwatcher et l'IchtyoS sont des **outils standardisés**, c'est-à-dire qui fonctionnent avec des modules immergés dont les **dimensions sont identiques, quelque soit le site d'étude**. Les systèmes Ibaï Begi sont quant à eux **complètement modulaires**, mais ils restent contraints par la turbidité et le chenal de visualisation des poissons ne peut excéder **55-60 cm de large** (possibilité de doubler cette largeur en installant 2 systèmes identiques en vis-à-vis). Pour le Riverwatcher et l'IchtyoS, la largeur de la section de passage des poissons est de **40 cm**. La hauteur de cette section est de +/- 60 cm sur les 2 outils, toutefois, il est possible de doubler cette hauteur dans le cas du Riverwatcher (voir illustration page suivante).



**Design d'un double Riverwatcher (largeur = 40cm ; hauteur =120 cm ; ©VAKI)**

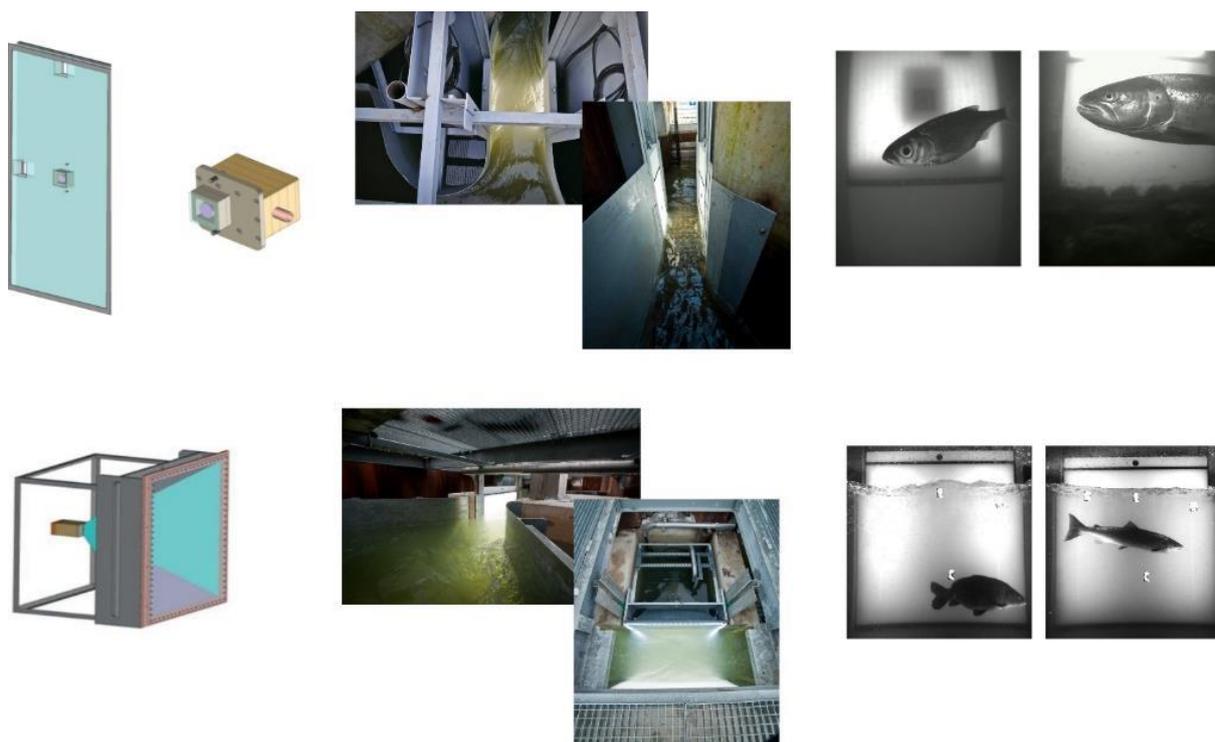
Les systèmes Ibaï Begi offrent plusieurs types d'appareils immergés en fonction des contraintes dimensionnelles locales et des objectifs de suivi biologique. Les différents appareils se distinguent **en 2 groupes à partir du type de caméra** avec lesquels ils fonctionnent :

- Les **appareils à focale très courte** (2.1 ou 2.8mm). Leur caractéristique est de pouvoir être placé très proche du passage des poissons. Ces appareils peuvent ainsi être positionnés lorsque les contraintes de place sont importantes. Les caméras à focale très courte ont en revanche l'inconvénient de provoquer une déformation assez sensible des objets filmés (voir illustration ci-dessous sur un smolt de saumon), notamment ceux au premier plan, ce qui empêche toute possibilité de mesurer précisément la taille de ces objets. A l'inverse, on obtient des images avec beaucoup de détails, élément qui peut être intéressant pour l'utilisateur : reconnaissance individuelle à partir de la livrée de certaines espèces (notamment les salmonidés), description de l'état physique externe des poissons ;



- Les **appareils à focale moyenne** (4 à 6mm). Les caméras n'engendrent pas de déformation, il est donc possible de réaliser des mesures précises de la taille des poissons. La caméra doit être reculée par rapport à la zone de passage (environ 1 mètre de recul pour filmer une hauteur d'eau de 1.5 mètre), ce qui induit des dimensions plus importantes pour ce type d'appareil.

La figure ci-après illustre les 2 types d'appareils immergés Ibaï Begi ainsi qu'un exemple d'installation et le type d'images acquises.



La différence la plus importante entre d'un côté les outils Riverwatcher et IchtyoS et de l'autre, les systèmes Ibaï Begi, c'est la **modularité pour s'adapter à la hauteur d'eau**, et notamment la variabilité de ce paramètre lorsqu'on se place en rivière naturelle.

Il a été vu précédemment qu'au droit du pont, la hauteur d'eau maximale varie **entre 1 mètre et 1.45 mètre dans la fenêtre de débit cible**. Avec de telles hauteurs, l'utilisation de l'IchtyoS s'avère fortement contraignante car elle nécessiterait de guider les passages de poissons à la fois latéralement et dans la colonne d'eau, ce qui est problématique vis-à-vis du comportement des poissons (augmentation du risque d'évitement) mais surtout en termes d'**entretiens en routine** et donc de **fonctionnalité globale du dispositif**.

Le **Riverwatcher, dans sa version double** (120 cm de hauteur par 40 cm de largeur), conviendrait davantage, mais dans l'optique d'un dimensionnement pour une efficacité jusqu'à deux fois le module, cet outil imposerait des contraintes en termes d'implantation au droit du pont de la Chapelle (impossibilité d'implantation au droit de l'arche centrale notamment).

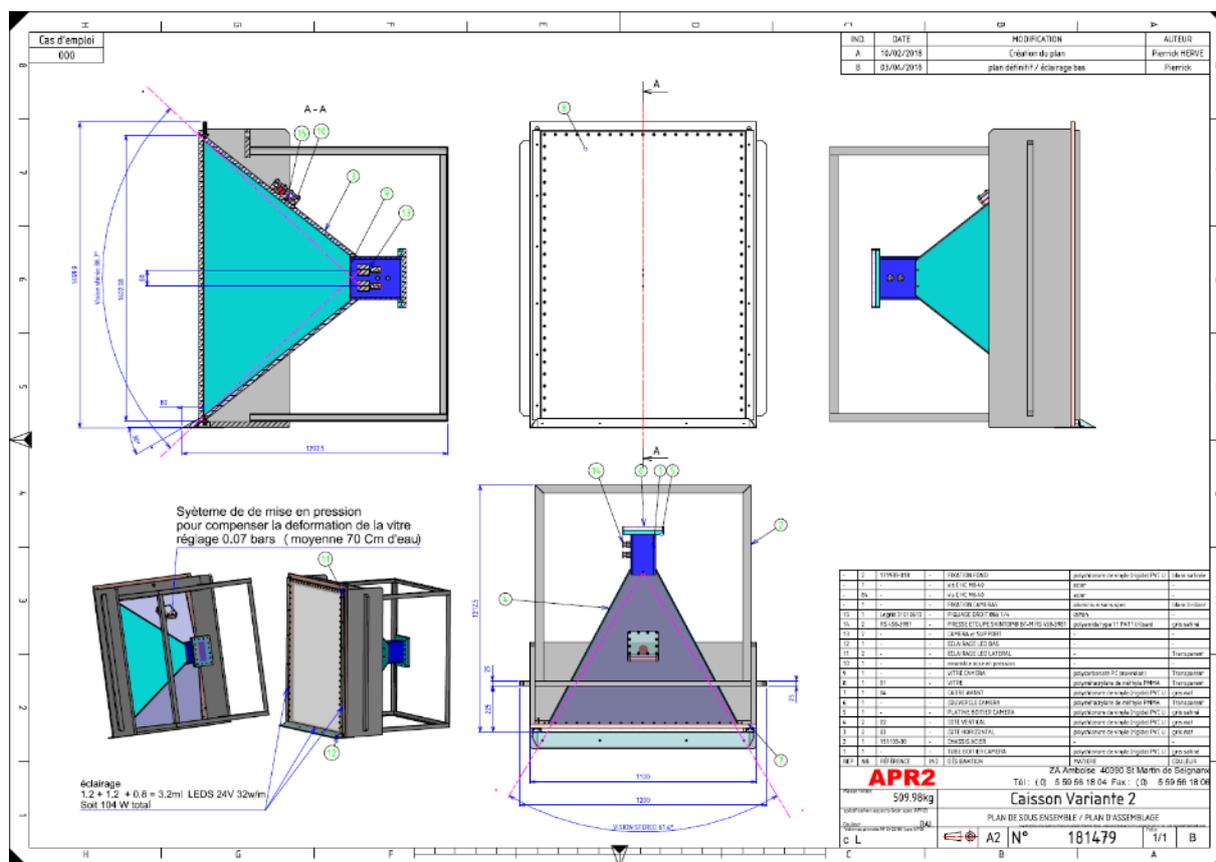
**Aussi, pour l'étude au stade esquisse de l'implantation d'un dispositif de comptage au droit du pont de la Chapelle, nous avons fait le choix de retenir les systèmes Ibaï Begi, et plus précisément la gamme d'appareils à focale moyenne permettant une mesure précise des poissons. Il s'agit de la chambre amovible.**

## 4/ Projet détaillée d'une STACOMI par vidéo-comptage et structure « guide »

### 4.1/ Description de la chambre amovible

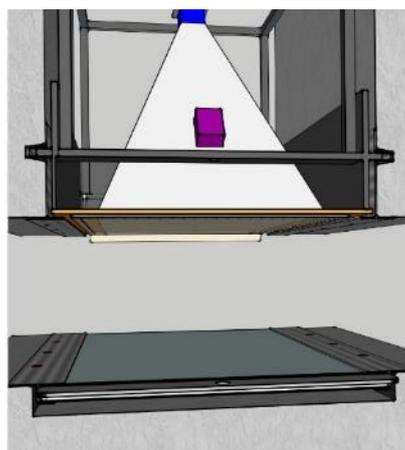
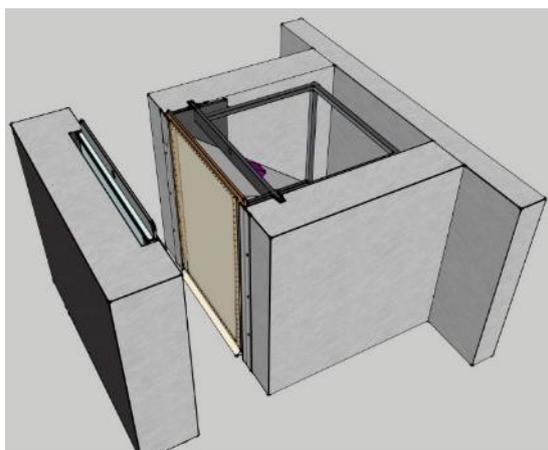
Cet appareil équipe aujourd'hui **3 passes à poissons en France** : l'ouvrage de Gurmençon sur le Gave d'Osseau (exploitat privé : Mme. Etchegoyen), de Belleville-sur-Meuse sur la rivière Meuse (exploitant SEMAO), l'ouvrage d'Huttenheim sur la rivière Ill (exploitant Région Grand Est, gestionnaire de l'outil association Saumon Rhin).

Le format classique d'une chambre amovible est, plus ou moins, **un cube dont les dimensions sont adaptées à la hauteur d'eau à filmer**. Son principe de fonctionnement est équivalent à celui d'un téléviseur à **tube cathodique** (voir plan type ci-dessous).



Pour optimiser la performance des caméras en lien avec la turbidité et assurer un suivi de jour comme de nuit, la chambre amovible doit être **associée à des éclairages**. Deux types d'éclairage sont préconisés : un **panneau rétro-éclairant** (environ 120x150 cm) positionné face à la chambre, et **des bandes LED en périphérie de la vitre** de la chambre (voir photo et schéma ci-dessous). Ainsi, on dispose à la fois d'un rétro-éclairage et de l'éclairage direct, chaque type d'éclairage disposant de ces propres intérêts et performances en fonction des conditions de luminosité et turbidité.

Aujourd'hui, ces éclairages sont montés avec des **LEDs standards** mais il est possible d'utiliser des **LEDs infra-rouge** dans la perspective de limiter la consommation électrique et, probablement, de réduire les effets sur le comportement des poissons.



Compte-tenu de la hauteur d'eau à filmer, les caractéristiques dimensionnelles prévues pour les appareils immergés sont les suivants :

- **chambre amovible : hauteur = 150cm ; largeur = 110 cm ; profondeur = 95 cm ;**
- **panneau rétroéclairage: hauteur = 150cm ; largeur = 150 cm ; profondeur = 6.5 cm.**

La principale contrainte liée à l'utilisation de la chambre amovible est **son poids**. En effet, en lien avec le vide d'air créé dans la partie pyramidale, **l'utilisation d'un lest** est requise afin d'équilibrer la chambre et de s'assurer de son maintien sur le fond de la rivière. En tenant compte des dimensions susmentionnées, le poids dans l'air de la chambre devrait être aux **alentours de 500 kg** (le panneau rétro-éclairant pèse quant à lui environ 90 kg dans l'air). Un tel poids impose un **système de levage adapté** pour assurer l'entretien en routine du dispositif. Ce point sera plus largement abordé ultérieurement dans le document.

La chambre et les éclairages sont pré-câblés en atelier et rendus complètement étanches. Ces appareils sont **alimentés en basse tension (24V)** et la chambre amovible est reliée (1 câble RJ45 par caméra) à un **ordinateur d'acquisition** placé dans une armoire technique à proximité du site (exemple ci-après).



#### 4.2/ Design et implantation générale du dispositif de comptage

Une fois l'outil de comptage identifié, le plus grand challenge technique reste **son implantation dans la rivière** sachant qu'à ce jour, ce type d'outil n'a jamais été implanté en rivière hors ouvrage piscicole.

Pour cette implantation, 2 structures doivent être imaginées :

- une **structure « accueil »** : son rôle est de maintenir en place les éléments immergés (chambre amovible et éclairages), de générer localement des conditions hydrauliques et hydrodynamiques favorables aux poissons et à l'acquisition d'images de qualité (courants laminaires, absence de turbulences dans la colonne d'eau), de protéger les appareils lors des crues et d'assurer la réalisation des entretiens en routine (2 mots d'ordre : facilité/rapidité d'exécution et sécurité des intervenants) ;
- une **structure « guide »** : son rôle est en priorité de contraindre les poissons en montaison à se diriger vers l'unique passage de la section en travers, large d'environ 50 cm. Cette contrainte ne doit pas engendrer de retard à la migration des poissons, elle doit donc être pensée pour **favoriser une détection rapide** de la zone de passage. La structure doit présenter un obstacle physique vis-à-vis des espèces cibles mais conserver une porosité suffisante aux écoulements afin d'engendrer un impact réduit sur la ligne d'eau amont, en intégrant que cette porosité aura tendance à se réduire avec un certain colmatage lié au blocage des éléments en dérive. Lors des crues, cette structure doit être dimensionnée pour **ne pas provoquer d'exhaussement de la ligne d'eau** (risque d'inondation des habitations localisées à l'amont en rive droite) et être suffisamment robuste pour conserver son intégrité physique. Enfin, la structure doit intégrer une section de franchissement sécurisé pour les embarcations (canoës-kayaks essentiellement).

##### 4.2.1/ Positionnement de la structure d'accueil

Le positionnement de la structure d'accueil est avant tout guidé dans la perspective de rendre la zone de passage, particulièrement restreinte en comparaison à la section en travers (**24 mètres versus 50 centimètres**), la plus attractive possible pour les espèces cibles. Les amphihalins potamotoques sont caractérisés par un **rhéotactisme positif**, c'est-à-dire que leur comportement de déplacement anadrome est prioritairement guidé vers les courants et veines d'eau préférentiels. L'objectif est donc ici de positionner la zone de passage des poissons **au droit de la veine préférentielle sur la section en travers** du pont de la Chapelle.

Du fait de l'influence du seuil de Keriell sur la ligne d'eau et du profil rectiligne du lit de la rivière, les **écoulements se révèlent relativement homogènes au niveau du pont**. Néanmoins, les piliers centraux et le scindement du profil en travers lié aux trois arches permettent une certaine concentration des écoulements au niveau de l'arche centrale, où on retrouve d'ailleurs la hauteur d'eau la plus importante. L'implantation du dispositif de comptage doit donc **privilégier cette arche centrale**.

Autre point déterminant dans le positionnement de la structure d'accueil, **les ancrages**. Compte-tenu du poids des appareils immergés et de la nécessité de protéger physiquement ces appareils contre les chocs de flottants lors des crues, il est largement préférable de pouvoir **s'appuyer sur un ouvrage génie civil** pour appuyer et ancrer la structure d'accueil. D'un point de vue technique, il sera toutefois nécessaire lors de la phase projet d'**étudier les modalités d'ancrage** qui seront autorisées par les gestionnaires du pont (communes de Lannion et Ploubezre).

Enfin, il faut intégrer **l'entretien en routine du dispositif** et donc la possibilité d'**accéder facilement à la structure d'accueil** et aux appareils immergés. A ce stade des réflexions, l'accès le plus efficace et pratique est **directement depuis le pont**, en venant équiper un des deux piliers centraux d'une **échelle à crinoline**. A noter qu'une **drome fixe** sera également associé à l'amont direct de la structure d'accueil afin de guider l'essentiel des flottants vers l'aval. Cette drome aura ainsi vocation à protéger physiquement les appareils immergés et à réduire la dérive d'éléments inertes (débris végétaux pour l'essentiel) dans le chenal de visualisation, source de déclenchements intempestifs

Au vu de ces éléments, il est donc envisagé de positionner le dispositif de comptage au niveau de l'arche centrale, **en appui contre un des deux piliers du pont**, préférentiellement celui positionné **vers la rive gauche**.

#### 4.2.2/ Positionnement et géométrie de la structure « guide »

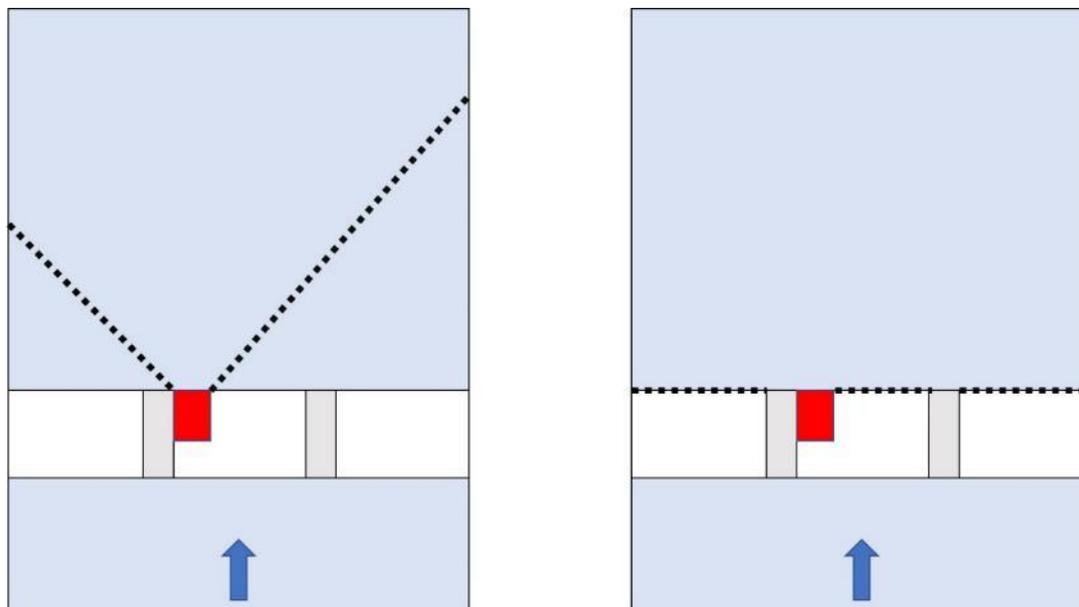
Les contraintes techniques à intégrer sont importantes et réduisent *in fine* les choix en matière d'implantation et d'orientation.

3 paramètres sont essentiels à prendre en compte :

- un **guidage efficace des poissons** vers le système de comptage ;
- possibilité d'**ancrer solidement la structure** pour assurer sa pérennité dans le temps ;
- assurer un **entretien aisé**.

Pour garantir le bon guidage des poissons vers le système de comptage, il est impératif que la structure « guide », qui constitue un point de blocage physique pour les poissons, ne crée pas de discontinuité sur un plan longitudinal et ne génère pas de décroché par rapport à l'entrée piscicole de la zone de passage, que ce soit vers l'aval ou vers l'amont. L'autre point essentiel étant, tel que déjà évoqué, que cette zone de passage se situe dans la zone d'écoulement préférentiel.

Parallèlement, **2 types de géométrie peuvent être envisagés** : une forme **en entonnoir**, la partie la plus resserrée débouchant sur l'entrée piscicole du dispositif de comptage ; une forme **à l'oblique** par rapport au lit de la rivière. Dans l'absolu, il peut être supposé que la forme en entonnoir serait plus efficace en termes de guidage, car elle crée un cheminement progressif aval-amont des poissons vers le dispositif de comptage, tel qu'illustré ci-après.



En Amérique du Nord, où les structures « guide » sont très utilisées pour implanter des systèmes de comptage amovibles en rivière naturelle, on retrouve l'utilisation de ces 2 géométries tel qu'illustré sur les 2 photographies ci-dessous d'installation **réalisée par le bureau d'études FISHBIO**.



La **forme en entonnoir** est majoritairement utilisée sur des **rivières de petites et moyennes tailles** (<20 mètres de large) et est systématiquement positionnée au droit d'une transition entre un faciès d'écoulement de **type radier** et un faciès de **type mouille**. Ce positionnement permet à la fois de disposer d'hauteurs d'eau assez faibles (tête de radier) pour implanter plus facilement la structure guide et à la fois d'une hauteur d'eau assez importante au niveau du système de comptage (celui s'avancant dans le début de la mouille). Enfin, la forme en entonnoir est toujours associée à une structure « guide » rigide **composée de barrières fixes**.

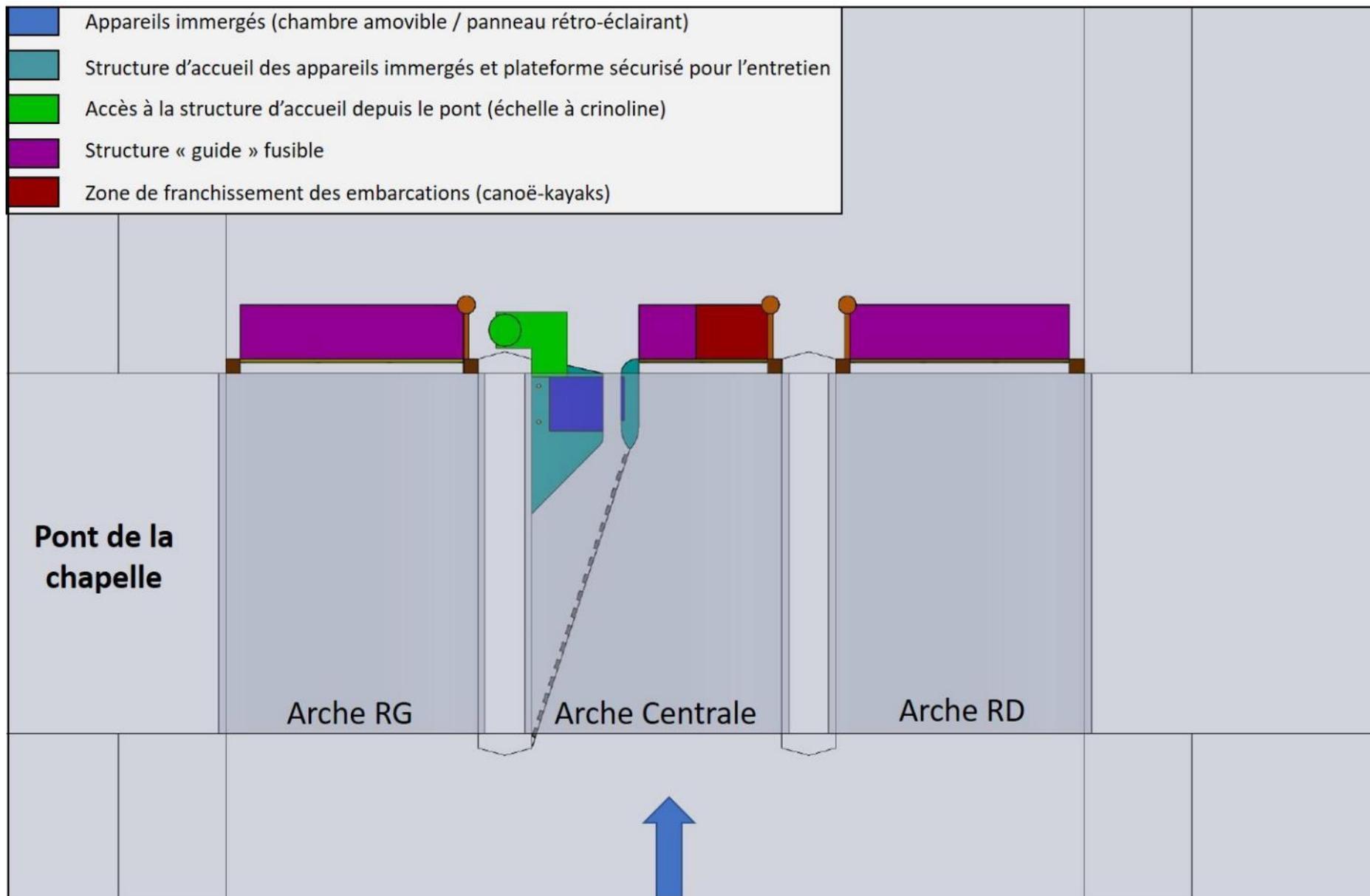
La **forme en oblique** par rapport au lit de la rivière est davantage adaptée aux **grandes rivières** (>20 mètres de large) ainsi qu'aux variations importantes de hauteurs d'eau, cette forme étant généralement associée à des **barrières semi-flottantes** dimensionnées pour suivre l'évolution de la ligne d'eau. En outre, cette forme et ce design rendent possibles le franchissement des embarcations par la structure « guide » et **facilitent l'entretien en routine**. Les structures « guide » obliques semi-flottantes sont également **mieux adaptées pour résister aux crues** car en cas de forte montée des eaux ou d'accumulation importante de flottants, elles vont avoir tendance à s'ennoyer et donc opposer une résistance sensiblement plus faible aux écoulements.

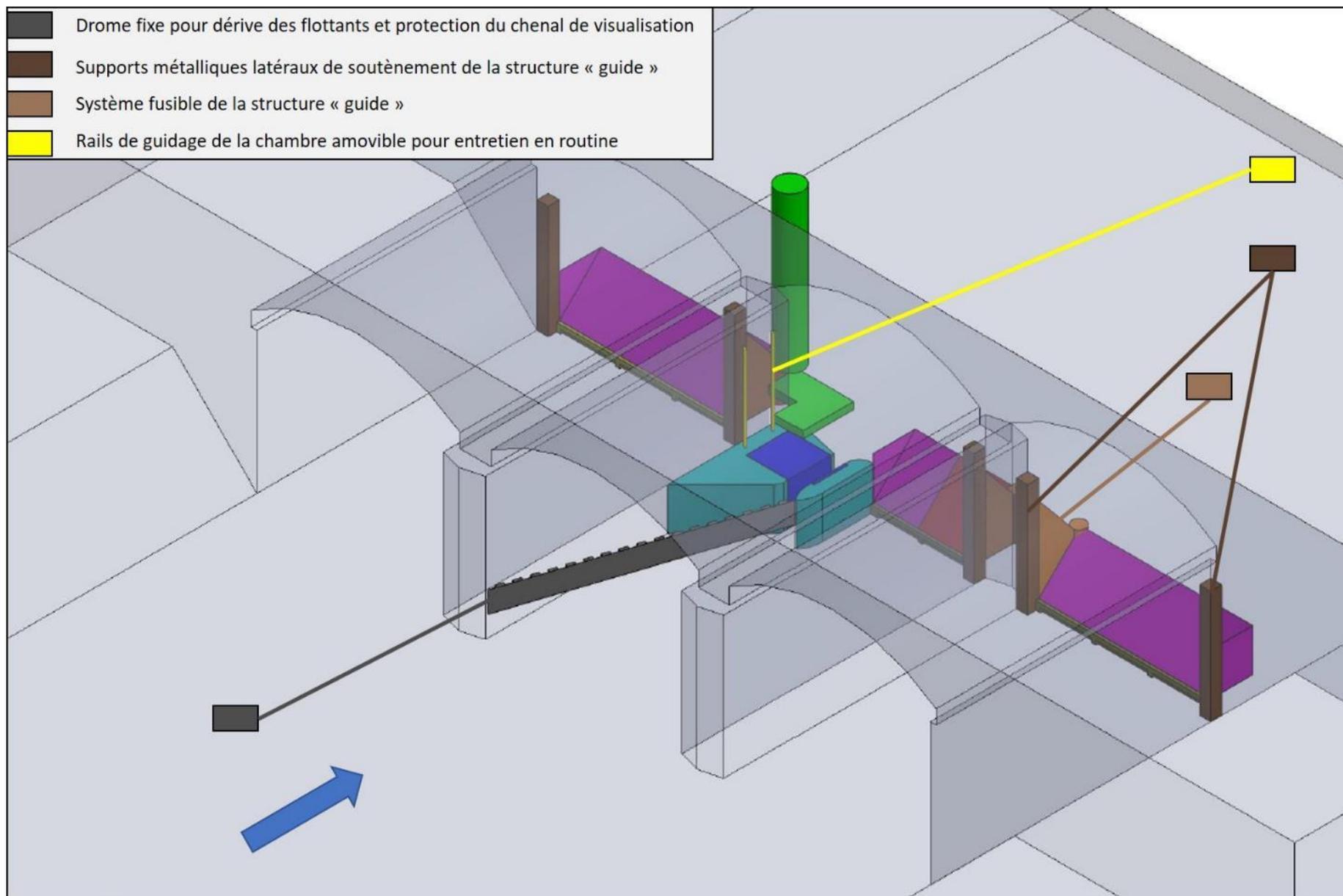
Pour le cas du pont de la Chapelle sur le Léguer, il faut également tenir compte des possibilités d'ancrage de cette structure guide, qui a besoin d'une assise sur le fond de la rivière et de fixations latérales robustes. Il est donc nécessaire d'installer du matériel sur le fond du lit et les berges, ce qui requiert **l'autorisation des propriétaires riverains**. Au vu des échanges avec les propriétaires des parcelles présentes en aval immédiat du pont, en rive droite comme en rive gauche, **l'obtention de ce type d'autorisation apparaît très aléatoire** et encourage donc à privilégier un positionnement de la structure « guide » à l'oblique, directement sous le pont. Ainsi, les ancrages latéraux et de fond de lit seront **associés à l'ouvrage d'art** et demanderont donc des autorisations auprès des **communes de Lannion et de Ploubezre**.

La structure en oblique possède d'autres avantages dans le cas du Léguer. Premièrement, elle permet de faciliter l'entretien des systèmes de grilles qui la composent (voir partie ultérieure dédiée) et deuxièmement, elle offre plus de possibilités techniques pour assurer le **franchissement des canoë-kayaks**.

#### 4.2.3/ Proposition d'un design d'implantation (stade esquisses)

En intégrant l'ensemble des critères de dimensionnement précités, il est possible de proposer une **première esquisse de design d'implantation** de l'ensemble du dispositif de comptage intégrant les appareils immergés, la structure d'accueil, la structure « guide » ainsi que l'accès aux appareils immergés.



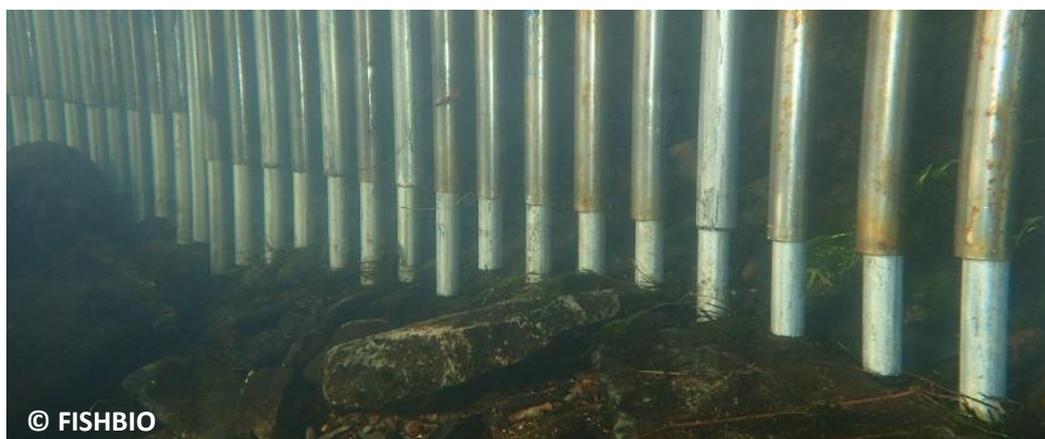


#### 4.3/ Descriptif technique de la structure « guide »

Il s'agit du volet technique le plus complexe de ce projet. Pour rappel, cette structure doit à la fois constituer un blocage physique pour les poissons en montaison et disposer d'une porosité suffisante pour minimiser l'effet sur la ligne d'eau, **y compris en intégrant un certain niveau de colmatage.**

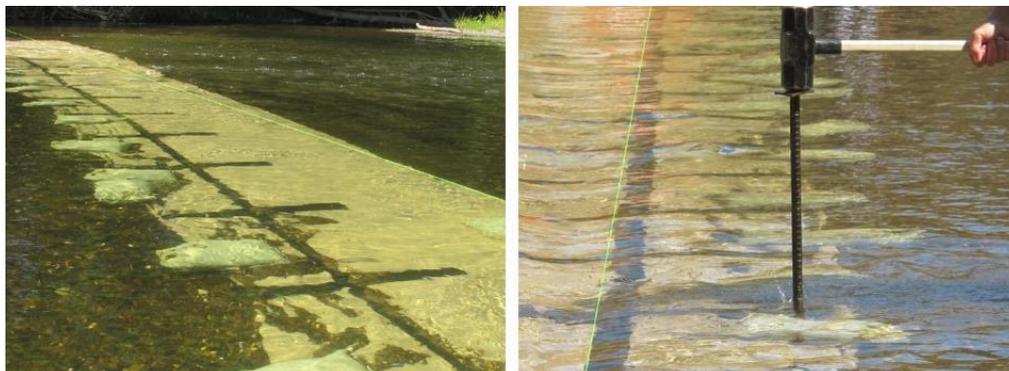
Pour définir les contours techniques de ce dispositif, nous nous sommes basés sur les **retours d'expérience du bureau d'études FISHBIO** en termes de conception, d'installation et de gestion de barrières amovibles associées à des dispositifs de comptage des migrations piscicoles en Amérique du Nord. Nous avons en complément intégrer les éléments de connaissance acquis en France en termes de conception et de dimensionnement de plans de grille destinés à interdire l'accès aux poissons (et aux flottants) aux **prises d'eau hydroélectriques.**

La structure « guide » proposée ici se décompose en 2 parties. La première partie est complètement **fixe et immergée.** Elle est destinée à s'adapter aux **variations bathymétriques sur le profil en travers.** Cette structure benthique fixe comprendra 3 parties distinctes, une par arche (longueur de 7 mètres par partie). Le calage en altitude de chaque partie sera adapté aux bathymétries (mini, moyenne et maxi) de chaque arche. L'objectif est globalement que la partie haute de cette structure benthique soit **positionnée entre 20 et 40 cm au-dessus de la profondeur maximale de chaque partie.** Afin de s'adapter à l'hétérogénéité du fond de la rivière sur ces 3 sections en travers, un **système de barreaudage** permettant le réglage fin de la hauteur de chaque barreau sera utilisé. Ce système s'inspire d'une technique communément utilisé par le bureau d'études FISHBIO sur ces barrières fixes (photo ci-dessous).



**L'espacement inter barreaux prévu est de 40 mm,** le diamètre des barreaux femelles (partie supérieure) étant de 12-14 mm. Ces dimensions permettent d'obtenir une porosité d'environ 60%, ce qui devrait permettre d'éviter de créer une accumulation de sédiments à l'amont immédiat de la structure de fond. Il y aura probablement des accumulations ponctuelles dans le temps et l'espace mais au vu de la granulométrie dominante (sables) et des vitesses d'écoulement au droit du pont lors des crues, ces accumulations seront **supprimées lors des coups d'eau.**

Cette structure benthique sera fixée latéralement, de part et d'autre de chacune des arches. En complément des **renforts intermédiaires perpendiculaires** permettront de la rigidifier. Ces renforts pourront être réalisés avec des plats métalliques soudés à la structure et maintenus en place à l'aide de pieux (fers à béton de grosse section) battus sur place dans le substrat, à l'instar des photographies d'illustration ci-dessous (source FISHBIO).



En partie supérieure de la structure benthique, on obtiendra ainsi un **profil régulier caler à la même altitude**. Sur cette structure fixe viendra se positionner une seconde structure, fusible, également composée de barreaux rigides et permettant de créer un obstacle physique aux poissons.

Pour faciliter l'entretien des grilles et le franchissement des canoës-kayaks, il est important de donner de l'angle à cette structure. Il est proposé un **pendage à 45° orienté vers l'aval**.

Le plan de grilles sera composé de **barreaux métalliques pleins de 10 mm de diamètre, espacés de 40 mm**. La porosité ainsi obtenue, de l'ordre de **70%**, assurera un blocage physique pour toutes les espèces cibles et n'aura qu'un effet limité en termes de pertes de charge. Néanmoins, lorsque la porosité diminuera avec un certain colmatage par les flottants, les pertes de charge pourront devenir plus importantes.

#### **Perte de charge et production hydroélectrique à Buhulien =**

Il est supposé qu'en considérant un colmatage superficiel des grilles (porosité -10%), on devrait **engendrer une augmentation de la ligne d'eau amont de 3 à 5 centimètres**. Cette donnée, d'un point de vue purement hydraulique, est très négligeable mais elle est **susceptible de se répercuter sur la chute de l'ouvrage hydroélectrique du moulin de Buhulien**. Par exhaussement de la ligne d'eau de quelques centimètres, la hauteur de chute nette dudit ouvrage diminuera d'autant, engendrant une **certaine perte de production hydroélectrique**. Au besoin, cette perte pourrait être **évaluée précisément** lors d'une **phase PRO** si le propriétaire met à disposition les données de fonctionnement et les caractéristiques techniques de son ouvrage. Aujourd'hui, l'ouvrage est utilisé en production hydroélectrique par ses propriétaires pour le **chauffage des habitations associées** audit ouvrage. La puissance actuelle est de **6 kW** (pour une chute maximale brute au droit du moulin estimée à **1.78 m**) avec un équipement très ancien (1906) composé de **deux turbines Francis** (15 et 25 CV)<sup>6</sup>.

<sup>6</sup>ISL, 2015. Etudes de faisabilité – microcentrales hydroélectriques – Moulin Buhulien. Rapport n°4850-02. ISL Ingénierie – Lannion-Trégor Communauté, Service énergies. 24 p.

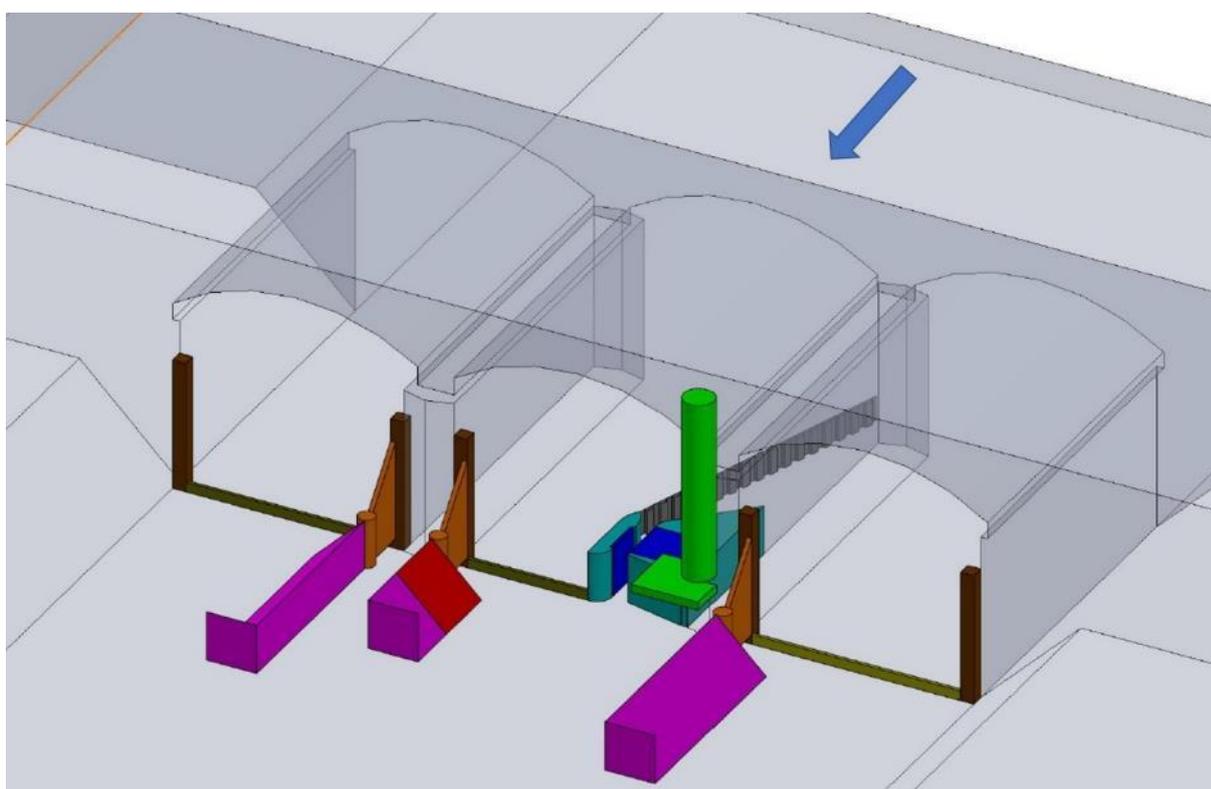
Le plan de grilles sera par ailleurs dimensionné pour que sa partie supérieure affleure avec la ligne d'eau lorsque le **débit atteint la valeur de deux fois le module**. A l'étiage, le plan de grille sera donc immergé sur une quarantaine de centimètres de hauteur. La **hauteur totale des plans de grille devrait se situer entre 80 et 100 cm**.

Comme la structure benthique, le plan de grilles incliné se composera de 3 parties, une par arche. Les 2 parties latérales seront identiques, la partie centrale sera sensiblement réduite, du fait de la place occupée par la structure d'accueil du système de comptage et par le dispositif dédié au franchissement des canoës-kayaks. Chacune des 3 parties disposera d'un **ancrage fixe latéral** (assuré à partir d'une poutraison métallique fixée sur les piliers du pont) et d'un **ancrage fusible**.

#### Prévention des risques d'exhaussement de la ligne d'eau =

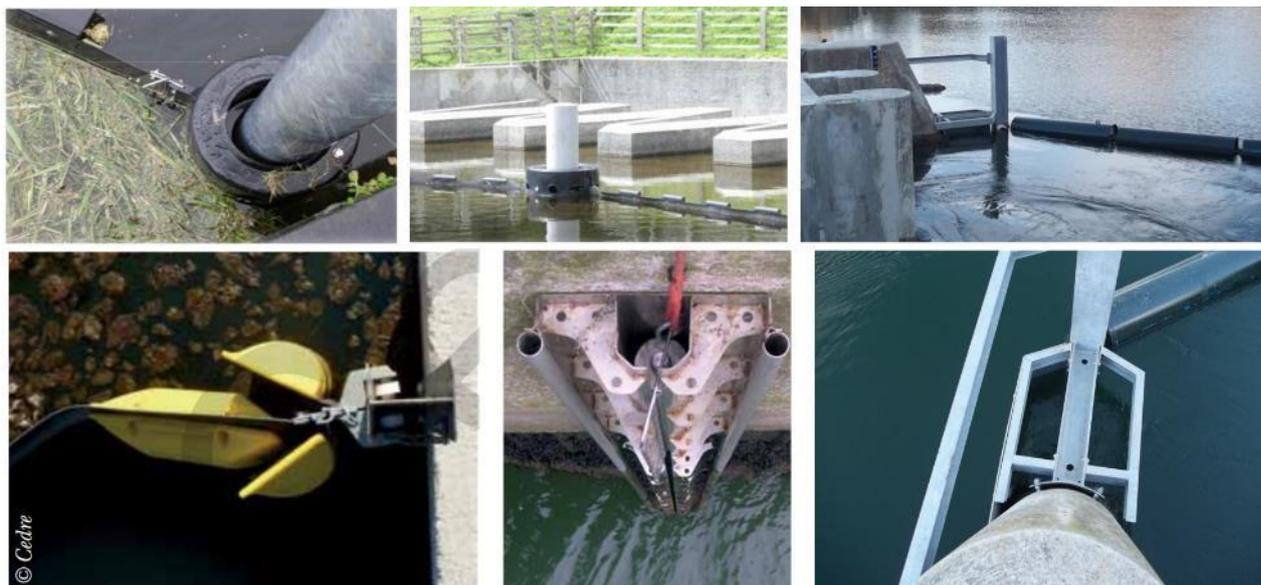
Compte-tenu des vitesses en crue et du charriage, il est impensable de concevoir une structure capable d'être **maintenue en place lors des évènements hydrologiques**. Il est donc proposé que les plans de grilles soient conçus pour être **fusibles à partir d'une certaine hauteur d'eau** (à caler en fonction du débit maximal ciblé). Ainsi, lorsque ce débit sera atteint, l'ancrage latéral fusible se détachera, chaque plan de grille pivotera pour venir se positionner **dans l'axe des écoulements**. De cette façon, les plans de grilles ne seront plus exposés au charriage, ils n'opposeront plus de résistance aux écoulements et **n'engendreront pas de risque d'exhaussement de la ligne d'eau**. Cette conception technique permet d'écartier tout risque supplémentaire d'**inondabilité** des habitations localisées en amont rive droite du pont de la Chapelle.

Le schéma ci-dessous illustre la position des plans de grilles après pivotement, en période de crue.



Le système d'ancrage fusible utilisé pourrait **s'inspirer des systèmes conçus pour les dromes et barrages flottants**. Sur certaines rivières à très fort charriage (fleuves côtiers méditerranéens, cours d'eau de montagne), les dromes sont effectivement fusibles pour éviter d'être arrachées lors des crues soudaines et violentes. La planche photographique ci-après illustre différentes solutions techniques à notre disposition pour équiper les plans de grilles sur le Léguer (©2EP, CEDRE, OTEIS).

Le système utilisant une **glissière métallique** et des **galets** pour le mouvement sur l'axe vertical paraît particulièrement pertinent (images situées à droite sur la planche photos).



Du fait de la structure rigide métallique, le poids de chaque plan de grilles sera significatif (plusieurs centaines de kilos) et **ne permettra pas un repositionnement manuel**. Il sera donc nécessaire de prévoir un système mécanisé afin de faciliter la remise en place de chaque plan de grilles lors des déclenchements post-crues. Le mécanisme pourrait être un **système à crémaillère ou à vérin hydraulique**.

#### 4.4/ Modalités d'entretien de l'ensemble du dispositif

L'entretien du dispositif de comptage s'articule autour des appareils immergés d'une part et des plans de grilles d'autre part. La fréquence des entretiens est bien entendu variable **selon la période de l'année**. Les appareils immergés demanderont un entretien particulièrement régulier en été, lorsque les développements périphytoniques sont les plus importants et perturbent l'acquisition d'images. L'entretien des plans de grilles demandera lui une vigilance particulière lors des périodes maximales de dérives de débris végétaux, soit à l'automne.

En tenant compte du retour d'expérience sur les autres sites équipés en France, l'entretien des appareils immergés devrait suivre la fréquence suivante :

- **hiver** = 1 passage sur site par mois,
- **printemps et automne** = 1 passage sur site par quinzaine,
- **été** = 1 passage sur site par semaine.

Sur site l'entretien consistera à **emprunter l'échelle à crinoline** pour se rendre sur la structure d'accueil. L'intervention se fait à **2 opérateurs**. Une fois positionnée sur la structure d'accueil, les opérateurs procèdent au **levage des appareils immergés** (recours probable à un palan mécanique ou système à vérin hydraulique pour le levage) et à leur simple nettoyage superficiel pour **retirer le biofilm**. Une fois remis en position, l'intervention est terminée.

L'entretien de la structure « guide » est plus complexe et plus aléatoire dans la mesure où on dispose de **moins de retours d'expérience** en la matière. Il sera probablement nécessaire d'adopter une **vigilance très régulière lors de la première année de mise en service**, puis d'adapter la fréquence de passage en fonction de ces observations. Il est probable que lors de la première année, il soit nécessaire de réaliser un passage sur site par semaine, *a minima* pour un contrôle visuel. La fréquence des interventions devrait être **particulièrement élevée à l'automne**, avec possiblement 2 passages sur site par semaine en période de pic de dérives des flottants. En période estivale, les besoins d'intervention sur site devraient être sensiblement inférieurs.

Parallèlement, pour optimiser le nombre de déplacements sur site, nous préconisons **l'installation de boîtiers « timelapse » autonomes** permettant d'obtenir, à distance (par mail, sms ou serveur distant), des images régulières de l'état des plans de grilles. Il existe aujourd'hui un panel d'outils important pour des tarifs très variés. Ci-dessous, quelques outils comparatifs disponibles sur le marché, à titre d'exemple.



**Tikee Pro2 - Enlaps**



**Link-S - Spypoint**



**Solarcam 4G - Solarcam**

Ces boîtiers « timelapse » pourront être **associés à des repères visuels positionnés sur l'ouvrage** afin de faciliter la détection sur image d'un état de colmatage des grilles nécessitant le déclenchement d'un passage sur site.

Pour les opérations d'entretien sur site, du fait des hauteurs d'eau au droit des plans de grilles, il ne sera possible d'intervenir dans l'eau (en waders ou combinaison néoprène) que pour des débits faibles (+/- > 2 m<sup>3</sup>/s). Pour les débits supérieurs, il sera **nécessaire d'utiliser une embarcation de type barque à fond plat** (très stable et légère) non-motorisée sur laquelle 2 opérateurs pourront monter. Un opérateur sera chargé de guider l'embarcation depuis l'aval du dispositif, l'autre sera chargé du nettoyage des grilles. Pour faciliter les manœuvres, une **ligne de vie** pourra être associée à la partie haute des plans de grilles.

Les opérateurs pourront ainsi se fixer et travailler sans difficulté. L'opérateur en charge du nettoyage sera muni d'un **outil de type râteau ou griffe adapté au barreaudage des grilles** (possibilité de concevoir un outil sur-mesure) qui lui servira à remonter les débris bloqués sur les grilles jusqu'à les faire passer au-dessus de celles-ci.

Le plan de grille central disposera d'une **zone de franchissement adapté aux embarcations**. En cas de présence d'un flottant de taille plus importante, les opérateurs auront également la possibilité de se déplacer à l'amont des plans de grilles.

Idéalement, l'embarcation devra rester sur site ou il sera nécessaire d'identifier une mise à l'eau à proximité, facile d'accès et disposant de l'autorisation du propriétaire riverain.

#### 4.5/ Problématiques spécifiques

##### 4.5.1/ Gestion des passages de canoës-kayaks

Le site d'étude est **très fréquenté par les canoës-kayaks en période estivale** notamment. Il s'agit de descente touristique représentée par des **petits groupes**, généralement de **débutants, évoluant sans encadrement** dans la rivière.

Après échanges avec les responsables de l'activité canoë-kayak sur la ville de Lannion, cette fréquentation se révèle **peu en capacité de s'adapter** à l'implantation du dispositif de comptage au droit du pont de la Chapelle. **L'enjeu économique local paraît significatif** et les responsables interrogés **ne souhaitent pas modifier leur parcours** pour éviter le franchissement du futur dispositif de suivi biologique.

De même, ces descentes n'étant pas encadrées par des professionnels et pratiquées par des débutants, le franchissement de la structure physique liée au dispositif de comptage **ne doit présenter aucune difficulté technique ni aucun risque pour la sécurité des personnes** sur les embarcations.

Différentes instances ont été consultées dans le cadre de cette étude, à différents niveaux de représentations de cette activité, et les préconisations en matière de dimensionnement d'un dispositif de franchissement dédié aux canoës-kayaks sont assez variées. Un **document-guide à l'échelle nationale** a été produit par la Fédération dans l'optique de conseiller les bureaux d'études dimensionnant des dispositifs de franchissement « canoë-kayak » qu'ils soient dédiés à ces embarcations ou mixtes avec les poissons. Toutefois, **les préconisations de ce guide ne semblent pas correspondre aux attentes des représentants locaux** de l'activité.

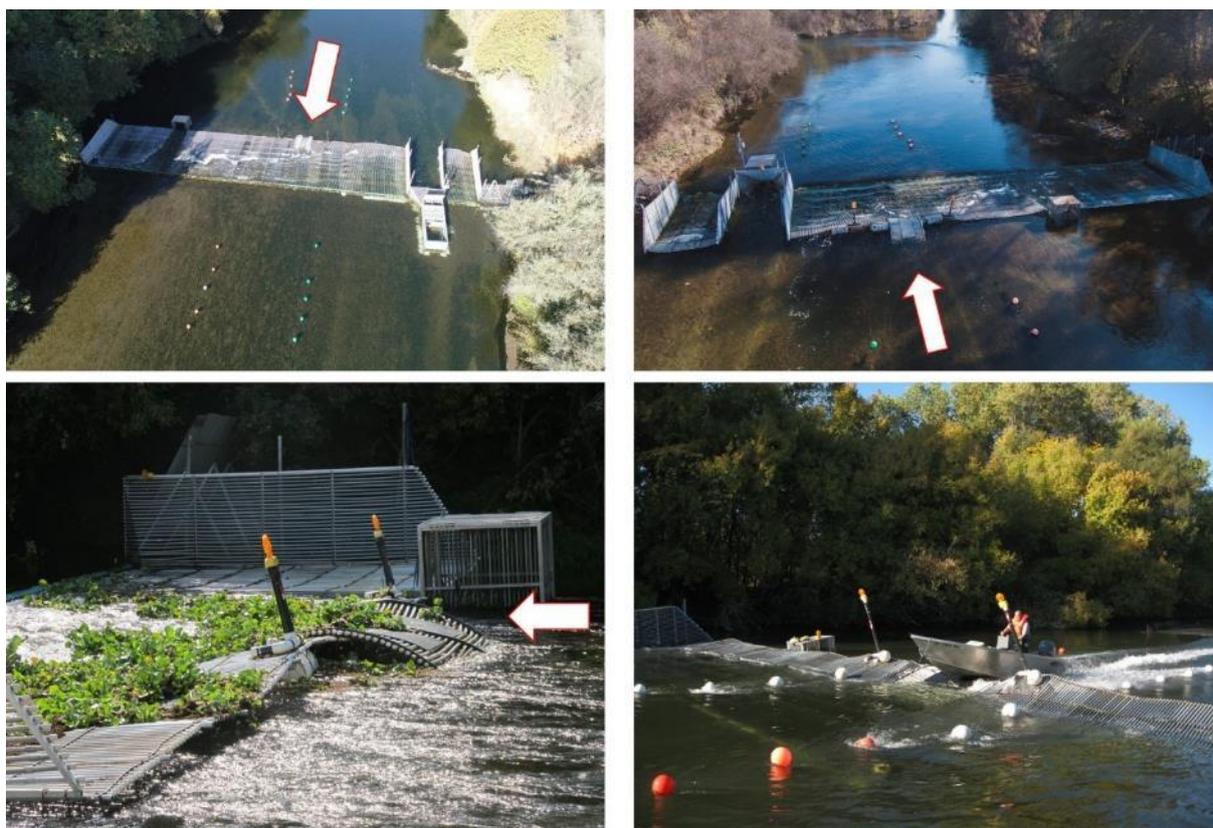
A ce stade, aucun dispositif technique n'a encore été présenté auxdits représentants mais il sera nécessaire de le faire rapidement lors de la **phase PRO du projet**.

2 points doivent être particulièrement soignés :

- la signalisation à l'approche de la zone de franchissement ;
- le passage physique de l'obstacle.

Pour le second point, il faudra intégrer une **largeur de franchissement cohérente par rapport au niveau « débutant »** des pratiquants et donc leur capacité limitée à guider correctement leur embarcation. Le dispositif devra également empêcher, **par conception, tout risque de blocage et de retournement des embarcations** à proximité des structures physiques.

En Amérique du Nord, les structures physiques amovibles en rivière, notamment celles conçues par FISHBIO, intègrent pour certaines des dispositifs de franchissement des embarcations. La planche photographique ci-dessous (©FISBIO) illustre une installation type réalisée par ce bureau d'étude et qui pourra alimenter les réflexions pour le cas du Léguer dans le **cas d'une poursuite en phase PRO**.



#### 4.5.2/ Suivi des migrations en dévalaison

Il a plusieurs fois été mentionné dans ce document les challenges techniques à relever pour dimensionner un dispositif de comptage répondant au cahier des charges de l'étude. Il a également été évoqué le fait que l'outil technologique idéal n'existait pas encore en la matière et que le choix devait faire l'objet de compromis.

Parmi ces compromis, une évidence s'est rapidement imposée au cours des réflexions techniques, **la grande difficulté à intégrer au design le suivi des passages de poissons en dévalaison**.

Les principales cibles d'un suivi à la dévalaison sont en priorité les **smolts de saumons** (et à moindre mesure, de truites de mer) puis sur un second plan, les juvéniles dévalants d'aloses voire de lamproies marines.

Quelle que soit l'espèce considérée, les individus présentent une **taille faible à moyenne** (grossièrement entre 10 et 25 cm) et un **embonpoint limité**. Ces caractéristiques morphologiques imposent de disposer d'une structure « guide » nettement plus contraignantes que celle proposée pour la « simple » montaison, avec un **espacement inter-barreaux de 20 mm voire moins dans une perspective d'exhaustivité**. Cet espacement se révèle **trop contraignant vis-à-vis de l'entretien** et engendre parallèlement des **pertes de charge plus importantes, a fortiori** en cas de colmatage par des flottants. Au vu de cette contrainte forte, il a donc été **décidé de ne pas intégrer la dévalaison à ce stade des réflexions**.

#### 4.6/ Contraintes à intégrer en phase travaux

Les contraintes d'accès devront rapidement être abordées pour la phase travaux. **L'accès** le plus évident au vu de nos investigations est la parcelle gérée par l'association ASPAS positionnée en rive gauche, à l'amont immédiat du pont.

Pour l'implantation des structures physiques, il sera **nécessaire de travailler hors d'eau** et donc de mettre en place un batardeau. Il semble possible de pouvoir réaliser l'installation en procédant **par demi-rivière** (1 arche et demie par batardeau).

**L'acheminement du matériel** pour être réalisé directement depuis le pont, en ayant recours à un engin de levage adapté. Des **autorisations d'occupation de la voirie** devront être obtenues auprès des communes de Ploubezre et Lannion.

La **durée totale des travaux est estimée à environ 2 mois** (hors temps de mise en place, retrait, déplacement des batardeaux).

## 5/ Aspects financiers

### 5.1/ Estimation du projet « vidéo-comptage »

Au stade esquisse, le chiffrage de ce type d'opération est toujours délicat et doit donc être considéré avec beaucoup de prudence. Les enveloppes annoncées ci-après pourront très sensiblement évoluer (à la baisse ou à la hausse selon les postes) en fonction des orientations techniques qui pourraient être privilégiées en phase projet. Néanmoins, ces premiers chiffres **permettent d'appréhender l'envergure des investissements** en fonction des différents postes.

Postes de dépenses	Estimation moyenne basse (k € HT)	Estimation moyenne haute (k € HT)
Etudes phases PRO et EXE. Calculs hydrauliques, résistance des matériaux, génie civil. Lancement méthodes	15	20
Transports, manutentions, levage	25	30
Fournitures appareils immergés, matériel informatique, licences logicielles	30	30
Installation des appareils immergés, câblage, réglages des logiciels, formation du personnel, assistance technique	20	20
Fournitures matériaux pour structures physiques (accueil, guide, accès)	30	40
Galvanisation et fournitures accessoires (système de levage, palan, verin, ...), quincaillerie et consommables	10	15
Fabrication des pièces en atelier, pré-montage, tests	30	40
Installation sur site des structures physiques, réglages et suivi post mise en service	60	70
Logistiques (installation chantier, sécurisation du site, frais de déplacement et hébergement)	20	20
Aléas	10	15
<b>TOTAL € HT</b>	<b>250</b>	<b>300</b>

Les enveloppes chiffrées dans le tableau ci-dessus **n'intègrent pas la pose des batardeaux** pour la mise hors d'eau du chantier par demi-rivière.

Les chiffres présentés ici doivent, à ce stade, servir avant tout de base de discussions avec les membres du comité de pilotage de l'étude. Ils correspondent à la mise en œuvre d'une démarche rigoureuse et pragmatique dans l'optique de **proposer un dispositif de comptage opérationnel, efficace et durable dans le temps**. En fonction des objectifs finaux et des budgets allouables, des compromis techniques peuvent être envisagés dans la perspective de réduire certains postes.

### 5.2/ Coût prévisionnel d'une année de suivi/maintenance de la STACOMI

En complément, il est possible d'établir une première estimation grossière des coûts d'entretien du dispositif et de réalisation du suivi biologique.

L'entretien/maintenance du dispositif, en tenant compte de la **mise en place de boîtiers timelapse** pour la surveillance à distance des plans de grille, devrait mobiliser environ **30 jours/homme sur l'année**. Cette estimation se base sur une intervention sur site par semaine toute l'année à **2 personnes** (durée totale par intervention = **2 heures**).

En considérant un **coût homme/jour unitaire de 400€**, on estime ainsi une enveloppe d'environ **12 000 € annuelle**, auquel il faut ajouter un coût annuel de **contrôle de la conformité des installations** électriques et de levage (par une société type APAVE ou DEKRA), de l'ordre de **300€ HT**. Il s'agit ici d'une **enveloppe haute** dans la mesure où la fréquence de passage devrait être inférieure à cette estimation durant plusieurs mois de l'année.

Pour le suivi biologique (analyse des séquences vidéo pour comptage et identification des espèces), compte-tenu du cortège piscicole en place et des objectifs de suivi biologique (ciblé « espèces amphihalines »), on peut établir un premier estimatif adapté en fonction de la période de l'année, et basé sur nos retours d'expérience issus de l'exploitation de près d'une vingtaine de sites en France :

- entre le 1<sup>er</sup> mars et le 31 août = environ 1 heure de travail effectif pour 1 journée complète de suivi ;
- Le reste de l'année = environ 0,25 heure de travail effectif pour 1 journée complète de suivi.

Dans ces conditions, le coût moyen annuel pour le suivi biologique d'une STACOMI « Léguer » est estimé à : **31 jours/homme** soit un **budget estimé à 12 400 €/année** (pour un coût journalier opérateur de 400€/jour). Il faut rajouter à ce budget environ **10 jours/homme par année** pour la gestion des avaries, des mises à jour logiciel, de la formation sur les nouvelles fonctionnalités de l'outil, ... A noter que la **première année de mise en service**, les réglages des logiciels et des algorithmes de détection nécessiteront un effort supplémentaire, probablement situé entre **5 et 10 hommes/jour**.

Aussi le **budget global annuel du suivi biologique** est estimé à **environ 16 400 €**. Cet estimatif tient compte d'un fonctionnement en routine dans lequel les réglages des logiciels d'acquisition vidéo ont été optimisés et où les séquences vidéo comportent peu de « faux-positifs ». On peut donc estimer grossièrement un **coût de fonctionnement total annuel de la STACOMI « Léguer »** aux alentours de **30 000 €**.