



Source : Gex et Dorthe ingénieurs

Evaluation technique et vérification des coûts pour la remise en fonction de la pisciculture cantonale d'Estavayer-le-Lac

Etude dans le cadre de la Commission d'enquête parlementaire instituée par le Grand Conseil du canton de Fribourg

Thomas Janssens, BFH-HAFL

08.06.2021

Contact

Thomas Janssens

Tel : +41 31 910 21 28

thomas.janssens@bfh.ch

Haute école spécialisée bernoise BFH

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

Länggasse 85

CH- 3052 Zollikofen

www.hafl.bfh.ch

Droits d'utilisation

Le présent rapport a été élaboré dans le cadre d'un mandat conclu entre la Commission d'enquête parlementaire « Pisciculture d'Estavayer » instituée par le Grand Conseil du canton de Fribourg, et la Haute école spécialisée bernoise. La Commission d'enquête parlementaire détient ainsi l'exclusivité de tous les droits de propriété intellectuelle qui lui sont liés.

Table des matières

Table des matières	3
Liste des tableaux	4
Liste des figures	4
1 Objectifs de l'étude	6
2 Evaluation technique des installations	7
2.1 Présentation de la pisciculture actuelle	7
2.2 Résumé des défauts	9
2.3 Evaluation des défauts constatés	10
2.3.1 Sources d'eau	10
2.3.1.1 Eau du lac	10
2.3.1.2 Eau du réseau	11
2.3.2 Distribution d'eau	11
2.3.2.1 Local technique	11
2.3.2.2 Bassins de réserve d'eau	12
2.3.2.3 Eau de la salle d'incubation/éclosion	13
2.3.3 Contrôle et réglage des paramètres d'eau	14
2.3.3.1 Température d'eau	14
2.3.3.2 Gestion de l'oxygène	14
2.3.3.3 Système de surveillance et de contrôle	15
2.3.4 Infrastructures piscicoles	16
2.3.4.1 Salle d'incubation et d'éclosion des œufs	16
2.3.4.2 Salle de production d'alevins	21
2.3.5 Canalisations et écoulements	23
2.3.6 Hangar à bateaux	24
2.3.7 Ventilation et climatisation des locaux	25
3 Remise en fonction de la pisciculture	26
3.1 Situation initiale	26
3.2 Dimensionnement	27
3.2.1 Aménagement du bâtiment	27
3.2.1.1 Distribution des salles	27
3.2.1.2 Structure du bâtiment	27
3.2.2 Infrastructures et volumes de production	27
3.2.2.1 Incubation des œufs	27
3.2.2.2 Bassins pour alevins	28
3.3 Besoins en eau	29
3.3.1 Source d'eau	29
3.3.2 Quantité d'eau nécessaire	31
3.3.3 Paramètres d'eau	31
3.3.3.1 Température	31
3.3.3.2 Autres paramètres physico-chimiques	32
3.3.3.3 Particules	32
3.4 Vérification des coûts pour la remise en fonction	32
3.4.1 Types de coûts	32
3.4.2 Analyse des coûts	34
3.4.2.1 Travaux préparatoires	34
3.4.2.2 Bâtiment	34
3.4.2.3 Equipements de production	35
3.4.2.4 Aménagements extérieurs	36
3.4.2.5 Coûts annexes	36
3.4.2.6 Matériel divers	36
3.4.3 Coûts pour la remise en fonction	37
3.5 Option de produire pour le canton de Fribourg à la pisciculture de Colombier	38

4	Conclusions	40
5	Bibliographie	41

Liste des tableaux

TABLEAU 1	LISTE DES DÉFAUTS CONSTATÉS.....	9
TABLEAU 2	BESOINS EN ŒUFS POUR CHAQUE ESPÈCE	28
TABLEAU 3	DIMENSIONNEMENT DES INCUBATEURS	28
TABLEAU 4	POSTES BUDGÉTAIRES.....	34
TABLEAU 5	COÛTS RÉVISÉS.....	37
TABLEAU 6	COMPARATIF ENTRE LES DEUX ESTIMATIONS	38

Liste des figures

FIGURE 1	PLAN DE COUPE DE LA PISCICULTURE.....	8
FIGURE 2	HANGAR À BATEAUX, PRISE D'EAU ET TUYAUTERIE DE REJET.....	10
FIGURE 3	LOCAL TECHNIQUE	11
FIGURE 4	CUVES DE RÉSERVE D'EAU.....	12
FIGURE 5	CHAUFFAGE DE L'EAU	12
FIGURE 6	TUYAUTERIES DANS LA SALLE DE PRODUCTION	13
FIGURE 7	SOURCES D'EAU.....	14
FIGURE 8	PANNEAU DE CONTRÔLE DU SYSTÈME D'ALARME	15
FIGURE 9	INCUBATEURS POUR ŒUFS DE CORÉGONES	16
FIGURE 10	INCUBATEURS POUR LES ŒUFS DE CORÉGONES.....	17
FIGURE 11	VANNES DE RÉGLAGE PRINCIPALES ET VANNES DE PRÉCISION DES INCUBATEURS.....	18
FIGURE 12	BOUTEILLES DE ZOUG TYPIQUES.....	18
FIGURE 13	SURVERSE DES BOUTEILLES DE ZOUG ET TUYAU DE COLLECTE DES LARVES.....	19
FIGURE 14	BAC DE RÉCOLTE DES LARVES DE CORÉGONE.....	19
FIGURE 15	BAC DE COLLECTE DES LARVES À ESTAVAYER ET SYSTÈME DE COLLECTE TYPIQUE.....	20
FIGURE 16	ZONE RÉSERVÉE À L'ÉCLOSION DES ŒUFS DE TRUITE À ESTAVAYER ET PISCICULTURE DE REPEUPLEMENT TYPIQUE.....	20
FIGURE 17	TABLES ET ARMOIRES POUR L'INCUBATION DES ŒUFS DE TRUITE	21
FIGURE 18	BASSINS POUR LA PRODUCTION D'ALEVINS À ESTAVAYER ET BASSINS TYPIQUES POUR PISCICULTURE DE REPEUPLEMENT.....	21
FIGURE 19	FOND DES BASSINS.....	22
FIGURE 20	BASSINS TELS QUE PROPOSÉS PAR M. GALLUSSER (À GAUCHE) ET BASSINS INSTALLÉS À ESTAVAYER (À DROITE)	22

FIGURE 21 ARRIVÉES D’EAU DU LAC OU DU RÉSEAU, TUYAU D’ENTRÉE D’EAU DU BASSIN ET VANNE DE RÉGULATION DU DÉBIT	23
FIGURE 22 UNIQUE CANAL D’ÉVACUATION D’EAU.....	23
FIGURE 23 EAU STAGNANTE	24
FIGURE 24 PROBLÈME DE RETOUR DE MATÉRIEL DE FILTRATION.....	24
FIGURE 25 HANGAR À BATEAUX AVANT ET APRÈS LE RAJOUT DE LA GRILLE.....	25
FIGURE 26 PANNEAUX EN BOIS DANS LE HANGAR À BATEAUX	25
FIGURE 27 LES DEUX ENTRÉES D’EAU DU LAC BRUTE.....	31

1 Objectifs de l'étude

La nouvelle pisciculture cantonale d'Estavayer, construite en 2015-2016 et inaugurée le 26 octobre 2016, n'a été mise en service que durant quelques mois avant d'être fermée pour cause de défauts majeurs. Afin de comprendre les raisons de cet échec, un premier rapport technique a été réalisé par la société Aqua Transform en 2017 [1]. Une enquête administrative a également été menée. Le 28 mai 2020, le Grand Conseil a institué une commission d'enquête parlementaire pour traiter des dysfonctionnements de la pisciculture d'Estavayer-le-Lac. Les missions conférées à cette commission sont les suivantes :

1. clarifier les circonstances qui ont conduit à la situation actuelle ;
2. apprécier les choix opérés ;
3. déterminer les erreurs ou manquements commis et leur-s auteur-s ;
4. clarifier les responsabilités des différents acteurs du dossier ;
5. vérifier l'exactitude du montant de 1,5 million de francs nécessaire à la remise en fonction de la pisciculture.

La présente étude se concentre sur les aspects techniques et permet de mieux comprendre pourquoi cette pisciculture ne fonctionne pas correctement.

La proposition pour la remise en état de la pisciculture est ensuite évaluée et les coûts sont vérifiés.

L'étude a été réalisée en se basant sur plusieurs sources d'informations :

- Visites de la pisciculture cantonale d'Estavayer
- Visite de la pisciculture cantonale de Gléresse (BE)
- Auditions des personnes liées au projet
- Analyse des documents existants (rapports existants, courriers, offres...)
- Evaluation des installations
- Discussions avec les utilisateurs
- Discussions avec l'ingénieur aquacole qui a chiffré le montant pour la remise en état

2 Evaluation technique des installations

Cette partie du rapport explique les défauts constatés et les conséquences pour la production.

2.1 Présentation de la pisciculture actuelle

La pisciculture actuelle s'appuie sur le décret du Grand Conseil du 11 mai 2011 accordant un crédit 2.000.000 francs pour la construction d'une nouvelle pisciculture devant permettre de concentrer sur un seul site toute la production de poissons du canton de Fribourg. Les poissons seraient destinés principalement aux lacs de Neuchâtel et de Morat [2].

Bruno Gallusser (bureau d'ingénieurs à St Gall) a été chargé de la conception technique de la nouvelle pisciculture. Il a dessiné les premiers plans en 2009 et 2010 et a basé son étude sur des chiffres de production souhaités par le canton.

La construction a été reportée de plusieurs années pour cause d'oppositions concernant la modification du plan d'aménagement local et pour l'obtention du permis de construire [3]. Les premiers plans de M. Gallusser sont repris comme base pour le nouveau projet. Les travaux de fondations et de construction ont débuté au second semestre 2015 et ont duré environ une année.

La pisciculture est inaugurée 26 octobre 2016 [4]. La figure 1 présente une vue d'ensemble de la pisciculture avec les différentes zones. La structure a été utilisée de novembre 2016 à janvier 2017, avant d'être arrêtée car d'importants dysfonctionnements ont été constatés. Une grande partie des œufs de palée, bondelle, truite et brochet ne sont pas arrivés au terme de l'incubation. Les œufs de bondelle de la deuxième production ont été déplacés vers l'ancienne pisciculture pour limiter les dégâts. La production de brochets a nécessité des adaptations d'urgence des installations. Selon les espèces, les pertes variaient de 41 à 85% [4,5,6,7].

Ce qui a été réalisé ne correspond pas à ce qui a été mis à l'enquête.

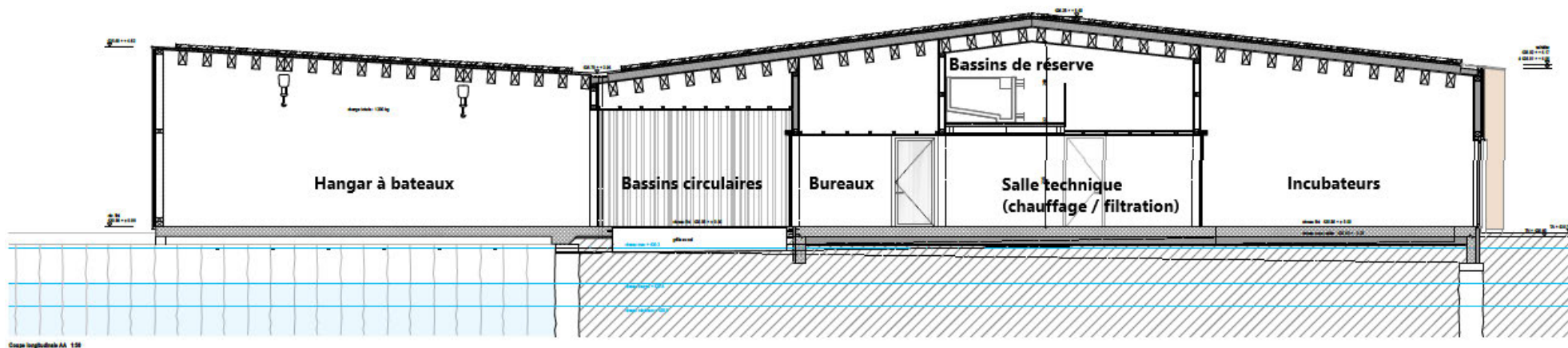


Figure 1 Plan de coupe de la pisciculture, adapté de [8]

2.2 Résumé des défauts

Une pisciculture cantonale doit pouvoir produire des espèces aquacoles selon des besoins qui ont été clairement définis. L'environnement de production doit respecter les besoins des espèces produites. Le tableau ci-dessous présente la liste des défauts constatés. Certains défauts sont critiques et rendent la pisciculture inadaptée. D'autres sont moins critiques mais rendent l'environnement du poisson suboptimal ou l'utilisation des infrastructures peu pratique pour les utilisateurs.

Tableau 1 Liste des défauts constatés

Thème	Défauts majeurs	Autres défauts
Source d'eau (3.3.1)	L'eau pour la pisciculture est de mauvaise qualité car pompée dans le hangar à bateaux.	Absence de réacteur UV pour la désinfection de l'eau.
	Le tuyau d'évacuation d'eau est situé à proximité du tuyau d'entrée d'eau.	
	La filtration mécanique est inadaptée et sous-dimensionnée.	
Distribution d'eau (3.3.2)	L'eau est pompée vers le bas au lieu d'utiliser un système en gravitaire.	Aucun système de dégazage n'a été installé. Les multiples vannes et réductions de diamètres rendent le réglage des débits difficile et peu pratique.
	Le dimensionnement des tuyauteries est mal calculé.	
	Les problèmes de pression et les poches d'air dans les tuyauteries créent des débits instables et des problèmes de sursaturation.	
Contrôle et réglage des paramètres d'eau (3.3.3)	Le système de mélange/réglage de la température de l'eau n'est pas assez sécurisé.	Il n'est pas possible de contrôler l'intensité lumineuse dans la salle d'incubation. Le système de réglage de débits dans les bassins de production de truites est inadapté.
	Il manque de nombreuses sondes de mesure des paramètres d'eau.	
	Le système d'alarme n'est pas assez sécurisé.	
Infrastructures piscicoles (3.3.4)	De manière générale, l'investissement dans des infrastructures piscicoles professionnelles a été négligé.	Les bassins de production de truites ne respectent pas les règles de bases de l'hydraulique.
	Les incubateurs pour les corégones (bouteilles de Zoug) sont inadaptés.	La chute d'eau entre les incubateurs et le bac de stockage est trop violente pour des larves à peine écloses.
		Les bassins extérieurs initialement prévus pour la production de brochet n'ont pas été installés.
		Il n'y a pas de solution pratique pour stocker les alevins dans le bateau.
		La salle d'incubation devrait être située plus proche du hangar à bateaux.
		Toutes les parties en inox auraient pu être réalisées en PE, PVC ou fibre.
		Le bois OSB présent partout est un mauvais choix en milieu humide.
	La salle contenant les bassins circulaires est ouverte sur le côté. Le sol est souvent gelé en hiver.	
Canalisations et écoulements (3.3.5)	Il n'y a pas de pentes permettant l'évacuation d'eau dans les salles de production.	Un retour de matériel de filtration dans les égoûts a été constaté lors du rétrolavage du filtre mécanique.
	Le seul égout dans la salle d'incubation/éclosion est trop petit par rapport aux dimensions de la salle.	
	Les canalisations n'ont pas de pente, ce qui ne permet pas un bon écoulement des eaux usées	
Hangar à bateaux (3.3.6)	L'entrée est trop étroite.	Le hangar à bateaux n'est pas terminé. La porte ne ferme pas jusqu'en bas.
	Les panneaux de bois OSB descendent jusqu'au niveau du sol dans le hangar à bateaux.	
Chauffage et climatisation du bâtiment (3.3.7)	La pompe à chaleur qui chauffe le bâtiment ne fonctionne pas avec une eau trop froide.	Pas de système pour contrôler l'humidité de l'air. Pas de système de ventilation adapté.

2.3 Evaluation des défauts constatés

Les défauts listés dans le tableau 1 sont décrits dans ce chapitre.

2.3.1 Sources d'eau

2.3.1.1 Eau du lac

Même si l'eau du lac n'est pas la meilleure eau en termes de qualité, c'est l'eau la plus appropriée pour une pisciculture de repeuplement. Les larves et alevins y sont restockés et les adapter au préalable favorise leur survie.

Cependant, l'eau du lac est pompée dans le hangar à bateaux à un endroit totalement inapproprié. Elle comporte à cet endroit un grand nombre de sédiments, d'algues, de zooplancton et autres impuretés (Fig. 2). Le risque d'entrée d'agents pathogènes est considérable. Ce risque est d'autant plus grand que cette eau n'est pas désinfectée. Un traitement UV-C serait spécialement recommandé dans ce cas.

La qualité d'eau pompée à cet endroit peut varier fortement au cours d'une journée en fonction des conditions météorologiques, avec des changements rapides de température, d'oxygène, et de concentration en matière organique. Le niveau d'eau du lac varie et elle peut même geler en hiver. La conduite de rejet des eaux usées est située à proximité de la prise d'eau neuve, causant une contamination supplémentaire.

Il est recommandé de prélever l'eau dans le lac à une distance et profondeur suffisante pour avoir une meilleure qualité et des paramètres stables. Cette option avait vraisemblablement été considérée en 2015-16 mais abandonnée par la suite, faute de budget.



Figure 2 : Hangar à bateaux, prise d'eau et tuyauterie de rejet

La filtration mécanique (filtre à charbon) n'a pas fonctionné correctement comme le confirme le sable et le grand nombre de particules retrouvés dans l'eau des bassins. Le type de filtration utilisé n'est pas le plus adapté. Pour corriger une telle qualité d'eau, on aurait pu installer des filtres à sable ou un filtre à tambour, éventuellement en combinaison avec des filtres à poches pour une filtration encore plus fine. Un préfiltre est de toute manière nécessaire pour éviter que des larves de moustiques ne colonisent les tuyauteries.

2.3.1.2 Eau du réseau

De l'eau du réseau est disponible mais le débit s'est avéré fortement limité car le diamètre de la tuyauterie a été sous-dimensionné.

Un approvisionnement en eau fiable et de qualité est une condition de base. Le projet a été modifié en cours de route, un débit de 30 m³/heure étant nécessaire au lieu des 20 m³/heure initialement prévus. L'approvisionnement d'eau du lac ne suffisait plus, celui-ci devait être compensé par l'eau du réseau. Lors du niveau exceptionnellement bas du lac en 2017, alors que le manque d'eau devait être assuré exclusivement par le réseau d'eau communal, l'on s'est aperçu que le diamètre de la tuyauterie était de 32 mm au lieu de 65 mm prévu sur les plans. Vu que les tuyauteries étaient manifestement trop petites et que cela ne pouvait plus être modifié, le débit d'eau a été augmenté en augmentant la vitesse des pompes.

Une autre conséquence est le manque d'eau pour le rétro-lavage du filtre à charbon actif. Le nettoyage du filtre ne peut pas être effectué convenablement. En effet, le rétro-lavage du filtre nécessite un volume de 8 m³ alors que le tuyau d'eau du réseau a été sous-dimensionné et que la cuve de réserve prévue à cet effet ne dispose que de 4 m³. Rincer moins longtemps et plus souvent n'est pas la solution.

2.3.2 Distribution d'eau

2.3.2.1 Local technique

Les pompes (Fig. 3) sont de bonne qualité et le type de pompes est adapté. La pompe à chaleur pour le chauffage du bâtiment est surdimensionnée (Fig. 3). Cela s'explique par le fait qu'au moment de l'installation, elle était aussi prévue pour chauffer l'eau des bassins.



Figure 3 Local technique

2.3.2.2 Bassins de réserve d'eau

A l'étage, trois cuves en acier inoxydable permettent d'avoir à disposition des réserves d'eau à des températures différentes pour la production. L'eau est amenée dans ces cuves à l'aide de tuyaux en polyéthylène (Fig. 4). L'eau est ensuite pompée depuis les bacs à l'étage vers les bassins de production situés en bas à l'aide de pompes. Il y a un problème de conception. La solution normale aurait été de faire circuler l'eau par gravité.



Figure 4 Cuves de réserve d'eau

Le pompage génère des coûts électriques, mais le problème principal est la pression dans les tuyauteries pouvant occasionner des problèmes de sursaturation gazeuse. Une eau présentant une saturation totale en gaz trop élevée favorise la maladie des bulles de gaz (saturation en azote, maladie de décompression) chez les jeunes poissons. Les poissons ne sont pas capables de survivre avec des vaisseaux distendus après y avoir été exposés.

Il aurait alors fallu installer un système de dégazage pour équilibrer les pressions et les débits et éviter les problèmes de sursaturation. Il y a des solutions et suffisamment d'espace à disposition pour cela.

Le concept initial ne comprenait pas de pompes dans les cuves de réserve d'eau. Celles-ci ont été rajoutées sans penser aux conséquences au niveau technique. Le manque de place empêchant une disposition idéale des tuyaux a été évoqué [9] mais des solutions existaient cependant pour faire circuler l'eau en gravitaire.

L'eau dans les cuves peut être chauffée à l'aide d'un serpentín ou de corps de chauffe (Fig. 5).



Figure 5 Chauffage de l'eau

Une des cuves est destinée au rétro-lavage du filtre. Le rétro-lavage nécessite 8 m³ d'eau alors que le bac a une capacité de 4m³ seulement. Cela ne permet pas de rincer le filtre correctement tout en assurant un approvisionnement continu en eau pour la production.

Toutes ces cuves et tuyauteries en acier inoxydable auraient pu être réalisées en polyéthylène, polypropylène, PVC ou fibre. Les vannes motorisées ont aussi été une dépense inutile.

2.3.2.3 Eau de la salle d'incubation/éclosion

Le système était instable et difficile à gérer. Les utilisateurs ont constaté des fluctuations importantes de débits. Il y avait parfois un manque d'eau et parfois trop d'eau. Les problèmes de pression dans les tuyaux étaient si graves que des œufs étaient parfois éjectés des incubateurs.

Des conditions d'élevage stables sont indispensables. Une fluctuation des débits a également une influence sur l'hydraulique dans les incubateurs et les bassins, sur la température et sur l'apport d'oxygène.

Les diamètres des tuyaux doivent être recalculés. A première vue, il n'y a pas toujours de logique dans le choix des diamètres utilisés (Fig. 6). Le travail effectué sur place est de haute qualité, mais cela ne correspond pas aux besoins d'une pisciculture. Les tuyauteries auraient pu être réalisées en polyéthylène, polypropylène ou PVC plutôt qu'en acier inoxydable.



Figure 6 Tuyauteries dans la salle de production

2.3.3 Contrôle et réglage des paramètres d'eau

Les poissons doivent idéalement être élevés dans un environnement proche de celui où ils vont être remis à l'eau. Un contrôle absolu de tous les paramètres physicochimiques de l'eau n'est donc pas essentiel mais un certain nombre de paramètres sont néanmoins importants pour la bonne santé et la survie des poissons.

2.3.3.1 Température d'eau

Plusieurs bassins de réserve sont utilisés pour obtenir de l'eau à des températures différentes : eau du réseau, eau refroidie 1-4 degrés, eau du lac, eau chauffée (Fig. 7). Cependant, dans la pratique, il s'est avéré impossible d'obtenir les températures stables désirées pour l'élevage, tant pour l'eau froide que pour l'eau chaude. Selon les utilisateurs, le réglage de la température n'était pas suffisamment précis et l'éclosion des œufs à basse température (1-2°C) n'était pas stable.



Figure 7 Sources d'eau

Les stades d'œufs et larvaire sont très sensibles. Des fluctuations de température soudaines doivent être évitées à tout prix car elles peuvent avoir une multitude d'effets négatifs et causer des pertes.

L'option d'une pompe à chaleur pour refroidir l'eau du lac d'un degré supplémentaire avait été envisagée mais abandonnée pour réaliser des économies. Il aurait été préférable de maintenir cette option. Cela aurait donné plus de sécurité et de flexibilité, notamment l'option de pouvoir retarder les éclosions pour mieux étaler le repeuplement.

Un système de récupération de chaleur et froid aurait permis d'économiser de l'énergie.

2.3.3.2 Gestion de l'oxygène

Dans la salle d'incubation/éclosion, un apport d'oxygène technique a été jugé inutile car il n'était pas prévu de nourrir les corégones. Un débit d'eau suffisant était censé apporter l'oxygène nécessaire. Pour les bassins qui devaient contenir des truites devant être nourries, un apport oxygène n'était pas prévu non plus.

Un système de contrôle comprenant un minimum de sondes de mesure de l'oxygène dissous n'est pas commun dans les piscicultures de repeuplement mais est recommandé. Il permettrait de s'assurer d'un taux d'oxygène toujours optimal pour les œufs et les poissons. Un système simple de vannes électro-magnétiques injecte alors de l'oxygène technique dans l'eau en cas de besoin.

2.3.3.3 Système de surveillance et de contrôle

Un système d'alarme a été installé (Fig. 8) mais n'a pas permis d'éviter une perte totale. En effet, lors de la mise en route de la pisciculture, une augmentation de la température jusqu'à 17°C durant la nuit a causé la perte de 300 kg d'œufs. Cela a été occasionné par le dysfonctionnement d'une vanne (et sectionnement d'un câble). Les procédures mises en place n'ont pas permis de réagir à temps. Il n'y a pas de relevés de températures disponibles, ni de papiers d'interventions. Ce problème technique a précipité la fermeture de la pisciculture.



Figure 8 Panneau de contrôle du système d'alarme

Il est essentiel de mettre sous alarme tout ce qui peut représenter un risque. Chaque site d'élevage doit avoir un système de suivi et de contrôle performant et disposer d'un manuel de gestion des risques pour minimiser les erreurs techniques et humaines. Dans tous les cas où cela est possible sans intervention humaine, chaque seuil critique doit déclencher automatiquement une réaction du système. Pour ce type de structure, la présence du personnel n'est pas permanente, ce qui justifie d'autant plus d'avoir un système performant.

Il faut bien sûr indiquer à la société d'alarme quels sont les besoins et ce qui doit être couvert. Il existe en Suisse depuis longtemps des sociétés spécialisées ayant de l'expérience dans ce type de systèmes pour l'aquaculture.

Selon les utilisateurs, des alarmes installées dans les cuves de réserve à l'étage se déclenchaient trop souvent (faibles changements de niveau d'eau dans les cuves de réserve, baisses de tension électrique).

Dans les bassins de production et incubateurs, il n'y a pas de sondes de mesure de l'oxygène, de la température et des niveaux d'eau.

2.3.4 Infrastructures piscicoles

Selon une communication datée du 26 octobre 2016 sur le site officiel du canton de fribourg [2], les alevins seraient destinés principalement aux lacs de Neuchâtel et de Morat, comme pour l'ancienne pisciculture. La pisciculture permettrait de stocker jusqu'à 750 litres d'œufs. La capacité aurait été légèrement augmentée par rapport à l'ancienne installation.

Le but de cette pisciculture est, comme pour la plupart des piscicultures cantonales en Suisse, l'élevage de larves de palée et bondelle, et dans une moindre mesure l'élevage d'alevins de truite et de brochet. La possibilité de produire d'autres espèces, comme des ombles et des écrevisses, a aussi été évoquée. Il s'agit donc de soutenir la pêche mais aussi de repeupler les espèces menacées dans les lacs et cours d'eau du canton.

De manière générale, les volumes de production semblent vraiment faibles pour une telle pisciculture cantonale. Il est étonnant de construire une telle installation pour des volumes de production aussi limités.

Il n'y a aucun bassin extérieur. Leur installation aurait été prévue pour plus tard mais la mise à l'arrêt de la pisciculture a empêché de terminer le travail.

Il est clair que trop peu d'argent a été investi dans l'équipement piscicole. Cet aspect a été négligé par rapport aux autres postes de dépenses. Le projet s'étant avéré plus cher que prévu, au cours de la réalisation, des économies ont dû être réalisées. Les plus grandes économies ont été réalisées sur les bassins d'élevage et les incubateurs [17].

2.3.4.1 Salle d'incubation et d'éclosion des œufs

2.3.4.1.1 Incubateurs de type « bouteilles de Zoug »

Les incubateurs pour les œufs de corégones ont été dessinés par M. Gallusser (Fig. 9).

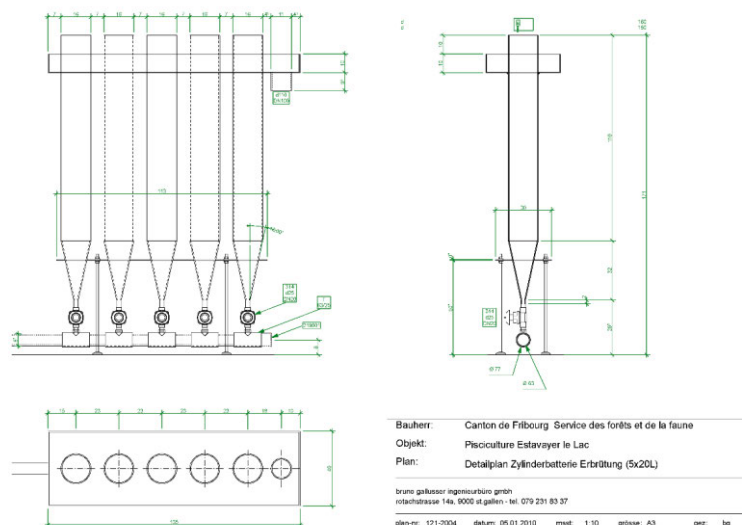


Figure 9 Incubateurs pour œufs de corégones tels que prévus initialement par M. Gallusser [10]

Les incubateurs installés (Fig. 10) sont atypiques et inadaptés, indépendamment des volumes de stockage d'œufs nécessaires.

- La hauteur (1m80) est trop importante. Pour ce type de système, il faut avoir suffisamment de débit sans avoir trop de pression. Avec une telle hauteur d'eau, il faut une pression considérable pour faire fonctionner les incubateurs et obtenir un brassage correct des œufs. Des problèmes de sursaturation sont inévitables.
- Il est impossible de sortir les œufs, ce qui est pourtant indispensable pour éliminer les œufs morts, effectuer un contrôle qualité ou effectuer d'autres manipulations.
- Les volumes sont trop grands en relation avec la capacité de production : plus de petits volumes facilitent la gestion des œufs. Il faut stocker régulièrement et éviter de mélanger des œufs d'âges trop différents.



Figure 10 Incubateurs pour les œufs de corégones

L'eau alimentant les bouteilles de Zoug est pompée depuis l'étage vers le bas provoquant des débits instables et des problèmes supplémentaires de pression dus à des turbulences au niveau de la pompe et dans les tuyauteries.

Le système de réglage des débits est complexe (Fig 11). Les sections de tuyaux de diamètres différents et des tuyauteries et vannes de réglage par bouteille de Zoug rendent difficile un réglage précis.

Un système de réglage flexible et facilement ajustable est important pour une bonne incubation des œufs et pour obtenir des larves de bonne qualité. Les débits doivent être réglables en permanence en fonction du nombre de bouteilles de Zoug en utilisation et de l'âge des œufs.



Figure 11 Vannes de réglage principales et vannes de précision des incubateurs

La figure 12 présente le type de bouteilles de Zoug le plus souvent utilisé dans les piscicultures.



Figure 12 Bouteilles de Zoug typiques

2.3.4.1.2 Système de collecte des larves

Une fois les larves écloses, elles nagent avec le courant vers le haut des bouteilles et sont récoltées dans un réservoir.

Le diamètre du tuyau récoltant les larves et coquilles d'œufs dans le bac de décantation est énorme (Fig. 13). D'après les utilisateurs, il y avait en permanence seulement un filet d'eau, alors qu'il est important pour les larves d'être toujours totalement immergées.



Figure 13 Surverse des bouteilles de Zoug et tuyau de collecte des larves

La chute des larves écloses jusqu'aux bacs est trop violente.

Le bac de stockage de larves est atypique (Fig. 14). Le diamètre d'entrée d'eau est plus grand que le diamètre de sortie.



Figure 14 Bac de récolte des larves de corégone

Pour la collecte des larves, aucun système n'avait été prévu. Un système de fortune a été trouvé pour récolter les larves de corégones (Fig. 15). Ces poissons sont réputés fragiles et difficiles à transporter. Habituellement, dans les pisciculture cantonales, une tuyauterie entre la salle d'éclosion permet le transport des larves en douceur et de manière efficace jusqu'au lac.

Pour faciliter le stockage des larves dans le bateau, la salle d'incubation et d'éclosion aurait idéalement dû être située à proximité du lac plutôt qu'à l'autre bout du bâtiment. L'aménagement des locaux n'a pas été bien pensé. Si la pisciculture est remise en fonction, il faudrait repenser l'emplacement des salles et déplacer les bouteilles de Zoug près du port.



Figure 15 Bac de collecte des larves à Estavayer et système de collecte typique

2.3.4.1.3 Tables d'éclosion

L'autre partie de cette salle est utilisée pour l'éclosion des œufs de truite (Fig. 16). Elle donne une impression de désordre et de manque de planification. De nouvelles tables d'éclosion ont été installées, mais elles étaient bien trop petites pour stocker la quantité d'œufs désirée. Du matériel ancien a été ramené de l'ancienne pisciculture pour combler le manque de volume de production (Fig. 17).



Figure 16 Zone réservée à l'éclosion des œufs de truite à Estavayer et pisciculture de repeuplement typique



Figure 17 Tables et armoires pour l'incubation des œufs de truite

2.3.4.1.4 Contrôle de la lumière

Il faudrait pouvoir contrôler la photopériode, l'intensité et régler la lumière différemment selon les zones dans la salle. A certaines étapes du développement, pour certaines espèces, les œufs devraient être maintenus à l'obscurité.

2.3.4.2 Salle de production d'alevins

Un espace situé entre le hangar à bateaux et les bureaux a été aménagé pour produire des alevins de truite. Cette salle semi-ouverte contient quatre bassins avec un volume d'environ 2.5 m³ chacun (Fig. 18).



Figure 18 Bassins pour la production d'alevins à Estavayer et bassins typiques pour pisciculture de repeuplement

Les bassins sont mal conçus. Il n'y a pas de pente au fond du bassin et cela a une influence négative sur la propreté et signifie une perte de temps pour le nettoyage (Fig. 19). Des bassins de ce type doivent être autonettoyants. Le ratio diamètre/ hauteur d'eau n'est pas idéal, ce qui n'optimise pas l'hydraulique dans le bassin. Les grilles de fond se soulèvent d'elles même lorsque les bassins sont en eau, aucun système de fixation n'a été prévu.



Figure 19 Fond des bassins

La figure ci-dessous présente montre la différence entre les bassins tels que prévus dans le concept initial et les bassins tels que voulus au moment de la construction. Le fond est dessiné avec une pente de 2,7% mais cela n'a pas été respecté lors de la construction (Fig. 20).

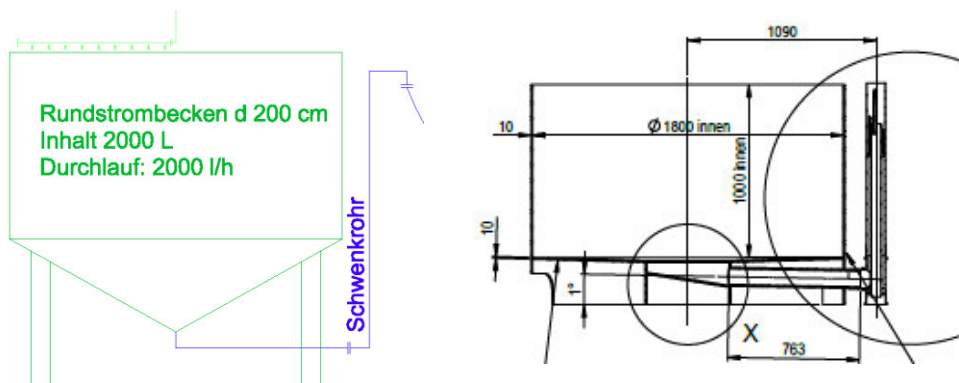


Figure 20 Bassins tels que proposés par M. Gallusser (à gauche) et bassins installés à Estavayer (à droite) [9, 10]

Deux tuyauteries permettent d'utiliser au choix de l'eau du lac ou de l'eau du réseau d'eau potable (Fig. 21). Le tuyau d'entrée d'eau principal est mal conçu. Sans même faire de calculs, il est clair que les trous dans la canne d'arrivée d'eau sont beaucoup trop petits en relation avec le diamètre du tuyau principal. Il y aura trop de pression et pas assez de débit et l'hydraulique qui en résulte dans le bassin sera inappropriée.

Alors que des choses basiques n'ont pas été respectées, un système de réglage de débits de haute technologie a été installé. Ce système n'est même pas utilisé dans les piscicultures commerciales les plus modernes.



Figure 21 Arrivées d'eau du lac ou du réseau, tuyau d'entrée d'eau du bassin et vanne de régulation du débit

Comme pour les incubateurs, les bassins devraient être reliés à une tuyauterie permettant de mettre les poissons directement dans le bateau.

Les tuyaux ne devraient pas être en acier inoxydable, mais en matériaux plastiques.

Cet espace est semi-ouvert. Il y fait si froid en hiver que le sol autour des bassins gèle, avec pour conséquence des risques de glissades. Elle devrait être fermée.

2.3.5 Canalisations et écoulements



Figure 22 Unique canal d'évacuation d'eau de la salle d'incubation/éclosion

Au départ, aucune grille d'évacuation sous les incubateurs n'avait été prévue, elle a été rajoutée par la suite (Fig. 22). Il n'y a pas de pente sous cette grille, ce qui a pour conséquence qu'il reste toujours un fond d'eau sale.

Le problème est encore accentué par le fait que les entrées de tuyauteries raccordées aux canaux ne sont pas placées au fond des égouts.

Cette salle devrait avoir des standards d'hygiène élevés et cela représente un risque considérable.



Figure 23 Eau stagnante

La salle n'a pas de pente ce qui signifie que l'eau peut s'accumuler (fig. 23).

Il aurait fallu recouvrir les sols en béton d'un revêtement qui améliore l'hygiène et évite les risques de glissades.



Figure 24 Problème de retour de matériel de filtration dans les canalisations

Les canaux d'écoulement principaux sont mal conçus. La saleté peut s'accumuler, stagner et même remonter dans les tuyauteries d'évacuation d'eau. Il faudrait une pente de 1-3% permettant d'évacuer l'eau correctement.

Il y a eu des retours d'eau dans les canalisations lors du rinçage du filtre. Du matériel de filtration issu des filtres a même été rejeté jusque dans la salle (Fig. 24).

Les canalisations d'évacuation d'eau sont soit trop petites, soit mal conçues. Elles ne permettent en tout cas pas une évacuation correcte de l'eau. Il n'y a aucune possibilité d'accès et donc de nettoyage.

Aussi, il aurait fallu prévoir deux systèmes d'évacuation séparés. Il est essentiel de pouvoir déverser l'eau soit dans le lac, soit dans une canalisation allant vers la station d'épuration, notamment pour pouvoir nettoyer ou désinfecter des installations avec des produits chimiques.

2.3.6 Hangar à bateaux

L'entrée du hangar à bateaux est trop étroite. Pour un nouveau bâtiment, on aurait dû prévoir plus grand, d'autant que l'espace était disponible.

Un quai flottant et une grue font défaut et l'utilisation est dangereuse, surtout les jours de grand vent. Il faut pouvoir charger les poissons dans le bateau de manière sécurisée. Le bateau devrait pouvoir être sorti de l'eau (cela était prévu mais n'a finalement pas été réalisé).

La porte dans le hangar à bateaux ne ferme pas jusqu'en bas. L'espace ouvert a été comblé par un bout de grillage (Fig. 25).



Figure 25 Hangar à bateaux avant et après le rajout de la grille

Après vérification, ce type de panneaux en bois aggloméré ne convient pas aux milieux humides. Le problème est accentué par le fait que les plaques descendent jusqu'à même le sol (Fig. 26). De manière générale, le bâtiment comporte beaucoup de ces panneaux et des dommages sont à prévoir.



Figure 26 Panneaux en bois dans le hangar à bateaux

2.3.7 Ventilation et climatisation des locaux

Aucun système de ventilation n'a été prévu. Un système de ventilation est souvent combiné à un système de climatisation et chauffage. Cela permet d'éviter un taux d'humidité trop élevé et la condensation. Idéalement, il faudrait prévoir un système de récupération de chaleur.

La pompe à chaleur ne marche pas avec une eau trop froide, ce qui pose des problèmes en hiver. Un chauffage électrique provisoire de 22 kW a été installé. Les factures de chauffage sont montées à 1200 CHF/mois.

3 Remise en fonction de la pisciculture

3.1 Situation initiale

L'arrêt de la pisciculture est dû à des défauts majeur de conception rendant la pisciculture inutilisable en l'état. La société Aqua Transform a fait en 2019 une proposition pour la remise en état. Les gardes-pêches cantonaux et l'entreprise Aqua Transform se sont rencontrés à quatre reprises entre 2017 et 2019. Le but de ces réunions était de comprendre les besoins spécifiques. Aqua Transform a ensuite réalisé une estimation de budget pour réaliser ce nouveau projet.

Il est important de mentionner qu'il n'y a pas une seule et unique solution pour remettre en fonction la pisciculture, et que les partenaires pour une éventuelle remise en état de la pisciculture doivent encore être désignés.

L'étude n'est cependant pas à refaire intégralement car la proposition d'Aqua Transform était basée sur les besoins formulés par le canton et avait déjà été validée par les utilisateurs de la section faune, chasse et pêche. Des discussions avec les utilisateurs a eu pour but de vérifier si ces souhaits sont toujours d'actualité.

Cette partie de l'étude

- évalue si l'agencement des salles est bien pensé,
- présente les besoins formulés par le canton (quelles espèces et quelles tailles/quantités),
- étudie si l'approvisionnement d'eau est adapté en termes de quantité et qualité,
- vérifie si les installations techniques sont adaptées (volumes de production/filtration d'eau/coté fonctionnel),
- vérifie les coûts pour la mise en œuvre d'un nouveau projet en étudiant les demandes d'offres existantes,
- présente une nouvelle offre remaniée et complétée.

3.2 Dimensionnement

3.2.1 Aménagement du bâtiment

3.2.1.1 Distribution des salles

La disposition actuelle des salles est inadaptée. On n'a pas assez pensé au fonctionnel lors de la réalisation. Aqua Transform a proposé une réorganisation pour la nouvelle pisciculture.

Les larves de palée et bondelles sont remises à l'eau rapidement après l'éclosion. Les truites quant à elles restent dans la structure une vingtaine de jours. Elles sont ensuite normalement restockées dans les cours d'eau du canton. Les bassins de truite sont actuellement situés à proximité du port et la salle d'incubation est au fond du bâtiment. Il est donc logique de déplacer l'incubation et les bassins pour les palées et bondelles près du port pour faciliter le transfert au bateau et de faire éclore et éventuellement grandir les truites au fond du bâtiment.

Les brochets restent plusieurs mois dans les bassins. Ces bassins n'ont pas encore été réalisés.

3.2.1.2 Structure du bâtiment

Il faut tenir compte du fait que le bâtiment est déjà construit. Le manque de place pour la production est une contrainte. Les murs ne sont pas tous droits, ce qui n'arrange pas le côté fonctionnel. Il est cependant possible de transformer cette pisciculture en une structure qui peut produire de manière efficace et professionnelle.

Il est possible de corriger des erreurs structurelles mais certaines choses réalisées ne peuvent plus être modifiées car les coûts engendrés seraient démesurés. L'évacuation de l'eau est un bon exemple. Les canalisations des égouts et les grilles d'évacuation ne peuvent pas être refaites à moins de casser la dalle béton. Il est néanmoins possible d'éviter que l'eau ne stagne dans les salles en rajoutant des pentes.

3.2.2 Infrastructures et volumes de production

3.2.2.1 Incubation des œufs

Le type d'incubateur et les volumes nécessaires dépendent de l'espèce et du nombre d'œufs incubés à chaque période de l'année.

Il existe plusieurs types d'incubateurs. Pour les œufs de palée et bondelle, ainsi que pour les œufs de brochet, les bouteilles de Zoug sont bien adaptées. Pour les truites, l'incubation se fait le plus souvent dans des incubateurs verticaux (armoires). Le nombre d'incubateurs peut alors être défini en tenant compte des quantités désirées pour chaque espèce et des densités de stockage des œufs (Tableau 2).

Tableau 2 Besoins en œufs pour chaque espèce [adapté de 11 et com. personnelle]

Espèce	Palée	Bondelle	Truite	Brochet
Nombre désiré	30.000.000	10.000.000	200.000	200.000
Type d'incubateur	Bouteille de Zoug	Bouteille de Zoug	Incubateur vertical	Bouteille de Zoug
Oeufs par litre	70.000 - 115.000	100.000 - 115.000	10.000	50.000 - 60.000

Pour les palées (frai en décembre, éclosions en février-mars), un stockage de 30 millions d'œufs incubés à 70.000 œufs par litre donne un volume théorique nécessaire de 429 litres. Pour la bondelle (frai en janvier-février, éclosions en mars-avril), 10 millions d'œufs incubés à 100.000 œufs par litre donne un volume d'incubation de 100 litres. Pour le brochet, le volume de production nécessaire est plus faible et la période d'occupation des incubateurs (pontes jusqu'aux éclosions) ne se recoupe normalement pas.

Les volumes des bouteilles de Zoug typiques varient. Ceux-ci ne doivent être ni trop petits (gain de place et de temps), ni trop grands (un plus grand nombre permet une plus grande flexibilité et sécurité de production). En divisant les volumes de production souhaités par le volume des bouteilles de Zoug, cela permet de calculer le nombre de bouteilles à installer. Il est recommandé de prendre quelques incubateurs supplémentaires pour donner une marge de sécurité et plus de flexibilité (autres espèces ?).

Les truites peuvent être incubées dans des incubateurs verticaux ou sur des tables contenant des auges pour séparer les œufs. Les volumes communément utilisés varient.

Le tableau 3 ci-dessous représente les besoins théoriques pour l'incubation des œufs à la pisciculture.

Tableau 3 Dimensionnement des incubateurs

Espèce	Palée	Bondelle	Truite	Brochet
Type d'incubateur	Bouteille de Zoug	Bouteille de Zoug	Incubateur vertical	Bouteille de Zoug
Volume nécessaire (litres)	429	100	20	4
Nombre de bouteilles de 20 litres	22	5		
Nombre de bouteilles de 8 litres				1
Nombre d'incubateurs verticaux de 10 litres			2	

Il faudrait au moins 27 bouteilles de Zoug de 20 litres mais le nombre réel d'incubateurs devra être plus important pour permettre de stocker éventuellement plus d'œufs que prévu et donner la possibilité de stocker de plus petites quantités d'œufs d'âges différents.

3.2.2.2 Bassins pour alevins

Le nombre, la taille et la forme des bassins dépendent de la taille de remise à l'eau et des survies normales. La survie normale lors des premières étapes du cycle de production est variable selon l'espèce. Elle dépend aussi d'autres facteurs qui sont plus ou moins sous contrôle. La réussite pour chaque espèce peut donc varier d'une année à l'autre.

Le taux d'éclosion (larves écloses par rapport au nombre d'œufs mis à incuber) est généralement élevé pour les truites et palées (90-95%). Pour les bondelles, plus fragiles, ce taux est plus bas (65-75%) et il est même question de ne peut être plus en produire dans le futur.

Les palées et bondelles sont mises à l'eau le plus rapidement possible, après l'épuisement des réserves vitellines. Les truites sont remises dans le lac une vingtaine de jours après l'éclosion et se nourrissent pendant cette période de leurs réserves vitellines. Elles ne sont normalement pas nourries avec de l'aliment et la survie est de 95%.

Pour le brochet, seulement 40 à 50% des œufs survivent habituellement jusqu'à l'éclosion. Ils restent dans la pisciculture quelques mois pour leur donner une bonne chance de survie dans le lac. Le taux de survie est ensuite de 35-40% à partir de l'éclosion. On peut ainsi estimer que seulement 15 à 20% des œufs stockés dans les incubateurs iront jusqu'au bout et cela est important pour ne pas surdimensionner les volumes de production.

En conclusion, il y a donc plusieurs espèces, mises à l'eau à des stades de développement différents. Il est difficile de calculer les volumes de production nécessaires car il faut de la flexibilité et de la capacité supplémentaire, notamment lorsqu'il faut pouvoir garder les poissons quelques jours de plus dans la pisciculture en cas de tempête.

Le souhait des utilisateurs est d'avoir deux bassins ronds (150 cm de diamètre, capacité d'environ 2000 litres) à disposition pour la salle d'incubation des corégones et six bassins supplémentaires sur roulettes pouvant être déplacés dans la zone du port ou vers la salle d'élevage de truites de l'autre côté du bâtiment. Cela donne plus de flexibilité pour le stockage et les manipulations et limite les coûts et l'espace nécessaire. La pisciculture ne prévoit pas de produire d'autres espèces et n'a donc pas de bassins réservés pour cela mais dispose ainsi quand même d'un peu de flexibilité pour le faire en cas de besoin.

3.3 Besoins en eau

3.3.1 Source d'eau

L'incubation des œufs et la production d'alevins en bonne santé nécessitent une eau de bonne qualité. Un défaut majeur de la pisciculture actuelle est le pompage de l'eau dans un endroit inadapté et une filtration ne permettant pas d'assurer une eau de qualité convenable et stable. Le contrôle de la température s'est aussi avéré défaillant.

Chaque espèce a des besoins et sensibilités différents, notamment au niveau de la température. La filtration recommandée et le contrôle de la température dépend donc de quelle eau est utilisée à l'entrée de la pisciculture.

Afin de résoudre le problème de qualité d'eau, des solutions ont été recherchées. En 2019, quatre options sont proposées [12] :

1. Utilisation d'eau du lac du puits d'Estavayer-le-Lac (SI)

Cette option a été rejetée par la commune, l'approvisionnement en eau pour la commune étant prioritaire

2. Propre conduite d'eau du lac

La majorité des piscicultures cantonales fonctionnent de cette manière. Une conduite tirée à une profondeur suffisante assurerait une stabilité de la température et une eau pauvre en matières en suspension. L'option d'une propre conduite pompant l'eau du lac paraît judicieuse car les coûts de fonctionnement sont les plus faibles. Cependant, l'investissement de départ serait très élevé (estimé à 1,847,000 CHF).

3. Eau potable du réseau à partir de l'hydrante Estavayer-le-Lac

Les investissements pour cette option sont les plus bas mais les coûts de fonctionnement sont de loin les plus élevés pour une installation en circuit ouvert de ce type (CHF 155,000 CHF/an pour une consommation moyenne estimée à 125.000 m³ par an). Dans ce cas, il faudrait réfléchir à installer un système de recirculation d'eau pour fonctionner en circuit fermé.

4. Eau du lac du Groupe E y compris de l'eau refroidie (conduite de retour de l'hôpital).

L'eau du lac est l'eau dans laquelle les poissons sont stockés, ce qui est un avantage considérable du point de vue de la chimie de l'eau et pour la santé des alevins. L'eau doit être captée à une profondeur et à une distance suffisante pour assurer une bonne qualité.

Les coûts d'investissement et de fonctionnement dépendent du volume d'eau utilisé et de l'option retenue. Les différentes options ont été comparées et l'option retenue est l'option 4 ci-dessus. Une solution durable a été trouvée en 2020. Des travaux ont été entrepris par le Groupe E pour augmenter l'approvisionnement en eau d'Estavayer et la pisciculture a pu être raccordée à une tuyauterie existante de 400 mm (Fig. 27). Cette eau provient du lac et est non traitée. Elle est captée à 1700 mètres de la rive à une profondeur de 38 mètres [13]. Le prix de ces travaux était de 56'000 francs. Le tarif négocié avec le Groupe E est de 0.46 CHF/m³ +TVA avec un forfait annuel minimum de 13,800 CHF + TVA (équivalent de 30.000 m³ par an) [14]. La consommation d'eau sera de toute manière supérieure à 30.000 m³ par an (voir 3.3.2 ci-dessous).

Par contre, le prix au m³ négocié paraît vraiment excessif.



Figure 27 Les deux entrées d'eau du lac brute

3.3.2 Quantité d'eau nécessaire

La consommation d'eau de la pisciculture est difficile à estimer. Le minimum requis avait été estimé à 30.000 m³ par M. Gallusser [15]. Ce chiffre est faible. La consommation pourrait augmenter dans le futur, notamment si la structure est aussi utilisée en été. La consommation moyenne a donc été revue à la hausse et fixée à 100.000 m³. La consommation maximale est estimée à 160.000 m³ par an.

La consommation d'eau n'est pas uniformément répartie sur l'année. Les incubateurs et la plupart des bassins ne sont occupés que durant les mois d'hiver. Les tuyauteries doivent être dimensionnées pour permettre de couvrir les pics de consommation. Le débit maximal assuré de 60 m³/heure permet de couvrir ces besoins même si la majorité des incubateurs et bassins sont en eau.

3.3.3 Paramètres d'eau

3.3.3.1 Température

Une conduite amène de l'eau à une température naturelle de 6 à 9 °C, suivant le profil de température d'eau pompé à 38 mètres de profondeur [13]. Une autre conduite amène de l'eau ayant passé par la pompe à chaleur de l'hôpital. Selon l'offre du Groupe E, la température de cette deuxième source d'eau serait de 3 à 6 degrés selon la saison.

La température d'incubation des œufs dépend de l'espèce. Alors que les œufs de palée, bondelle et truite (éclosions naturelles durant les mois d'hiver) sont typiquement incubés entre 2 et 8 degrés, les œufs de brochet (éclosions naturelles au printemps) sont incubés à 10-12 degrés.

L'eau pourrait encore être refroidie davantage (en circuit ouvert ou fermé) pour donner plus de flexibilité. Une certaine flexibilité de températures durant l'éclosion est recommandée pour permettre de retarder/avancer les éclosions et ainsi permettre d'étaler la remise à l'eau des œufs/poissons pour optimiser les chances de survie dans le milieu naturel.

En ce qui concerne les larves et alevins, les bondelles sont maintenues dans les bassins à environ 2-3 degrés, les truites nécessitent 6 à 8 degrés. Les brochets sont élevés à 10-13 degrés.

La pisciculture a donc maintenant une flexibilité importante en termes de température. La température d'eau des deux arrivées d'eau brute du lac, permet de couvrir en grande partie ces plages de températures.

3.3.3.2 Autres paramètres physico-chimiques

Ces deux sources d'eau garantissent un approvisionnement d'eau de bonne qualité. Dans le cas d'une pisciculture de repeuplement, l'eau est prélevée dans le lac à une distance et profondeur suffisantes. Aucun ou peu de traitement préalable serait nécessaire. Il serait néanmoins important de faire une analyse bactériologique de l'eau régulièrement.

3.3.3.3 Particules

Une filtration mécanique à 40 microns assurée par le Groupe E selon les souhaits formulés par le service de la pêche du canton au Groupe E [13]. Une filtration mécanique supplémentaire à l'entrée de la pisciculture n'est donc plus nécessaire.

3.4 Vérification des coûts pour la remise en fonction

3.4.1 Types de coûts

La société Aqua Transform a calculé que 1,526 millions de francs sont nécessaires pour la remise en état de la pisciculture. La dernière version du budget est datée du 14 mai 2019 [16]. Dans une version antérieure du budget pour la remise en route, un montant supplémentaire de CHF 281,862.50 avait été réservé pour corriger le problème d'approvisionnement d'eau [18]. La situation a évolué peu de temps après et le problème est maintenant déjà résolu, rendant ce poste obsolète.

La presse fait état de 657,000 francs pour la remise en état, 258,000 francs pour l'appareillage et le mobilier ainsi que 611,000 francs pour répondre aux besoins supplémentaires des utilisateurs [16]. Le montant de 915,000 est évoqué pour adapter l'installation. Une distinction est faite entre ce qui serait absolument nécessaire ou non.

Dans ce budget, il y a effectivement trois types de frais, mais cette distinction est un peu trompeuse. La liste ci-dessous explique de manière plus précise comment les montants ont été répartis dans le budget proposé.

1. Les frais de remise en état (Baukosten), CHF 657,381.81

Cela représente le montant minimal qui couvre la correction des erreurs de planification et construction. La réalisation de la pisciculture n'a pas respecté le concept initial défini par M. Gallusser. Il s'agit de frais de construction pour finir les travaux qui avaient été prévus dans la première phase mais n'ont jamais été finalisés, ainsi que de coûts pour corriger les erreurs techniques au niveau du bâtiment, de la filtration, et du contrôle des paramètres d'eau. Quand les problèmes sont apparus, tout a été mis à l'arrêt alors que le bâtiment n'était pas fini. Il restait encore plusieurs dizaines de milliers de francs dans le mandat, principalement pour le hangar à bateaux (palan, berges, échelle, et grille).

2. Les souhaits supplémentaires des utilisateurs (Nutzerkosten), CHF 610,501.65

Ce montant est dédié à des besoins qui semblent justifiés qui n'avaient soit pas été prévus dans l'offre initiale ou ce qui a été mal réalisé au niveau de la construction. Mais il y a aussi une partie pour l'achat de matériel dont les utilisateurs ont absolument besoin pour garantir un outil de travail professionnel.

3. Les frais pour l'appareillage et le mobilier (Funktionskosten), CHF 257,926.79

Ce montant couvre notamment l'achat d'appareils et de matériel aquacole. Cette partie du budget pourrait être répartie entre les deux premiers points car il s'agit, selon les postes, de remise en état ou de rajout de choses essentielles.

La distinction entre les trois types de frais ci-dessus n'a pas lieu d'être. Elle repose sur des appréciations personnelles de ce qui faisait partie de la proposition initiale de M. Gallusser ou pas, de comment ce concept initial a été interprété et réalisé par la suite, et de ce qui est maintenant jugé nécessaire de rajouter ou pas. En plus de cela, certains coûts sont à nouveau répartis entre les différents types de frais, ce qui rend l'offre complexe.

Il serait faux de séparer les coûts en coûts nécessaires et souhaits supplémentaires. Cela donne faussement l'impression que certains souhaits supplémentaires sont des ajouts non nécessaires et qui pourraient être évités. Dans cette étude, pour plus de clarté, les trois types de frais sont donc regroupés.

3.4.2 Analyse des coûts

L'offre de Aqua Transform, est divisée en six postes budgétaires

Tableau 4 Postes budgétaires

Poste budgétaire	CHF
Travaux préparatoires	25,380.00
Bâtiment	967,758.64
Equipements de production	216,710.00
Aménagements extérieurs	32,240.00
Coûts annexes	67,424.95
Matériel divers	41,000.00
Réserve 5%	67,525.68
TVA	107,770.98
TOTAL	1,525,810.25

Chaque sous-poste de cette offre a été évalué. Toutes les demandes d'offres déjà existantes ont été étudiées. Pour les coûts importants et en cas de doute, une recherche de coûts a été effectuée auprès de fournisseurs de services et matériel. Certains sous-postes ont été déplacés, combinés, éliminés. Certaines choses considérées comme essentielles ont été rajoutées.

3.4.2.1 Travaux préparatoires

Ce poste budgétaire inclut l'installation des travaux (conteneur...), la sécurisation du site (barrières, signalisation...), les travaux de démolition (démantèlement des tuyauteries inutilisables...), les frais d'élimination des déchets (décharge) et les salaires (chef de chantier et ingénieur civil).

3.4.2.2 Bâtiment

Ce poste budgétaire représente plus de 70% des frais pour la remise en état. L'offre réalisée par l'entreprise ■■■■■ représente à elle seule CHF 605,691. Elle a été étudiée en détail et a également été vérifiée par une autre entreprise suisse spécialisée dans ce domaine. Il en ressort que cette offre est compétitive, ■■■■■ connaissant déjà bien le dossier et faisant apparemment un effort sur les prix. Ce montant a donc été laissé tel quel dans la nouvelle proposition de budget. Il est important de noter que si une autre entreprise réalisait les travaux, cette partie du budget pourrait augmenter de 20 à 30%.

L'offre de ■■■■■ comprend le matériel et les travaux de climatisation (ventilation et contrôle du taux d'humidité), le chauffage et refroidissement du bâtiment, toutes les tuyauteries et connexions (sanitaires en acier inoxydable, évacuation d'eau, tuyauteries en plastique PE pour les bassins d'élevage) y compris le démontage des tuyauteries existantes, un système de dégazage et la mise à niveau du contrôle et monitoring. Les cuves de réserve d'eau à l'étage peuvent être réutilisées mais doivent être adaptées. Une grande partie du matériel n'est pas réutilisable. Il faudrait vérifier si certaines choses peuvent être revendues ou éventuellement récupérées par l'entreprise ■■■■■ pour un autre projet.

Un des défauts majeurs de l'installation actuelle est le pompage de l'eau vers la salle du bas. Les tuyauteries doivent être démontées totalement et remplacées par des tuyauteries permettant d'approvisionner les différents circuits en gravitaire. Le système doit être simplifié et le diamètre des différentes tuyauteries doit être recalculé en fonction des nouveaux débits.

La hauteur entre la salle à l'étage et les salles de production au rez permet d'installer sans trop de frais supplémentaires un système de dégazage (de type filtre à ruissellement) qui donne une sécurité supplémentaire et permet d'oxygéner l'eau encore davantage.

La grue pour relever le bateau (CHF 35,000) permet de garder le bateau hors de l'eau et de le charger. Cette offre de Landolt Engineering remplit les exigences des utilisateurs. La grue était déjà prévue lors de la construction de la pisciculture mais n'avait finalement pas été commandée.

Le montant prévu pour l'adaptation des installations électriques (CHF 70,000) se base sur une estimation et devrait être vérifié en détail mais paraît correct pour une pisciculture de cette taille.

Un montant de CHF 22,000, prévu pour l'isolation de la salle d'incubation des corégones et l'isolation du hangar à bateau, semble correct. Cela permettra d'optimiser la température dans la salle d'incubation et d'atténuer le froid dans le hangar à bateaux.

L'eau rejetée depuis la pisciculture doit être collectée pour concentrer les boues. Un montant de CHF 3,500 est prévu pour cela. Lors de la mise à l'enquête, il est possible que les exigences environnementales rendent nécessaire un traitement d'eau plus poussé, ce qui pourrait coûter plusieurs dizaines de milliers de francs. Ce point est donc à éclaircir avec le canton.

Dans la nouvelle proposition de budget révisé (Tableau 5), pour plus de clarté, ce poste budgétaire « bâtiment » a été divisé en deux, soit les travaux liés au bâtiment lui-même (améliorations, oublis, rajouts) et les travaux de chauffage, de climatisation, sanitaires et d'électricité.

3.4.2.3 Equipements de production

Les seuls frais encourus sont ceux de raccordement à pisciculture (CHF 56,000). Plus aucune infrastructure associée à l'acheminement d'eau n'est nécessaire.

Le préfiltre figurant sur le budget, servant principalement à protéger les tuyauteries de la colonisation de moules, n'est plus nécessaire car l'eau livrée par le Groupe E est déjà filtrée.

Les techniques de recirculation d'eau ont beaucoup évolué ces dernières années et un système fermé ou une recirculation partielle est envisageable. A la suite de discussions avec les utilisateurs, cela n'a finalement pas été prévu dans l'offre de Aqua Transform, mais permettrait d'économiser des coûts liés à la consommation d'eau et à un éventuel refroidissement de volumes d'eau importants.

Un petit système de recirculation pour la salle d'incubation des œufs de corégones serait judicieux, car cela permettrait une flexibilité supplémentaire du point de vue des températures d'incubation et ne coûterait pas trop cher.

En ce qui concerne les bassins, l'investissement élevé que signifie ce type de systèmes fermé n'est pas justifié dans l'immédiat. S'il s'avère que la consommation d'eau dépasse les 100.000 m³ par an, et que le prix au m³ reste aussi élevé, une recirculation d'eau serait alors justifiée pour économiser sur la facture d'eau. Un tel système pourra alors être rajouté par suite. Cela serait également recommandé si des bassins supplémentaires de grossissement sont rajoutés à l'extérieur. Le dimensionnement des équipements nécessaires (filtration mécanique, biologique...) et le calcul des coûts nécessiteraient une étude détaillée.

Tout l'équipement dans l'actuelle salle d'incubation doit être retiré et ne peut pas être réutilisé. Les incubateurs sont inutilisables, la cuve de collecte des larves non plus, les tables d'incubation sont anciennes. Il faut racheter du matériel neuf et professionnel.

Les prix pour les divers incubateurs et bassins ont été légèrement modifiés après vérification de prix mais restent assez proches de l'offre initiale. Une surface de terrain à l'extérieur est disponible et était censée accueillir des bassins pour l'élevage de brochet. Il s'est avéré que cela était effectivement prévu, mais dans une deuxième phase seulement. Ce nouveau budget contient l'investissement pour une petite installation extérieure, standard dans toute pisciculture cantonale.

CHF 25,000 sont prévus pour l'achat de sondes de mesure de pH, conductivité, oxygène, température et turbidité. Le montant prévu pour ces sondes, et pour le système de contrôle des paramètres et d'alarme a été légèrement augmenté.

3.4.2.4 Aménagements extérieurs

Le montant de CHF 32,240 prévu pour les travaux de réaménagement de l'espace extérieur semble élevé et a été réduit. Il contenait aussi CHF 4000 de matériel informatique déplacés au poste « matériel divers ».

3.4.2.5 Coûts annexes

Ce poste, contenant les coûts administratifs, de gestion de projet, de conseil et d'assurances a été réduit d'environ 30%.

3.4.2.6 Matériel divers

Ce poste de dépenses est totalement justifié mais a été réduit d'environ 25%. Il contient du matériel pour la production, l'hygiène et la sécurité des locaux. Ce point avait été négligé dans l'installation actuelle.

3.4.3 Coûts pour la remise en fonction

Le tableau 5 résume la révision des coûts à la suite de l'analyse des besoins et la vérification des prix pour les différents éléments et services.

Tableau 5 Coûts révisés

Description	Coûts
Travaux préparatoires	
Matériel installation travaux	7,000.00
Sécurisation du site	5,500.00
Elimination des déchets	4,000.00
Salaires	1,320.00
SOUS TOTAL Travaux préparatoires	17,820.00
Travaux bâtiment	
Adaptations bâtiment et rajout de pentes sur les dalles et refaire les grilles évacuation d'eau	40,000.00
Aménagement pour le traitement des eaux usées	3,500.00
Démontage et remontage plafonds bois	5,000.00
Panneaux sandwich /isolation	22,000.00
Vitrage	12,000.00
Fixations métalliques	23,000.00
Grue bateau	35,000.00
Porte hangar à bateau	2,500.00
Travaux de peinture et de maçonnerie	6,000.00
Aménagement zone bassins extérieurs	20,000.00
Salaires	6,760.00
SOUS TOTAL Travaux bâtiment	175,760.00
Climatisation et électricité	
Chauffage, climatisation, ventilation, sanitaire	605,691.00
Travaux d'adaptation électriques	60,000.00
Génératrice de secours	25,000.00
Salaires	27,627.64
SOUS TOTAL Climatisation et électricité	718,318.64
Equipements de production	
Système froid et recirculation por l'incubation	25,000.00
Bouteilles de Zoug et supports inox	50,000.00
Incubateurs verticaux	6,000.00
Bassins circulaires	40,000.00
Bassins rectangulaires intérieur	15,000.00
Bassins extérieurs	15,000.00
Accessoires bassins	15,000.00
Adaptation du système de contrôle et alarme	20,000.00
Sondes de mesure de paramètres	30,000.00
Mobilier	5,000.00
Salaires	8,840.00
SOUS TOTAL Equipements de production	229,840.00
Aménagements extérieurs	
Réaménagement	15,000.00
Raccordement canalisation de sortie	7,000.00
Salaires	880.00
SOUS TOTAL Aménagements extérieurs	22,880.00
Coûts annexes	
Coûts de gestion de projet	11,646.19
Coûts permis de construire	11,646.19
Contrôle et conseil	11,646.19
Assurances	11,646.19
SOUS TOTAL Coûts annexes	46,584.75
Matériel divers	
Accessoires de production	15,000.00
Matériel de nettoyage	5,000.00
Sondes de mesure manuelles et photomètre	3,500.00
Matériel informatique	4,000.00
Matériel pour la formation	2,000.00
Extincteurs	1,500.00
SOUS TOTAL Matériel divers	31,000.00
Réserve 5%	62,110.17
TOTAL TVA non comprise	1,304,313.55
TVA	100,432.14
TOTAL TVA comprise	1,404,745.70

Le Tableau 6 ci-dessous compare les deux estimations. Le montant final est assez proche (différence de 8% vers le bas). La partie du budget destinée au bâtiment a été réduite d'environ CHF 74,000. Les autres postes budgétaires ont aussi été réduits, à l'exception de la partie pour les équipements de production qui a légèrement augmenté.

Tableau 6 Comparatif entre les deux estimations

Poste budgétaire	Estimation Aqua Transform	Estimation BFH
Travaux préparatoires	25,380.00	17,820.00
Bâtiment	967,758.64	175,760.00
Climatisation et électricité		718,318.64
Équipements de production	216,710.00	229,840.00
Aménagements extérieurs	32,240.00	22,880.00
Coûts annexes	67,424.95	46,584.75
Matériel divers	41,000.00	31,000.00
Réserve 5%	67,525.68	62,110.17
TVA	107,770.98	100,432.14
TOTAL	1,525,810.25	1,404,745.70

L'entreprise ██████████ est disposée à assumer, sans reconnaître d'obligation légale et sans recourir à la voie judiciaire, une part de 165'000 francs sur les 915'000 évoqués pour adapter l'installation, que la pisciculture soit remise en service ou non [9].

Il existe aussi un montant restant dans le budget d'investissement défini par décret (169.952 francs).

La remise en état coûterait donc finalement un peu plus d'un million de francs. Il est important de noter qu'il s'agit d'une estimation, mais qui valide l'ordre de grandeur de l'investissement nécessaire.

3.5 Option de produire pour le canton de Fribourg à la pisciculture de Colombier

La remise en route de la pisciculture est possible mais de gros changements sont nécessaires. L'alternative serait de produire les œufs et alevins pour le canton de Fribourg ailleurs. Depuis la conclusion des premières enquêtes techniques et administratives, les piscicultures cantonales de St-Sulpice (VD) et Colombier (NE) ont déjà aidé à combler le manque de production autant que possible. En mai 2019, le canton de Neuchâtel a proposé une solution de partenariat à trois, pour produire sur le site de Colombier des œufs et poissons pour les cantons de Fribourg et Vaud également [19]. La pisciculture d'Estavayer serait abandonnée.

Une pisciculture pour les trois cantons a pour avantage des coûts opérationnels moins élevés, puisque les activités sont combinées. Il faut rajouter à cela l'absence de coûts pour la remise en service de la pisciculture d'Estavayer. Les coûts annuels revenant au canton de Fribourg ont été estimés à 63,000 francs jusqu'en 2022, puis à 47,000 francs. Le fonctionnement global reviendrait

à 140,000 francs par an, personnel compris, avec un investissement unique de 145,000 francs sur trois ans. L'investissement à Colombier est nécessaire pour améliorer la gestion d'eau, la filtration et le contrôle de la température. Il est prévu d'augmenter les volumes de production pour la bon-delle et palée principalement. En plus des 3 millions d'œufs de brochet déjà produits à Colombier, il est prévu d'augmenter la production de truites de lac de 200.000 à 300.000, et celle des ombles chevaliers de 100.000 à 200.000 [20].

Les coûts pour l'exploitation annuelle de la pisciculture d'Estavayer, une fois remise en état, ont été estimés et comparés aux coûts résultant du déplacement de la production à Colombier [6, 17]. Cependant, ces coûts sont très difficilement vérifiables et il semblerait entre autres que ces calculs ne prennent pas en compte le temps de travail des gardes pêche fribourgeois. Ceux-ci auraient quand même une charge de travail substantielle. La récolte des œufs avec les pêcheurs professionnels doit se faire de ce côté du lac. Des trajets Estavayer-Colombier sont nécessaires plusieurs fois par semaine durant la saison de reproduction.

Des calculs financiers uniquement ne permettent pas de tenir compte des implications de l'un ou l'autre de ces choix. Les personnes interrogées ont des avis très divergents [21]. Les arguments avancés par les partisans de la relocalisation de la production à Colombier contredisent les arguments qui motivaient la construction de la nouvelle pisciculture, notamment le danger pour des raisons biologiques et de gestion de tout regrouper sur un seul site.

Le sujet est sensible auprès de la population. Bien qu'il s'agisse d'une somme limitée au vu du scandale que cela a suscité, l'argent du contribuable a été mal utilisé. Des cabanes de pêcheurs ont été détruites afin de construire une pisciculture censée aider les pêcheurs. Pour de nombreuses personnes interrogées, il est impensable de déplacer toute la production à Colombier. Les piscicultures cantonales fribourgeoises ont toutes fermé, et avec cela le risque de perte d'un savoir-faire d'une grande valeur. Centraliser la production à un même endroit est un risque. Il ne faut également pas oublier l'importance économique, écologique et pédagogique pour la région [19].

4 Conclusions

Lors du projet de planification et de construction de la nouvelle pisciculture, de mauvais choix ont été faits et de nombreuses fautes techniques ont été commises. Les plans initiaux ont été modifiés et ce qui a été réalisé ne correspond pas à ce qui a été mis à l'enquête. Beaucoup de signaux auraient dû interpeller pour mettre en suspens la construction et reconsidérer. Certaines erreurs relèvent du bon sens. D'autres erreurs ont mis au jour le manque d'expertise dans le domaine de l'aquaculture (techniques de filtration, chimie de l'eau, compréhension de la biologie des espèces produites).

La difficulté a été sous-estimée et les choses ont été compliquées inutilement. Trop peu de moyens ont été consacrés aux équipements aquacoles et le faible volume consacré à la production interpelle. La filtration et préparation de l'eau n'est pas adaptée pour une telle pisciculture. Il aurait fallu prendre comme point de départ les objectifs de production et les besoins biologiques des poissons. Fondamentalement, il manquait une personne ayant les connaissances techniques et biologiques durant la phase de réalisation, ce qui aurait pu prévenir beaucoup des erreurs commises. Le projet n'a pas pu être mené à terme de manière satisfaisante et il n'est pas possible de produire dans des installations aussi mal conçues.

La durée sur laquelle ce projet s'est étendu n'a pas été favorable. Les longues années passées entre les premiers plans et la construction n'ont pas facilité les choses. De nombreuses personnes ont été impliquées au fil du temps et il y a eu d'importants problèmes de communication et de confiance entre les différents acteurs.

La remise en état de la pisciculture a pour contrainte un bâtiment existant, mais un investissement d'un peu plus d'un million de francs, à condition que le nouveau projet soit dirigé de manière professionnelle par des personnes compétentes, peut permettre de satisfaire les objectifs de production d'œufs et d'alevins du canton. L'alternative à une remise en état de la pisciculture est de produire tous les œufs et poissons pour le canton de Fribourg à la pisciculture de Colombier.

5 Bibliographie

- [1] Aqua Transform, 28 juillet 2017. Estavayer-le-Lac Fischzucht Anlage. Bericht Fischzucht Wasseraufbereitung.
- [2] Site officiel Etat de Fribourg, 26 octobre 2016. Inauguration de la nouvelle pisciculture cantonale d'Estavayer-le-Lac. <https://www.fr.ch/diaf/actualites/inauguration-de-la-nouvelle-pisciculture-cantonale-destavayer-le-lac> (accès le 22 juillet 2020).
- [3] Etat de Fribourg, 25 juin 2012. Pétition pour le déplacement du projet cantonal de pisciculture à Estavayer-le-Lac. <https://www.fr.ch/cha/actualites/petition-pour-le-deplacement-du-projet-cantonal-de-pisciculture-a-estavayer-le-lac> (accès le 22 juillet 2020).
- [4] 24 heures, 12 janvier 2109. Les poissons bientôt de retour pour faire oublier le fiasco. <https://www.24heures.ch/vaud-regions/nord-vaudois-broye/poissons-bientot-retour-oublier-fiasco/story/18073222> (accès le 29 juin 2020).
- [5] ArcInfo, 30 juin 2017. Des millions d'œufs de poissons perdus dans la pisciculture à Estavayer-le-Lac. <https://www.arcinfo.ch/articles/suisse/problemes-techniques-dans-la-nouvelle-pisciculture-fribourgeoise-682087> (accès le 17 juillet 2020).
- [6] Nau. 18 décembre 2019. <https://www.nau.ch/news/schweiz/fischzucht-in-estavayer-le-lac-ohne-fische-65630399>, (accès le 22 juillet 2020).
- [7] ArcInfo, 27 janvier 2020. Estavayer-le-Lac: l'abandon de la pisciculture dérange. <https://www.arcinfo.ch/articles/regions/canton/estavayer-le-lac-l-abandon-de-la-pisciculture-derange-903070> (accès le 29 juin 2020).
- [8] ██████████, 4 mars 2015. PEL - Nouvelle pisciculture cantonale.
- [9] ██████████, 28 septembre 2017. Stellungnahme zum Bericht der Aqua Transform AG vom 28.07.2017. Fischzucht, 1470 Estavayer-le-Lac.
- [10] B. Gallusser, 5 janvier 2010. Detailplan Zylinderbatterie Erbrütung.
- [11] D. Häfele, 7 décembre 2019. Notes de réunion.
- [12] Aqua Transform, 16 mai 2019. Fischzuchtstation Kanton Freiburg. Estavayer-le-Lac. Präsentation Betriebsoptimierung.
- [13] Groupe E, 30 janvier 2019. Projet HIB/EMS – Estavayer. Rencontre resp. de la pêche.
- [14] Celsius Groupe E, 2 avril 2019. Offre budgétaire « vente d'eau brute pour la pisciculture du Canton de Fribourg – Estavayer-le-Lac »
- [15] Service des forêts et de la nature, 3 avril 2019. Courriel.
- [16] Aqua Transform, 14 mai 2019. Budget nouvelle pisciculture.
- [17] Agri, 17 décembre 2109. Constat d'échec pour la pisciculture d'Estavayer-le-Lac. <https://www.agrihebdo.ch/news/constat-d-echec-pour-la-pisciculture-d-estavayer-le-lac/6368> (accès le 29 juin 2020).
- [18] Aqua Transform, 11 avril 2019. Budget nouvelle pisciculture.
- [19] Site officiel République et canton de Neuchâtel, 14 janvier 2020. La pisciculture de Colombier pourra assurer le repoissonnement des lacs de Neuchâtel et Morat. <https://www.ne.ch/medias/Pages/20200114-pisciculture-colombier.aspx> (accès le 14 juillet 2020).

[20] 24 heures, 20 janvier 2020. L'avenir de la pisciculture d'Estavayer fait encore des vagues.
<https://www.24heures.ch/vald-regions/nord-vaudois-broye/avenir-pisciculture-destavayer-encore-vagues/story/30310892> (accès le 29 juin 2020)

[21] Swissinfo, 6 février 2020. CEP pour éclaircir le fiasco de la pisciculture d'Estavayer-le-Lac.
<https://www.swissinfo.ch/fre/toute-l-actu-en-bref/cep-pour-%C3%A9claircir-le-fiasco-de-la-pisciculture-d-estavayer-le-lac/45542094> (accès le 29 juin 2020).

Remerciements

Cette étude n'aurait pas été possible sans obtenir l'accès aux documents et aux informations nécessaires.

Un grand merci à Roland Mesot, président de la CEP, à Patrick Pugin, secrétaire de la CEP, à tous les membres de la CEP, au responsable de la pêche du canton de Fribourg et aux utilisateurs de la pisciculture d'Estavayer, à l'équipe de la pisciculture de Gléresse et à toutes les personnes auditionnées.