



10 avenue de Toulouse 31860 Pins-Justaret

Tél./Fax : 05.62.20.98.24

<http://ecogea.pagespro-orange.fr>

Tests d'évaluation des dommages subis par les espèces piscicoles en dévalaison lors de leur transit à travers le groupe turbogénérateur VLH installé sur le Tarn à La Glacière (Millau).

Principaux résultats des tests effectués en mai-juin 2013.



Vue de la VLH, des tubes d'injection et du cadre supportant le filet de récupération des poissons.



Rédacteur : T. Lagarrigue

JUILLET 2013

Tests d'évaluation des dommages subis par les espèces piscicoles en dévalaison lors de leur transit à travers le groupe turbogénérateur VLH installé sur le Tarn à La Glacière (Millau).

Principaux résultats des tests effectués en mai-juin 2013.

SOMMAIRE :

1. SITE D'ÉTUDE	2
2. PROTOCOLE DE TEST MIS EN PLACE	3
2.1. MATÉRIEL BIOLOGIQUE	3
2.1.1. <i>Choix de l'espèce et classes de taille</i>	3
2.1.2. <i>Origine et nombre d'individus</i>	5
2.2. CONDITIONS DE STOCKAGE.....	6
2.3. DISPOSITIF D'INJECTION	7
2.4. POINTS D'INJECTIONS.....	8
2.5. RÉGIME DE FONCTIONNEMENT DE LA VLH.....	9
2.6. NOMBRE D'INDIVIDUS PAR LOT	9
2.7. NOMBRE DE LOTS CONSTITUÉS POUR LES TESTS	9
2.8. AJUSTEMENTS RÉALISÉS AFIN D'AMÉLIORER LES TAUX DE RECAPTURE	9
3. PRINCIPAUX RÉSULTATS	12
3.1. TAUX DE RECAPTURE	12
3.1.1. <i>Grosses et très grosses truites</i>	12
3.1.2. <i>Petites truites</i>	12
3.1.3. <i>Petites et grosses carpes / tanches</i>	13
3.2. TAUX DE MORTALITÉ IMMÉDIATE ET APRÈS 48H D'OBSERVATION	14
3.2.1. <i>Grosses et très grosses truites</i>	14
3.2.2. <i>Petites truites</i>	15
3.2.3. <i>Petites et grosses carpes / tanches</i>	15
3.3. ORIGINE DES MORTALITÉS ET DES BLESSURES	16
3.3.1. <i>Truites</i>	16
3.3.2. <i>Carpes / Tanches</i>	18
3.4. TAUX DE MORTALITÉ GLOBAL DE LA VLH.....	19
3.4.1. <i>Grosses truites</i>	19
3.4.2. <i>Petites truites</i>	20
3.4.3. <i>Grosses carpes / tanches</i>	20
3.4.4. <i>Petites carpes / tanches</i>	20
4. SYNTHÈSE	21

Tests d'évaluation des dommages subis par les espèces piscicoles en dévalaison lors de leur transit à travers le groupe turbogénérateur VLH installé sur le Tarn à La Glacière (Millau).

Principaux résultats des tests effectués en mai-juin 2013.

La turbine VLH a déjà fait l'objet de plusieurs tests de dévalaison in situ sur des smolts et des anguilles argentées sur le site de Troussy (ECOGEA, 2007, 2008a et 2008b)¹, puis sur le site de Frouard sur la Moselle (ECOGEA, 2011)¹, après modification du contour hydraulique de la VLH. Ces tests ont tous été réalisés avec un fonctionnement à pleine ouverture et à pleine puissance de la VLH.

Suite à certaines interrogations de l'Onema sur la dévalaison des poissons par une VLH fonctionnant à **ouverture partielle**, la société MJ2 a décidé de lancer une nouvelle campagne de tests d'évaluation de dommages subis par les espèces piscicoles dévalant par une VLH fonctionnant dans ces conditions.

Ces tests se sont déroulés du 27 mai au 07 juin 2013 sur une VLH DN 5000 « à manteau de roue et moyeu sphériques » installée sur le site dit de « La Glacière » situé en rive gauche du Tarn à l'aval immédiat de Millau.

Le présent document récapitule les principaux résultats à l'issue de ces tests.

1. Site d'étude

Le Module inter-annuel du Tarn à Millau, à l'aval de la confluence de la Dourbie, est d'environ 47 m³/s, pour un BV de 2 170 km² (données Banque Hydro – Station n°03401010).



La centrale de La Glacière en RG du Tarn à l'aval de Millau

L'aménagement de La Glacière est situé en rive gauche du Tarn, à l'aval immédiat de Millau. La centrale est équipée, depuis 2013, d'une VLH DN 5000 à manteau de roue et moyeu sphériques, qui turbine 23.5 m³/s, sous 1.8 m de chute nette.

La roue de type Kaplan possède 8 pales à ouverture variable et mesure 5 m de diamètre.

¹ Ces différents rapports sont disponibles sur simple demande auprès d'ECOGEA.

Au cours des tests, les vitesses de rotation ont varié de 27 à 30 tr/min.



Seuil de La Glacière, usine et VLH en marche



Le canal de fuite et la VLH de La Glacière relevée

2. Protocole de test mis en place

Comme lors des précédents essais (ECOGEA, 2007, 2008a, 2008b et 2011)², le protocole de test a été élaboré en concertation avec l'Onema.

2.1. Matériel biologique

2.1.1. Choix de l'espèce et classes de taille

La problématique porte ici sur les grands salmonidés (saumon atlantique et truite de mer) à deux stades précis de leur cycle de vie :

- adultes au stade « ravalés », c'est à dire en migration de dévalaison post-reproduction,
- juvéniles au stade « smolts dévalants », c'est à dire lorsqu'ils dévalent les cours d'eau pour rejoindre l'océan.

Etant donné qu'il était impossible de se procurer des saumons et des truites de mer pour ces tests, nous avons utilisé des truites arc-en-ciel de pisciculture (dénommées TAEC ci-après).

Nous avons dû faire face à certaines difficultés avec ces poissons :

- Il a été compliqué de s'approvisionner en TAEC de grande taille en quantité (nous en avons utilisé environ 700 kg) et en qualité (aucune trace ou malformation, parfait état sanitaire). Ceci explique notamment le nombre relativement réduit de poissons par lot dans ces grandes tailles,
- Ces individus de grande taille sont pour la plupart des géniteurs itéropares, élevés de façon intensive pour produire un maximum d'œufs. Ils sont assez délicats à transporter et à manipuler, notamment après quelques jours de stabulation.

² Ces différents rapports sont disponibles sur simple demande auprès d'ECOGEA.

	Grosses truites		Très grosses truites		Petites truites	
	T (cm)	P (kg)	T (cm)	P (kg)	T (cm)	P (g)
Moyenne	48.2	1.6	68.9	5.1	23.2	131.8
Médiane	46.8	1.4	70.5	5.3	23.5	131.5
Minimum	42.5	1.1	64.0	4.5	20.0	96.0
Maximum	57.0	2.9	72.2	5.6	26.0	163.0

Principales caractéristiques des TAEC utilisées pour les tests à Millau

3 classes de taille ont été utilisées :

- TAEC adultes, ci-après dénommées « grosses truites », de taille comprise entre 43 cm et 57 cm (1.1 kg à 2.9 kg), pour se rapprocher de la taille des grands salmonidés adultes au stade « ravalés »,
- TAEC juvéniles, ci-après dénommées « petites truites », de taille comprise entre 20 cm et 26 cm (96 g à 163 g), pour se rapprocher de la taille des « smolts dévalants » de grands salmonidés,
- En complément, un test a été réalisé avec quelques très gros individus de TAEC adultes, ci-après dénommées « très grosses truites », de taille comprise entre 64 cm et 72 cm (4.5 kg à 5.6 kg), pour simuler la dévalaison de gros spécimens de salmonidés « ravalés ».



Grosse truite après l'injection



Très grosse truite après l'injection

Chaque poisson a été observé minutieusement avant son injection et après sa récupération. Les éventuelles marques externes visibles ont été photographiées avant l'injection des poissons de manière à les repérer facilement lors de la récupération des poissons et pouvoir les différencier d'autres éventuelles blessures liées à la turbine ou au dispositif de récupération.

	Petites tanches		Petites carpes communes		Grosses tanches		Grosses carpes communes	
	T (cm)	P (g)	T (cm)	P (g)	T (cm)	P (g)	T (cm)	P (g)
Moyenne	23.1	170	19.9	154	43.1	953	48.2	1414
Médiane	23.5	161	18.7	116	43.5	933	46.0	1308
Minimum	17.4	63	14.0	40	36.8	606	38.9	528
Maximum	30.5	358	25.6	316	47.5	1335	66.1	3120

Principales caractéristiques des tanches et carpes communes utilisées pour les tests à Millau

Enfin, à la demande de l'Administration allemande, quelques tests complémentaires ont été réalisés sur des carpes communes et des tanches, de taille comprise entre 14 cm et 66 cm (40 g à 3.120 kg).



Petite tanche après l'injection



Grosse carpe après l'injection

2.1.2. Origine et nombre d'individus

Les truites arc-en-ciel proviennent de la salmoniculture Les Fontaines - Charles Murgat, située à Beaufort (38270). Ont été approvisionnées pour les tests, environ 350 grosses truites, 10 très grosses truites et environ 550 petites truites, soit près de 700 kg de TAEC.

Les carpes communes et les tanches proviennent de la pisciculture En Férié (Sylvain Labat), située à Thil (31530). Ont été approvisionnées pour les tests, environ 100 grosses carpes communes et tanches et environ 200 petites carpes communes et tanches, soit près de 150 kg de ces cyprinidés.

2.2. Conditions de stockage

Etant donné la biomasse conséquente à stocker, les individus ont été stabulés :

- Soit dans 12 cages flottantes (volume d'environ 1 m³) installées directement dans le Tarn dans une zone calme à l'aval proche de la VLH de La Glacière,



Cages de stockage des poissons installées sur un autre site

- Soit dans 8 bacs circulaires (capacité 600 litres environ) équipés de trop-pleins, disposés à proximité de la VLH et alimentés en permanence en eau du Tarn par 2 pompes immergées puissantes.

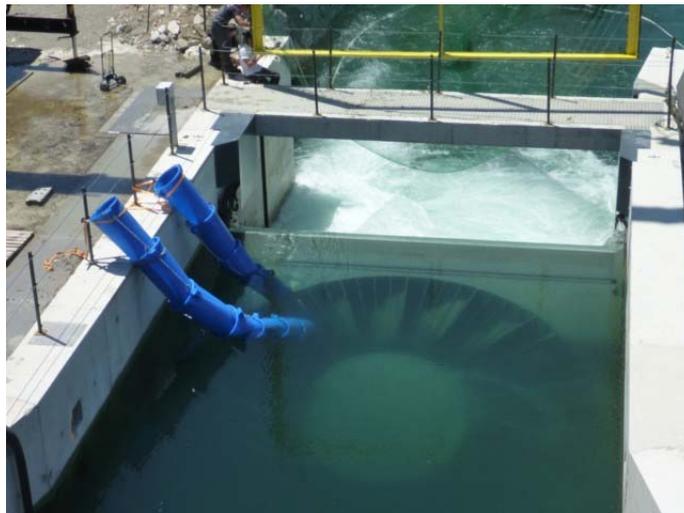


Bacs circulaires de stockage avec trop-pleins à Millau

2.3. Dispositif d'injection

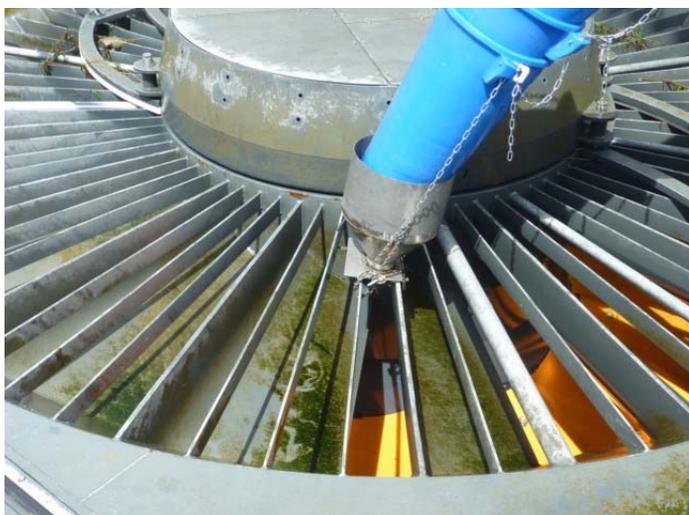


Eléments du tube d'injection empilés



Tubes d'injection en place au niveau des points « Mi-pale » et « Extérieur »

L'injection des poissons se fait via un tube PVC, bien lisse à l'intérieur, dont les différents éléments réglables s'emboîtent (mâle --> femelle). Ceci élimine tout risque d'aspérités dans le tube et permet de courber plus ou moins le tube suivant la position du point d'injection. En revanche, l'inconvénient de ces tubes est que les différentes jonctions entre éléments ne sont pas « étanches », ce qui diminue sensiblement l'aspiration générée par la turbine dans le tube d'injection.



Sortie du tube d'injection entre les barreaux au « Moyeu »



Sortie des tubes d'injection entre les barreaux à mi-pale et à l'extérieur

Les éléments plastique du tube d'injection débouchent dans un élément métallique permettant la réduction du diamètre de sortie, afin de guider les poissons entre les barreaux du distributeur de la VLH. Une attention particulière a été portée sur l'élément métallique pour qu'il soit parfaitement lisse sur l'ensemble de sa surface interne.

2.4. Points d'injections

Afin d'obtenir une évaluation du taux de mortalité la plus représentative possible, 3 points d'injection répartis entre le moyeu et la périphérie de la roue ont été testés, de manière à ce que chaque point soit représentatif d'une surface annulaire identique du distributeur. Le taux de mortalité est alors évalué en effectuant une moyenne arithmétique des mortalités observées au niveau de chaque point d'injection.

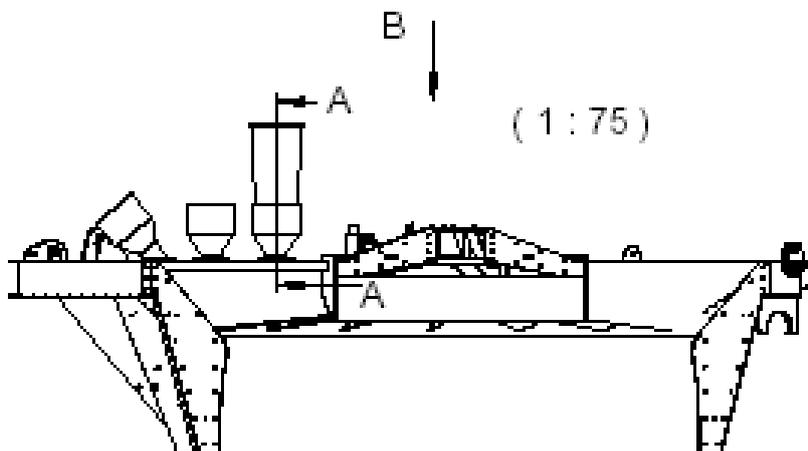


Positionnement du point intérieur (« Moyeu »)



Position des points médian (« Mi-pale ») sur la gauche et externe (« Extérieur ») sur la droite

Alors que l'injection se fait perpendiculairement au distributeur de la machine au niveau des points « Moyeu » et « Mi-pale », elle se fait tangentielle au cône du manteau de roue au niveau du point « Extérieur » pour éviter aux poissons injectés de percuter ce cône métallique à leur sortie du tube d'injection.



Positionnement des 3 points d'injection perpendiculairement à la VLH pour les points « Moyeu » et « Mi-pale » et tangentielle au cône du manteau de roue pour le point « Extérieur »

2.5. Régime de fonctionnement de la VLH

Etant donné que la problématique se situe au niveau des ouvertures partielles, nous avons testé 3 ouvertures de pales :

- Un premier test à 100% d'ouverture, pour valider ou non l'absence de mortalité à pleine ouverture, sensée être la moins pénalisante pour le passage des poissons,
- Un deuxième test intermédiaire à 75% d'ouverture,
- Un troisième test à 50% d'ouverture, sensée être la plus pénalisante pour le passage des poissons.

Ces 3 ouvertures de pale couvrent la majorité des situations rencontrées en exploitation « normale » des VLH (quasi pas de turbinages à ouverture < 50%).

Concernant le test complémentaire sur les carpes communes et les tanches, seules 2 ouvertures de pale ont été testées (50% et 100% d'ouverture).

2.6. Nombre d'individus par lot

Les lots sont constitués chacun de 30 grosses TAEC et de 50 petites TAEC. Ce faible nombre d'individus par lot implique que **pour 1 poisson mort à un point d'injection et une ouverture de pales donnés, le taux de mortalité est de 3.3% (1/30) pour les grosses TAEC et de 2% (1/50) pour les petites TAEC**.

2.7. Nombre de lots constitués pour les tests

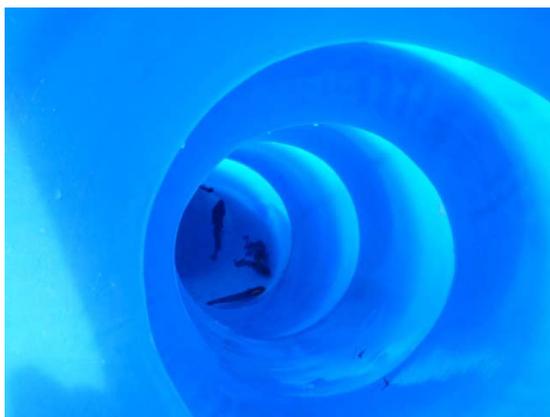
Pour chaque classe de taille de TAEC (grosses et petites), nous avons constitué 10 lots pour ces tests :

- 1 lot « témoin » : composé de 30 (grosses) ou 50 (petites) TAEC, ce lot « témoin » subit les mêmes manipulations que les lots « tests classiques », à l'exception du passage au travers de la turbine (les individus ont été injectés à l'aval immédiat de la turbine, directement dans le filet). Ainsi, ce lot permet d'évaluer l'impact de la méthode (transport, manipulations, conditions de stabulation), ainsi que du matériel d'injection et de récupération,
- 9 lots tests (3 points d'injection X 3 ouvertures de pales), de 30 (grosses) ou 50 (petites) TAEC chacun.

Chaque lot a été conservé au minimum 48 heures après son passage par la VLH afin d'évaluer la mortalité différée éventuelle (liée à des blessures internes, non visibles lors de l'examen visuel et/ou à des blessures non létales immédiatement).

2.8. Ajustements réalisés afin d'améliorer les taux de recapture

Les taux de recapture des deux premiers lots de truites testés étaient mauvais puisqu'ils étaient d'à peine 20%. Les jonctions entre les différents éléments plastiques du tube d'injection ne sont pas « étanches » et de l'eau et/ou de l'air pénètrent dans le tube au niveau de chaque jonction. Ainsi, l'aspiration provoquée par la turbine était faible dans le tube et ce d'autant plus qu'on réduisait l'ouverture des pales.



Trites stabulant en surface dans le tube d'injection

Aussi, nous avons pu observer des poissons qui stabulaient dans le tube d'injection.

Bien qu'aucune mortalité n'ait été observée sur les individus recapturés de ces deux lots, nous avons décidé de les refaire après avoir anesthésié très légèrement les individus. Ceci a permis d'améliorer sensiblement les taux de recapture et tous les lots de truite injectés au Moyeu (3 lots de grosses et 3 de petites truites) ont été anesthésiés.

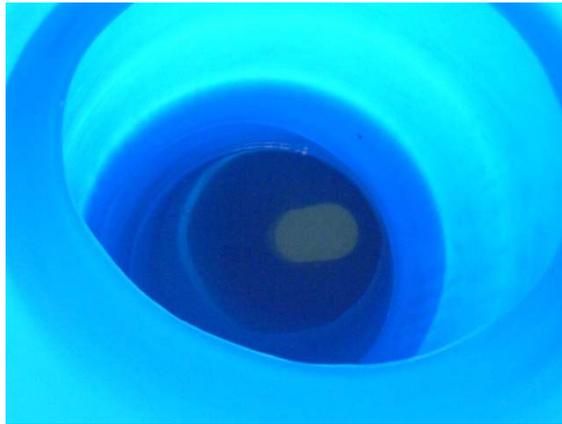
Toutefois, une fois les tests au moyeu faits, nous avons décidé de stopper les anesthésies et de profiter du changement de point d'injection (déplacé du moyeu vers la mi-pale et l'extérieur) pour installer une pompe immergée alimentant en permanence le tube d'injection en eau du Tarn.



Alimentation en eau en continu du tube d'injection

Dans ces conditions, les taux de recapture se sont sensiblement améliorés puisque la majorité étaient même meilleurs que sur les poissons anesthésiés et nous avons donc stoppé toute anesthésie de poissons jusqu'à la fin des tests. Ainsi, tous les lots testés à mi-pale et à l'extérieur de la roue n'ont pas été anesthésiés, de même que l'ensemble des lots de carpes et de tanches.

Lors des injections au niveau du point Extérieur, l'absence de courbure du tube d'injection nous permettait de voir le fond du tube d'injection, ainsi que les pales de la VLH.



Vue de la sortie du tube d'injection et des pales au niveau du point Extérieur

Ceci nous a notamment permis d'observer les poissons nageant progressivement dans le tube jusqu'à être « aspirés » par la turbine en sortie du tube et de vérifier qu'aucun poisson ne stabulait dans le tube. Or, les taux de recapture n'étant toujours pas totaux dans ces conditions, la seule possibilité pour les truites d'échapper à notre dispositif était donc :

- Soit qu'elles stabulent dans les remous à l'aval de la turbine (écoulements assez perturbés et très aérés entre la sortie de la VLH et l'entrée du filet de récupération),
- Soit qu'elles trouvent des trous dans le filet, hypothèse moins probable toutefois, notamment pour les grosses truites après plusieurs inspections méthodiques du filet à terre.

3. Principaux résultats

3.1. Taux de recapture

3.1.1. Grosses et très grosses truites

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Classe taille	Anesthésiées	Injectées	Recapturées	Taux recapture
1	Moyeu	100	Grosses	Oui	19	14	73.7%
2	Moyeu	75	Grosses	Oui	30	21	70.0%
3	Moyeu	50	Grosses	Oui	30	24	80.0%
4	Moyeu	100	Très grosses	Non	10	8	80.0%
5	Extérieur	100	Grosses	Non	30	21	70.0%
6	Extérieur	75	Grosses	Non	30	24	80.0%
7	Extérieur	50	Grosses	Non	30	24	80.0%
8	Mi-pale	100	Grosses	Non	30	22	73.3%
9	Mi-pale	75	Grosses	Non	30	24	80.0%
10	Mi-pale	50	Grosses	Non	30	23	76.7%
11	Extérieur (mortes)	100	Grosses	Mortes	30	30	100.0%
12	Témoin		Grosses	Non	30	30	100.0%

Taux de recapture pour les grosses et très grosses truites

Le taux de recapture moyen pour les grosses truites est de 76% sur les lots tests (lots n°1 à 10). Il a varié de 70% à 80% selon les lots.

Concernant les très grosses truites (lot n°4), le taux de recapture est de 80%.

Le taux de recapture du lot témoin de grosses truites est de 100%.

Lot n°11 : grosses truites mortes

Etant donné que les taux de recapture n'ont pas été totaux sur les lots tests, nous avons confectionné un lot avec 30 grosses truites mortes que nous avons injecté au point Extérieur, à 100% d'ouverture. Pour ce lot de grosses truites mortes (lot n°11), nous avons obtenu un taux de recapture de 100%, ce qui nous permet de faire l'hypothèse que **les individus non recapturés des lots tests sont des individus vivants**, capables de nager activement à l'aval de la VLH, en amont du filet et/ou de trouver un trou dans le filet pour s'en échapper.

3.1.2. Petites truites

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Classe taille	Anesthésiées	Injectées	Recapturées	Taux recapture
1	Moyeu	100	Petites	Oui	50	46	92.0%
2	Moyeu	75	Petites	Oui	50	38	76.0%
3	Moyeu	50	Petites	Oui	49	40	81.6%
4	Extérieur	100	Petites	Non	50	45	90.0%
5	Extérieur	75	Petites	Non	50	43	86.0%
6	Extérieur	50	Petites	Non	50	42	84.0%
7	Mi-pale	100	Petites	Non	50	41	82.0%
8	Mi-pale	75	Petites	Non	50	38	76.0%
9	Mi-pale	50	Petites	Non	50	36	72.0%
10	Extérieur (mortes)	100	Petites	Mortes	40	36	90.0%
11	Témoin		Petites	Non	50	50	100.0%

Taux de recapture pour les petites truites

Le taux de recapture moyen pour les petites truites est de 82% sur les lots tests (lots n°1 à 9). Il a varié de 72% à 92% selon les lots.

Le taux de recapture du lot témoin de petites truites est de 100%.

Le fait que les taux de recapture soient plus élevés pour les petites que pour les grosses truites renforce l'hypothèse selon laquelle les individus perdus stabulent probablement entre l'aval de la VLH et l'entrée du filet de récupération (grosses truites aux meilleures capacités de nage que les petites) par rapport à l'hypothèse des trous dans le filet (petites truites d'avantage aptes à s'échapper par les éventuels trous du filet).

Lot n°10 : petites truites mortes

Etant donné que les taux de recapture n'ont pas été totaux, nous avons confectionné un lot avec 40 petites truites mortes que nous avons injecté au point Extérieur, à 100% d'ouverture. Pour ce lot de petites truites mortes (lot n°10), le taux de recapture est élevé mais pas total (90%).

3.1.3. Petites et grosses carpes / tanches

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Espèce	Taille	Injectées	Recapturées	Taux recapture
1	Moyeu	100	CAR	Grandes	15	15	100%
2	Moyeu	50	CAR	Grandes	15	15	100%
3	Extérieur	100	CAR	Grandes	10	10	100%
4	Extérieur	100	TAN	Grandes	10	10	100%
5	Extérieur	50	CAR	Grandes	15	15	100%
6	Mi-pale	100	CAR	Grandes	15	15	100%
7	Mi-pale	50	CAR	Grandes	15	15	100%

Taux de recapture pour les grosses carpes / tanches

Le taux de recapture pour les grosses carpes / tanches a été de 100% pour les 7 lots testés.

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Espèce	Taille	Injectées	Recapturées	Taux recapture
8	Moyeu	100	TAN	Petites	25	24	96%
9	Moyeu	50	CAR	Petites	31	31	100%
10	Extérieur	100	TAN	Petites	25	23	92%
11	Extérieur	50	TAN	Petites	29	29	100%
12	Mi-pale	100	TAN	Petites	30	27	90%
13	Mi-pale	50	TAN	Petites	30	28	93%

Taux de recapture pour les petites carpes / tanches

Le taux de recapture moyen pour les petites carpes / tanches est de 95%. Il a varié de 90% à 100% selon les lots.

Le fait que les taux de recapture soient quasi totaux et donc nettement plus élevés pour les carpes / tanches que pour les truites renforce également l'hypothèse selon laquelle les individus perdus de truite stabulent probablement entre l'aval de la VLH et l'entrée du filet de récupération (truites aux capacités de nage nettement supérieures à celles des carpes / tanches, surtout dans une eau à 12°C).

3.2. Taux de mortalité immédiate et après 48h d'observation

3.2.1. Grosses et très grosses truites

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Classe taille	Anesthésiées	Injectées	Recapturées	Mortalité				Taux de mortalité
							Immédiate	Après 24h	Après 48h	Totale	
1	Moyeu	100	Grosses	Oui	19	14	0	0	0	0	0.0%
2	Moyeu	75	Grosses	Oui	30	21	0	0	0	0	0.0%
3	Moyeu	50	Grosses	Oui	30	24	1	1	0	2	6.7%
4	Moyeu	100	Très grosses	Non	10	8	0	0	0	0	0.0%
5	Extérieur	100	Grosses	Non	30	21	1	0	0	1	3.3%
6	Extérieur	75	Grosses	Non	30	24	0	1	0	1	3.3%
7	Extérieur	50	Grosses	Non	30	24	1	1	0	2	6.7%
8	Mi-pale	100	Grosses	Non	30	22	0	0	0	0	0.0%
9	Mi-pale	75	Grosses	Non	30	24	0	0	0	0	0.0%
10	Mi-pale	50	Grosses	Non	30	23	0	0	0	0	0.0%
11	Extérieur (mortes)	100	Grosses	Mortes	30	30					
12	Témoin		Grosses	Non	30	30	0	0	0	0	0.0%

Taux de mortalité pour les grosses et très grosses truites

Mode de calcul :

Aucune mortalité n'a été observée sur le lot témoin. En conséquence, sachant que comme nous l'avons vu, l'ensemble des poissons non recapturés sont considérés comme bien vivants (recapture totale du lot de grosses truites mortes), pour chaque lot les taux de mortalité sont calculés en divisant le nombre total d'individus du lot morts après 48h d'observation par le nombre total d'individus du lot injectés dans la VLH.

Concernant les grosses truites, sur les 9 lots injectés, des mortalités ont été observées sur 4 lots :

- Lot n°3 – Injection « Moyeu » à 50% d'ouverture : 1 truite morte dès la récupération dans le filet et 1 truite morte après 24h d'observation,
- Lot n°5 – Injection « Extérieur » à 100% d'ouverture : 1 truite morte dès la récupération dans le filet,
- Lot n°6 – Injection « Extérieur » à 75% d'ouverture : 1 truite morte après 24h d'observation,
- Lot n°7 – Injection « Extérieur » à 50% d'ouverture : 1 truite morte dès la récupération dans le filet et 1 truite morte après 24h d'observation.

Les taux de mortalité sont de 3.3% (1 poisson) pour les lots 5 et 6, de 6.7% (2 poissons) pour les lots 3 et 8. Ils sont nuls sur l'ensemble des autres lots, y compris sur le lot témoin (lot n°12).

Concernant les très grosses truites, aucune mortalité immédiate ou après 48h d'observation n'a été relevée lors de l'injection à l'extérieur de la roue et à 100% d'ouverture. Toutefois, le peu d'individus de cette taille à notre disposition ne nous a pas permis de tester d'autres points d'injection et / ou d'autres ouvertures de pales.

3.2.2. Petites truites

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Classe taille	Anesthésiées	Injectées	Recapturées	Mortalité				Taux de mortalité
							Immédiate	Après 24h	Après 48h	Totale	
1	Moyeu	100	Petites	Oui	50	46	0	0	0	0	0.00%
2	Moyeu	75	Petites	Oui	50	38	0	0	0	0	0.00%
3	Moyeu	50	Petites	Oui	49	40	0	0	0	0	0.00%
4	Extérieur	100	Petites	Non	50	45	0	0	0	0	0.00%
5	Extérieur	75	Petites	Non	50	43	0	0	0	0	0.00%
6	Extérieur	50	Petites	Non	50	42	0	0	0	0	0.00%
7	Mi-pale	100	Petites	Non	50	41	0	0	0	0	0.00%
8	Mi-pale	75	Petites	Non	50	38	0	0	0	0	0.00%
9	Mi-pale	50	Petites	Non	50	36	0	0	0	0	0.00%
10	Extérieur (mortes)	100	Petites	Mortes	40	36					
11	Témoin		Petites	Non	50	50	0	0	0	0	0.00%

Taux de mortalité pour les petites truites

Concernant les petites truites, aucune mortalité directe ou après 48h n'a été observée sur l'ensemble des 9 lots testés, comme sur le lot témoin (lot n°11). Les taux de mortalité sont donc nuls pour cette classe de taille (20 cm à 26 cm, 96 g à 163 g).

3.2.3. Petites et grosses carpes / tanches

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Espèce	Taille	Injectées	Recapturées	Mortalité				Taux de mortalité
							Immédiate	Après 24h	Après 48h	Totale	
1	Moyeu	100	CAR	Grandes	15	15	0	0	0	0	0.00%
2	Moyeu	50	CAR	Grandes	15	15	0	0	0	0	0.00%
3	Extérieur	100	CAR	Grandes	10	10	0	0	0	0	0.00%
4	Extérieur	100	TAN	Grandes	10	10	0	0	0	0	0.00%
5	Extérieur	50	CAR	Grandes	15	15	0	0	0	0	0.00%
6	Mi-pale	100	CAR	Grandes	15	15	0	0	0	0	0.00%
7	Mi-pale	50	CAR	Grandes	15	15	0	0	0	0	0.00%

Taux de mortalité pour les grosses carpes / tanches

Concernant les grosses carpes / tanches, aucune mortalité directe ou après 48h n'a été observée sur l'ensemble des 7 lots testés. Les taux de mortalité sont donc nuls pour cette classe de taille (37 cm à 66 cm, 528 g à 3.120 kg).

Lot n°	Point d'injection	% ouverture	Espèce	Taille	Injectées	Recapturées	Mortalité				Taux de mortalité
							Immédiate	Après 24h	Après 48h	Totale	
8	Moyeu	100	TAN	Petites	25	24	0	0	0	0	0.00%
9	Moyeu	50	CAR	Petites	31	31	0	0	0	0	0.00%
10	Extérieur	100	TAN	Petites	25	23	0	0	0	0	0.00%
11	Extérieur	50	TAN	Petites	29	29	0	1	0	1	3.45%
12	Mi-pale	100	TAN	Petites	30	27	0	0	0	0	0.00%
13	Mi-pale	50	TAN	Petites	30	28	0	0	0	0	0.00%

Taux de mortalité pour les petites carpes / tanches

Concernant les petites carpes / tanches, seule une petite tanche a été retrouvée morte après 24h d'observation (lot n°11 – Injection « Extérieur » à 50% d'ouverture) et le taux de mortalité est de 3.5% pour ce lot.

Concernant les 5 autres lots, aucune mortalité directe ou après 48h n'a été observée et les taux de mortalité sont donc nuls pour ces 5 lots de carpes / tanches de taille comprise entre 14 cm à 31 cm, pour un poids allant de 40 g à 358 g.

3.3. Origine des mortalités et des blessures

3.3.1. Truites

Concernant les truites, seuls les gros individus ont été directement impactés puisque aucune mortalité directe ou après 48h d'observation n'a été constatée chez les petites truites.

3.3.1.1. *Grosses truites mortes*

La mortalité constatée chez les grosses truites se concentre essentiellement sur le point d'injection « Extérieur », soit à l'endroit où la vitesse des pales est la plus importante, et sur les ouvertures de pales les plus faibles (50%), soit quand l'espace libre de passage entre les pales est le plus réduit.

Parmi les 6 grosses truites mortes au cours des différents tests, nous avons pu observer :

- 3 individus morts avec une trace nette de coup latéralement sur le corps :



Truite n°1 : Trace de coup sur le flanc



Détails de la trace de coup sur le flanc, avec changement de coloration de part et d'autre de cette trace



Truite n°2 : Trace de coup sur le flanc



Détails de la trace de coup sur le flanc, avec changement de coloration de part et d'autre de cette trace



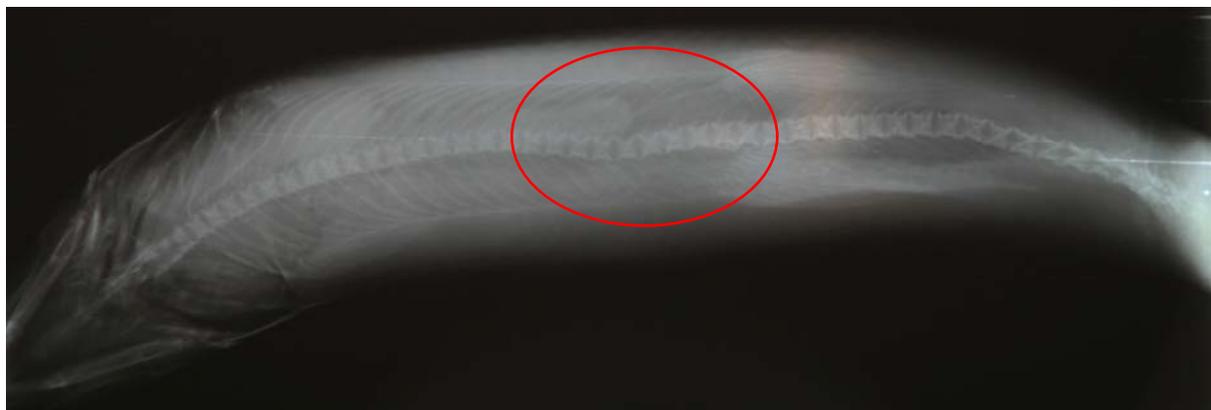
Truite n°3 : Trace de coup, avec enfoncement de la cage thoracique



Enfoncement de la cage thoracique visible sur cette vue de dessus

Ces 3 truites ont été radiographiées. Les radiographies des truites n°1 et 2 n'ont pas montré de lésions au niveau de la colonne vertébrale. L'autopsie par un vétérinaire (Dr F. Moyroud) de la truite n°1 a en revanche montré qu'elle présentait « une contusion des muscles lombaires gauche, avec un hématome important. En regard de cette lésion, 5 arêtes étaient fracturées et une lésion traumatique du foie était présente – déchirure capsule du lobe gauche avec hématome - les lésions présentes expliquant le décès de l'animal » (citation du rapport d'autopsie).

La radio de la truite n°3 n'a pas montré non plus de rupture de sa colonne vertébrale.



Truite n°3 : radiographie de dessus avec courbure de la colonne

Toutefois, à la hauteur supposée du coup, on peut observer nettement la courbure de la colonne qui coïncide avec l'enfoncement de la cage thoracique, origine probable de la mort de ce poisson.

Compte-tenu de ces résultats, on peut penser que ces 3 grosses truites ont probablement été victimes d'un « coup de pale ».

- 3 grosses truites mortes mais sans traces apparentes. Pour ces 3 individus, nous ne sommes pas en mesure de connaître les raisons exactes de leur mort et donc de les relier avec certitude à un effet de la turbine ou des conditions du test.

3.3.1.2. *Autres blessures*



Hématome sur le dos



Détails de l'hématome sur le dos

Hormis ces 6 individus morts, une grosse truite du lot n°6 (Injection « Extérieur », à 75% d'ouverture) a présenté un hématome sur le dos visible extérieurement, qui ne semblait pas perturber ni ses capacités de nage, ni son comportement. Cette blessure ne s'est pas révélée létale pour cette truite et elle n'a donc pas été autopsiée.

Mis à part quelques écaillures légères et isolées (probablement liées au dispositif de récupération des poissons), aucun autre type de blessures n'a été constaté chez les autres grosses truites, ni sur l'ensemble des petites truites (aucun trouble du comportement lors de la stabulation en bacs après les tests notamment).

Quant aux très grosses truites, les résultats obtenus sur un lot unique permettent tout de même de montrer que, dans les conditions testées (vers l'extérieur de la roue et avec des pales ouvertes à 100%), des poissons aussi imposants (taille comprise entre 64 cm et 72 cm, poids de 4.5 kg à 5.6 kg) peuvent transiter par une VLH DN5000 sans dommages directs.

3.3.2. **Carpes / Tanches**

Concernant les grosses carpes / tanches, aucune mortalité directe ou après 48h n'a été observée sur l'ensemble des 7 lots testés.

Concernant les petites carpes / tanches, seule une petite tanche a été retrouvée morte après 24h d'observation (lot n°11 – Injection « Extérieur » à 50% d'ouverture). Elle présentait visiblement un gonflement anormal de sa vessie natatoire mais compte-tenu des caractéristiques de la VLH (pas de gros différentiel de pression lors du transit à travers la roue, à l'inverse d'autres types de turbines), il est peu probable que ce problème de vessie natatoire puisse être lié au passage par la turbine.

D'autre part, 36 grosses carpes / tanches échantillonnées au hasard dans les 7 lots tests, ainsi que 39 petites carpes / tanches échantillonnées au hasard dans les 6 lots tests ont été radiographiées par le même vétérinaire (Dr F. Moyroud). Les conclusions de son rapport sont que « l'examen des 21 radiographies réalisées (plusieurs poissons sur un même cliché) a permis de conclure à l'absence de lésions du squelette de l'ensemble des poissons radiographiés (aucune fracture ni luxation de la colonne vertébrale décelée) ». Ce diagnostic a également été confirmé par le Dr Köhler de l'Administration allemande qui a lui aussi analysé des copies de ces radiographies.



Ecaillure légère chez une petite tanche



Œil ensanglanté chez une grosse carpe commune

Seuls quelques cas ponctuels d'écaillure légère ont été constatés, ainsi qu'un œil ensanglanté sur une grosse carpe, sans que l'on puisse relier avec certitude ces deux types de blessures au passage par la turbine ou aux conditions des tests (filet de récupération, conditions de stabulation...).

3.4. Taux de mortalité global de la VLH

Ne sachant pas a priori à quel niveau de la roue les poissons en dévalaison « naturelle » sont susceptibles de s'engager, nous avons cherché à être le plus précis possible en pratiquant des injections en 3 points : près du moyeu, à mi-pale et à la périphérie de la roue.

Après découpage en 3 surfaces annulaires égales, les 3 points d'injection se situent au barycentre de ces 3 surfaces annulaires. Ainsi, le taux de mortalité global de la machine est évalué en faisant la moyenne des mortalités observées aux 3 points, pour une ouverture de pale et une classe de taille de poissons données.

3.4.1. Grosses truites

% ouverture	Extérieur	Mi-pale	Moyeu	VLH 3 points
100	3.3%	0.0%	0.0%	1.1%
75	3.3%	0.0%	0.0%	1.1%
50	6.7%	0.0%	6.7%	4.4%

Taux de mortalité global de la VLH pour les grosses truites

Pour des grosses truites de taille comprise entre 43 cm et 57 cm, pour un poids de 1.1 kg à 2.9 kg, le taux de mortalité global de la VLH est de 1.1% à 100% et à 75% d'ouverture et de 4.4% à 50% d'ouverture des pales.

3.4.2. Petites truites

% ouverture	Extérieur	Mi-pale	Moyeu	VLH 3 points
100	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
75	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Taux de mortalité global de la VLH pour les petites truites

Pour des petites truites de taille comprise entre 20 cm et 26 cm, pour un poids de 96 g à 163 g, le taux de mortalité global de la VLH est estimé comme étant nul, quelle que soit l'ouverture de pale considérée.

3.4.3. Grosses carpes / tanches

% ouverture	Extérieur	Mi-pale	Moyeu	VLH 3 points
100	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Taux de mortalité global de la VLH pour les grosses carpes / tanches

Pour des grosses carpes / tanches de taille comprise entre 37 cm et 66 cm, pour un poids de 528 g à 3.120 kg, le taux de mortalité global de la VLH est estimé comme étant nul, quelle que soit l'ouverture de pale considérée.

3.4.4. Petites carpes / tanches

% ouverture	Extérieur	Mi-pale	Moyeu	VLH 3 points
100	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50	3.4%	0.0%	0.0%	1.1%

Taux de mortalité global de la VLH pour les petites carpes / tanches

Pour des petites carpes / tanches de taille comprise entre 14 cm à 31 cm, pour un poids de 40 g à 358 g, le taux de mortalité global de la VLH est nul à 100% d'ouverture et de 1.1% à 50% d'ouverture des pales.

4. Synthèse

% ouverture	Taux mortalité VLH 3 points			
	Grosses TAEC	Petites TAEC	Grosses carpes / tanches	Petites carpes / tanches
100	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%
75	1.1%	0.0%	-	-
50	4.4%	0.0%	0.0%	1.1%

Taux de mortalité globaux de la VLH selon les espèces testées

Les taux de mortalité de poissons évalués au cours de ces tests réalisés sur la VLH DN5000 à manteau de roue sphérique installée sur le Tarn à La Glacière :

- Varient de 1.1% à 4.4%, selon le degré d'ouverture des pales, pour des grosses truites arc-en-ciel de taille et de poids comparables à ceux de grands salmonidés migrateurs au stade « ravalé »,
- Sont nuls, quelle que soit l'ouverture des pales, pour des petites truites arc-en-ciel de taille et de poids comparables à ceux de smolts dévalant,
- Sont nuls, quelle que soit l'ouverture des pales, pour des grosses carpes / tanches,
- Varient de 0% à 1.1%, selon le degré d'ouverture des pales, pour des petites carpes / tanches.