



## ETUDE POUR L'AMELIORATION DU FRANCHISSEMENT PISCICOLE SUR LE COURS DE L'ARIEGE



Barrage de Grépiac



Barrage du Moulin du Ramier



Barrage du Moulin de la Ville



Barrage de Saverdun



Barrage de Pébernat



Barrage de Guilhot



Barrage de Saint-Jean de Verges



Barrage de Labarre



Barrage de Garrabet



## TABLE DES MATIERES

<b>A. CONTEXTE GENERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>1. DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN DE L'ARIEGE .....</b>	<b>15</b>
1.1. GENERALITES .....	15
1.2. DEBITS CARACTERISTIQUES DE L'ARIEGE.....	16
1.3. CONTEXTE ET QUALITE PISCICOLE .....	19
<b>2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE .....</b>	<b>25</b>
2.1. SECTEUR D'ETUDE ET LOCALISATION DES OUVRAGES ETUDIES.....	25
2.2. ESPECES PISCICOLES PRISES EN COMPTE DANS L'ETUDE .....	29
2.2.1. Données réglementaires relatives à la circulation piscicole .....	29
2.2.2. Espèces piscicoles NATURA 2000 .....	31
2.2.3. Espèces piscicoles prises en compte dans l'étude et rappels des principales périodes de migration .....	31
2.3. HYDROLOGIE AU DROIT DES SITES .....	35
2.4. REPARTITION DES DEBITS ET VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DES SITES .....	35
2.5. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE DES OUVRAGES.....	36
2.5.1. Etude de la franchissabilité à la montaison .....	37
2.5.2. Etude de la franchissabilité à la dévalaison.....	38
2.6. PROPOSITIONS VISANT A AMELIORER LE FRANCHISSEMENT .....	45
<b>B. DIAGNOSTIC DES DIFFERENTS OUVRAGES .....</b>	<b>48</b>
<b>B.1 DIAGNOSTIC DES OUVRAGES A L'AVAL DE LABARRE</b>	<b>49</b>
<b>GREPIAC .....</b>	<b>50</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>51</b>
1.1. LE BARRAGE ET SES EQUIPEMENTS EN RIVE GAUCHE.....	51
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE ET LA PASSE A POISSONS EN RIVE DROITE .....	53
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>57</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	57
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	58
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	59

<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE</b> .....	<b>61</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	61
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	61
3.1.2. Analyse du fonctionnement hydraulique des ouvrages existants .....	62
3.1.3. Répartition des débits dans les ouvrages existants .....	62
3.1.4. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	63
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	69
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	69
3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	71
3.2.3. Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	72
3.2.4. Estimation des mortalités dans les turbines .....	73
3.2.5. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	74
3.2.6. Problèmes supplémentaires a la devalaison .....	74
3.2.7. Bilan du diagnostic dévalaison .....	74
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT</b> .....	<b>75</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	75
4.1.1. Étude des solutions envisageables .....	75
4.1.2. Amélioration de l'attractivité de la passe existante.....	75
4.1.3. Montant estimatif des aménagements.....	77
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	77
4.2.1. Propositions au droit de l'usine gauche (francis).....	80
4.2.2. Propositions au droit de l'usine droite (kaplan).....	82
4.2.3. Montants estimatifs des aménagements .....	84
<b>AUTERIVE – MOULIN DU RAMIER</b> .....	<b>85</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE</b> .....	<b>86</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	86
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	89
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU</b> .....	<b>91</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	91
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	92
2.2.1. Répartition théorique .....	92
2.2.2. Fonctionnement actuel des usines de la ville et du ramier.....	93
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	94
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE</b> .....	<b>96</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	96
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	96
3.1.2. Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	96
3.1.3. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	97
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON.....	102
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	102

3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	103
3.2.3. Efficacité du dispositif de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	104
3.2.4. Problèmes supplémentaires a la devalaison .....	104
3.2.5. Estimation des mortalités dans les turbines .....	105
3.2.6. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	105
3.2.7. Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	106
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>107</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	107
4.1.1. Amélioration de la gestion des debits.....	107
4.1.2. Propositions d'amélioration au niveau du barrage .....	108
4.1.3. Montant estimatif des aménagements.....	109
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	109
4.2.1. Amélioration de la restitution des poissons .....	110
4.2.2. Modification du plan de grille .....	110
4.2.3. Montant estimatif des aménagements.....	112
<b>AUTERIVE – MOULIN DE LA VILLE .....</b>	<b>113</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>114</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	114
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	117
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>118</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	118
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	119
2.2.1. Répartition théorique .....	119
2.2.2. Fonctionnement actuel des usines de la ville et du ramier.....	120
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	121
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE.....</b>	<b>122</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	122
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	122
3.1.2. Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	122
3.1.3. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	123
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	128
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	128
3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	129
3.2.3. Efficacité du dispositif de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	129
3.2.4. Problèmes supplémentaires a la devalaison .....	130
3.2.5. Estimation des mortalités dans la turbine.....	131
3.2.6. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	131
3.2.7. Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	131
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>132</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	132

4.1.1. Amélioration de la gestion des debits.....	132
4.1.2. Amélioration de la fonctionnalité de la passe .....	132
4.1.3. Amélioration des conditions d'entretien de l'ouvrage .....	132
4.1.4. Montant estimatif des aménagements.....	133
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	133
4.2.1. Modification du plan de grille .....	134
4.2.2. Augmentation du débit de dévalaison .....	135
4.2.3. Amélioration de la restitution des poissons .....	136
4.2.4. Montant estimatif des aménagements.....	137
<b>SAVERDUN .....</b>	<b>138</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>139</b>
1.1. LE SEUIL ET SES EQUIPEMENTS ANNEXES.....	139
1.2. LES CENTRALES HYDROELECTRIQUES .....	141
1.2.1. L'usine de la Régie Municipale située en rive gauche .....	141
1.2.2. L'usine du Moulin en rive gauche .....	143
1.2.3. L'usine de la Régie Municipale en rive droite .....	146
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>148</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	148
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	149
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	151
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE .....</b>	<b>153</b>
3.1. DIAGNOSTIC DU SITE À LA MONTAISON.....	153
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	153
3.1.2. Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	153
3.1.3. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	154
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON.....	159
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit des usines .....	159
3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	161
3.2.3. Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille.....	162
3.2.4. Estimation des mortalités dans les turbines .....	163
3.2.5. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	164
3.2.6. Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	164
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>165</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	165
4.1.1. Aménagement d'un dispositif de montaison en rive gauche .....	165
4.1.2. Amélioration de la passe en rive droite .....	167
4.1.3. Montant estimatif des aménagements.....	168
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	168
4.2.1. Aménagements au droit de l'usine de la Régie en rive droite .....	169
4.2.2. Aménagements au droit de l'usine de la Régie en rive gauche .....	172
4.2.3. Aménagements au droit de l'usine du Moulin en rive gauche.....	173

4.2.4. Montants estimatifs des aménagements .....	175
<b>PEBERNAT .....</b>	<b>176</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>177</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	177
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	180
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>183</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	183
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	184
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	185
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE .....</b>	<b>187</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	187
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	187
3.1.2. Principes généraux de fonctionnement de la passe actuelle .....	188
3.1.3. Analyse de la répartition des débits sur le site .....	189
3.1.4. Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	189
3.1.5. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	190
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	194
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	194
3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	195
3.2.3. Efficacité du dispositif de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	197
3.2.4. Estimation des mortalités dans les turbines .....	198
3.2.5. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	198
3.2.6. Problèmes supplémentaires a la devalaison .....	198
3.2.7. Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	199
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>201</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	201
4.1.1. Étude des solutions envisageables .....	201
4.1.2. Réalisation d'un ouvrage de franchissement à l'usine .....	202
4.1.3. Adaptation de la passe aux niveaux d'eau .....	205
4.1.4. Montant estimatif des aménagements.....	205
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	205
4.2.1. Amélioration de la restitution des poissons .....	206
4.2.2. Modification du plan de grille actuel .....	208
4.2.3. Montant estimatif des aménagements.....	210
<b>DIGUE DU FOULON.....</b>	<b>211</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>212</b>
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>215</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	215

2.2.	VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	216
<b>3.</b>	<b>DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE.....</b>	<b>218</b>
3.1.	FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON.....	218
3.1.1.	Présentation des dispositifs existants.....	218
3.1.2.	Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	218
3.1.3.	Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	219
3.2.	FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON.....	223
<b>4.</b>	<b>PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT.....</b>	<b>224</b>
4.1.	RESTAURATION D'UNE COMMUNICATION ENTRE LES BRAS À L'AVAL DU SEUIL.....	224
4.2.	REHAUSSE DU BAJOYER DROIT DE LA PASSE À POISSONS.....	225
4.3.	REPRISE DE LA PASSE.....	226
4.4.	MONTANT ESTIMATIF DES AMÉNAGEMENTS.....	226
	<b>OUVRAGES SUR LE CANAL DE PAMIERS.....</b>	<b>227</b>
<b>1.</b>	<b>PRESENTATION GENERALE.....</b>	<b>228</b>
<b>2.</b>	<b>OUVRAGE 1 : SEUIL DE LA PAPETERIE.....</b>	<b>230</b>
2.1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	230
2.2.	DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE.....	230
2.3.	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT.....	232
2.3.1.	Solution 1 : Arasement de l'ouvrage.....	232
2.3.2.	Solution 2 : rampe rustique (Variante).....	232
2.3.3.	Montant estimatif des aménagements.....	234
<b>3.</b>	<b>OUVRAGE 2 : SEUIL DU MOULIN.....</b>	<b>235</b>
3.1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	235
3.2.	DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE.....	235
<b>4.</b>	<b>OUVRAGE 3 : SEUIL DU LIDL.....</b>	<b>237</b>
4.1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	237
4.2.	DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE.....	237
4.3.	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT.....	238
<b>5.</b>	<b>OUVRAGE 4 : SEUIL DU RESTAURANT DU MOULIN.....</b>	<b>240</b>
<b>6.</b>	<b>OUVRAGE 5 : COURSIER DES FORGES.....</b>	<b>241</b>
6.1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	241
6.2.	DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE.....	241
6.3.	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT.....	242
6.3.1.	Type d'aménagement.....	242
6.3.2.	Montant estimatif des aménagements.....	244
<b>7.</b>	<b>OUVRAGE 6 : SEUIL DU PARCOURS DE LA RESERVE.....</b>	<b>245</b>
7.1.	PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	245
7.2.	DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE.....	246

7.3. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT .....	247
<b>GUILHOT .....</b>	<b>249</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>250</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	250
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	252
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>254</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	254
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	255
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU BARRAGE .....	256
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE.....</b>	<b>258</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	258
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	258
3.1.2. Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	258
3.1.3. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	259
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON.....	263
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	263
3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	264
3.2.3. Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille.....	265
3.2.4. Problèmes supplémentaires a la devalaison .....	265
3.2.5. Estimation des mortalités dans les turbines .....	266
3.2.6. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	267
3.2.7. Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	267
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>268</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	268
4.1.1. Amélioration du franchissement au barrage.....	268
4.1.2. Amélioration de l'attractivité du tronçon court circuité .....	269
4.1.3. Montant estimatif des aménagements.....	269
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	270
4.2.1. Amélioration de la restitution des poissons .....	270
4.2.2. Réouverture du dispositif de dévalaison en rive gauche.....	270
4.2.3. Modification du plan de grille .....	271
4.2.4. Montant estimatif des aménagements.....	273
<b>LAS MIJEANNES.....</b>	<b>274</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>275</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	275
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	277
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>279</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	279

2.2.	REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	280
2.3.	VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU BARRAGE.....	281
<b>3.</b>	<b>DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE.....</b>	<b>283</b>
3.1.	FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON.....	283
3.1.1.	Présentation des dispositifs existants.....	283
3.1.2.	Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	284
3.1.3.	Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	284
3.2.	FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON.....	287
3.2.1.	Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine.....	287
3.2.2.	Présentation des dispositifs de dévalaison existants.....	288
3.2.3.	Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille.....	289
3.2.4.	Estimation des mortalités dans les turbines.....	290
3.2.5.	Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	290
3.2.6.	Bilan du diagnostic de la dévalaison.....	290
<b>4.</b>	<b>PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT.....</b>	<b>291</b>
4.1.	AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON.....	291
4.2.	AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON.....	292
4.2.1.	Aménagement d'un nouvel exutoire en rive gauche.....	292
4.2.2.	Modification du plan de grille.....	294
	<b>LAS RIVES.....</b>	<b>297</b>
<b>1.</b>	<b>PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....</b>	<b>298</b>
1.1.	LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	298
1.2.	L'USINE HYDROELECTRIQUE.....	300
<b>2.</b>	<b>HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU.....</b>	<b>302</b>
2.1.	DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE.....	302
2.2.	REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	303
2.3.	VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	304
<b>3.</b>	<b>DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE.....</b>	<b>306</b>
3.1.	FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON.....	306
3.1.1.	Présentation des dispositifs existants.....	306
3.1.2.	Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	307
3.1.3.	Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	307
3.2.	FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON.....	311
3.2.1.	Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine.....	311
3.2.2.	Présentation des dispositifs de dévalaison existants.....	312
3.2.3.	Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille.....	312
3.2.4.	Estimation des mortalités dans les turbines.....	313
3.2.5.	Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	313
3.2.6.	Bilan du diagnostic de la dévalaison.....	313

<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>315</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	315
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	318
4.2.1. Aménagement de l'exutoire actuel .....	318
4.2.2. Aménagements complémentaires : modification du plan de grille .....	318
4.2.3. Montants estimatifs des aménagements .....	320
<b>CRAMPAGNA .....</b>	<b>321</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>322</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	322
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	324
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>328</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	328
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	329
2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU BARRAGE.....	330
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE .....</b>	<b>332</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	332
3.1.1. Présentation des dispositifs existants.....	332
3.1.2. Analyse du fonctionnement hydraulique de la passe actuelle.....	333
3.1.3. Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	333
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	337
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	337
3.2.2. Présentation des dispositifs de dévalaison existants .....	338
3.2.3. Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	338
3.2.4. Estimation des mortalités dans les turbines .....	339
3.2.5. Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	339
3.2.6. Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	339
<b>4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>340</b>
4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	340
4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON .....	340
4.2.1. Montants estimatifs des aménagements .....	342
<b>SAINT-JEAN DE VERGES.....</b>	<b>343</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>344</b>
1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU.....	344
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	346
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>348</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	348
2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE.....	349

2.3.	VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE.....	351
<b>3.</b>	<b>DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE.....</b>	<b>353</b>
3.1.	FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	353
3.1.1.	Présentation des dispositifs existants.....	353
3.1.2.	Diagnostic de la franchissabilité à la montaison.....	354
3.2.	FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	358
3.2.1.	Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	358
3.2.2.	Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	359
3.2.3.	Estimation des mortalités dans les turbines .....	359
3.2.4.	Estimation des mortalités générales de l'aménagement.....	359
3.2.5.	Bilan du diagnostic de la dévalaison .....	360
<b>4.</b>	<b>PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT .....</b>	<b>361</b>
4.1.	REMARQUES PRÉALABLES À LA CONCEPTION DES AMÉNAGEMENTS .....	361
4.1.1.	Mise en conformité des dispositifs avec le futur règlement d'eau.....	361
4.1.2.	Suppressions des fuites au barrage .....	361
4.1.3.	Évolution de l'attractivité du canal de fuite .....	361
4.2.	AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	362
4.2.1.	Position des installations et débit de fonctionnement.....	363
4.2.2.	Caractéristiques générales du dispositif.....	363
4.2.3.	Equipements et travaux annexes .....	366
4.2.4.	Adaptabilité de l'ouvrage aux variations de débit.....	366
4.2.5.	Montants estimatifs des aménagements .....	367
4.3.	AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	367
4.3.1.	Aménagement du plan de grille.....	367
4.3.2.	Aménagement d'un dispositif de dévalaison .....	369
4.3.3.	Montants estimatifs des aménagements.....	370
<b>B.2</b>	<b>DIAGNOSTIC DES OUVRAGES DE LABARRE ET GARRABET .....</b>	<b>371</b>
<b>LABARRE .....</b>	<b>372</b>	
<b>1.</b>	<b>PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>373</b>
1.1.	LE BARRAGE ET LA PRISE D'EAU .....	373
1.2.	L'USINE HYDROELECTRIQUE .....	374
<b>2.</b>	<b>HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>376</b>
2.1.	DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	376
2.2.	DETAIL DU FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE LABARRE.....	377
2.2.1.	Restitution des débits en aval du barrage .....	377
2.2.2.	Marnages potentiels .....	378
2.3.	RÉPARTITION THÉORIQUE ET VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE .....	379

<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE .....</b>	<b>380</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	380
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	380
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit de l'usine .....	380
3.2.2. Efficacité du dispositif de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	381
3.2.3. Estimation des mortalités dans les turbines .....	381
3.2.4. Estimation des mortalités générales de l'aménagement .....	381
<b>4. POSSIBILITES D'AMELIORATIONS DE LA MIGRATION .....</b>	<b>383</b>
4.1. A LA MONTAISON .....	383
4.2. A LA DÉVALAISON .....	386
<b>MERCUS-GARRABET .....</b>	<b>389</b>
<b>1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>390</b>
1.1. LE BARRAGE ET LA PRISE D'EAU .....	390
1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE DE FERRIERES .....	393
<b>2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>395</b>
2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE .....	395
2.2. DETAIL DU FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE FERRIERES / GARRABET .....	396
2.2.1. Restitution des débits en aval du barrage de Garrabet .....	396
2.2.2. Marnages potentiels .....	397
2.2.3. Consignes d'exploitation relatives à l'usine de Ferrières .....	397
2.3. RÉPARTITION THÉORIQUE ET VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE .....	397
<b>3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE .....</b>	<b>399</b>
3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON .....	399
3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON .....	399
3.2.1. Étude des conditions d'écoulement au droit des prises d'eau .....	399
3.2.2. Efficacité des dispositifs de dévalaison des smolts / Perméabilité des plans de grille pour l'anguille .....	401
3.2.3. Estimation des mortalités dans les turbines .....	401
3.2.4. Estimation des mortalités générales de l'aménagement .....	401
<b>4. POSSIBILITES D'AMELIORATIONS DE LA MIGRATION .....</b>	<b>403</b>
4.1. A LA MONTAISON .....	403
4.2. A LA DÉVALAISON .....	403
<b>C. SYNTHÈSE .....</b>	<b>405</b>
<b>1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE .....</b>	<b>406</b>
<b>2. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ .....</b>	<b>411</b>

**3. PRIORITES EN MATIERE D'AMENAGEMENT ..... 416**

## PREAMBULE

La rivière Ariège fait partie du site NATURA 2000 FR7301822 constitué de la Garonne et de ses principaux affluents en Midi-Pyrénées « Garonne, Ariège, Hers, Salat, Pique et Neste ». Le réseau Natura 2000 a pour objectif de préserver la biodiversité tout en tenant compte des exigences socio-économiques locales.

L'étude NATURA 2000 a été initiée sur ce cours d'eau en avril 2004 puis validée sous forme d'un document d'objectifs (DOCOB), en mai 2006, par le comité de pilotage local présidé par le Sous-Préfet de Pamiers. Ce DOCOB est un outil de gestion qui résulte de la concertation locale entre tous les partenaires, notamment les acteurs locaux, dont les propriétaires d'ouvrages.

La mise en œuvre de ce document doit se faire pendant la phase d'animation (durée 6 ans), mise en place depuis la fin de l'année 2006 sur ce site. La Fédération de l'Ariège pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique a été désignée animateur du site par les services de l'Etat. Cette animation est menée à bien grâce notamment à une collaboration avec l'ANA (Association des Naturalistes de l'Ariège) et l'association MIGADO (Migrateurs GARonne DOrdogne).

L'enjeu de la franchissabilité piscicole des aménagements hydrauliques présents sur la rivière Ariège est prioritaire sur le site.

Ainsi, les actions 5 à 15 inscrites dans le DOCOB prévoient l'amélioration de la libre circulation sur l'axe Ariège aussi bien pour la migration de dévalaison que pour celle de montaison. La priorité est de travailler en aval du barrage de Labarre qui est actuellement la limite amont d'accessibilité de l'axe Ariège aux espèces migratrices.

Par ailleurs, par le décret du 20 juin 1989, l'Ariège est classée au titre de l'article L.432.6 du Code de l'Environnement à l'aval de sa confluence avec la Lauze, soit depuis Ax-les-Thermes jusqu'à la confluence avec la Garonne. Par arrêté ministériel du 21 août 1989, les espèces migratrices à prendre en compte, dans le cadre de ce classement sur la rivière Ariège sont le Saumon Atlantique, la Truite de mer et la Truite fario à l'aval du barrage de Labarre.

De plus, il s'agit donc d'un des axes majeurs du programme de restauration des poissons migrateurs ciblé par le SDAGE Adour Garonne.

Compte tenu des dysfonctionnements constatés vis à vis de la libre circulation piscicole, un groupe de travail dans le cadre de l'animation du site NATURA 2000 « Rivière Ariège » a confié au bureau d'études ECOGEA (Etudes et Conseils en Gestion de l'Environnement Aquatique) la **réalisation d'un diagnostic de la franchissabilité, tant à la montaison qu'à la dévalaison, des différents obstacles présents sur l'Ariège en aval de Labarre. Un diagnostic sur la faisabilité technique d'équiper les ouvrages de Labarre et Garrabet sera mené en complément.**

Ce rapport présente l'état des lieux ainsi que le diagnostic de la franchissabilité actuelle des sites prospectés durant l'année 2010. Il décrit également différents scénarii d'améliorations pour chacun des ouvrages présentant des problèmes de franchissement. Il s'articule en 3 volets :

- A) Contexte général
- B) Diagnostic des ouvrages
- C) Synthèse

# **A. CONTEXTE GENERAL**

## 1. DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN DE L'ARIEGE

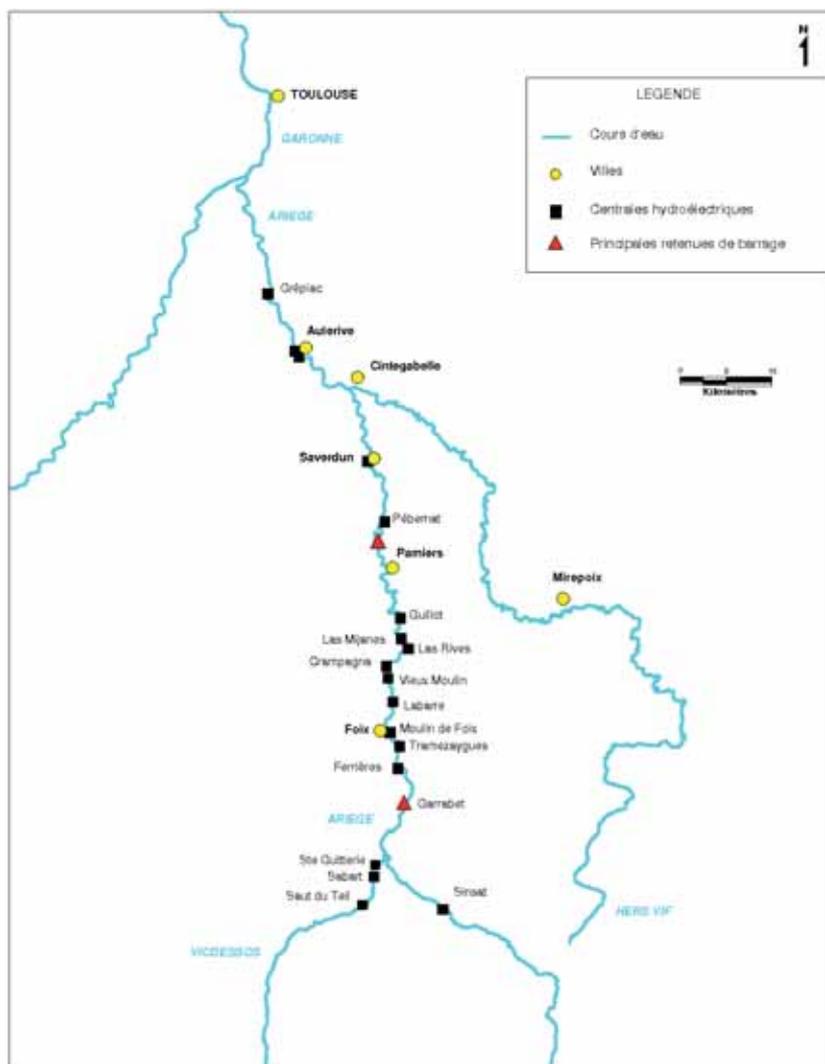
### 1.1. GENERALITES

L'Ariège prend sa source au lac Noir dans le Cirque de Font-Nègre à la limite entre les Pyrénées Orientales et l'Andorre.

Sillonnant d'abord au sein d'une vallée étroite et encaissée jusqu'à Ax-les-thermes, la rivière s'oriente ensuite vers le Nord Ouest empruntant une vallée qui s'ouvre progressivement avec l'arrivée d'affluents tels que l'Aston ou le Vicdessos à hauteur de Tarascon-sur-Ariège. A l'aval de cette confluence, l'Ariège reprend un tracé orienté vers le Nord et s'écoule dans une vallée alluvionnaire dès l'aval de Foix jusqu'à sa confluence avec la Garonne en amont de Toulouse.

Elle reçoit les eaux de l'Hers Vif au niveau de Cintegabelle.

Elle s'étend ainsi sur un linéaire total d'environ 170 kilomètres et draine un bassin versant de l'ordre de 4100 km<sup>2</sup>.



Situation géographique des centrales hydroélectriques sur l'Ariège(d'après Bosc et Larinier, 2000)

## 1.2. DEBITS CARACTERISTIQUES DE L'ARIEGE

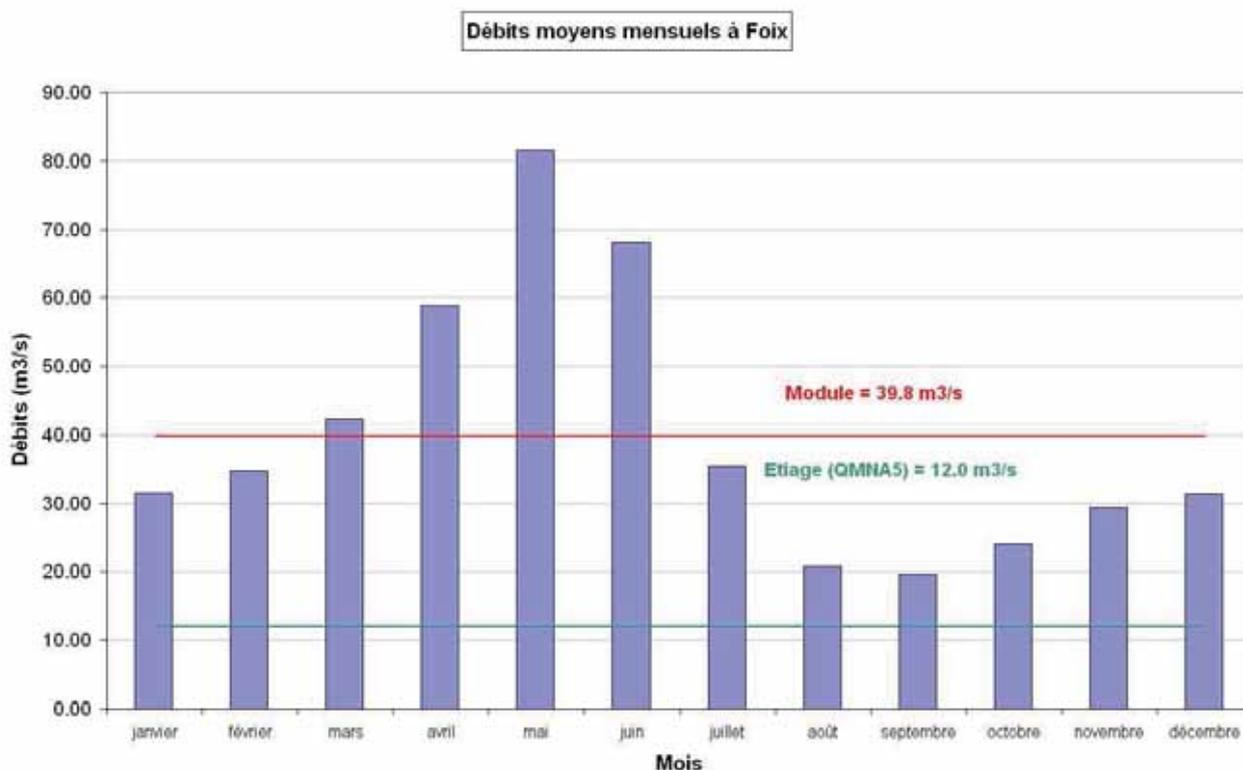
Le régime hydrologique de l'Ariège est de type pluvio-nival, caractérisé par un débit soutenu en hiver, par de hautes-eaux au printemps liées notamment à la fonte des neiges, et par une période d'étiage marquée en fin d'été (d'août à octobre).

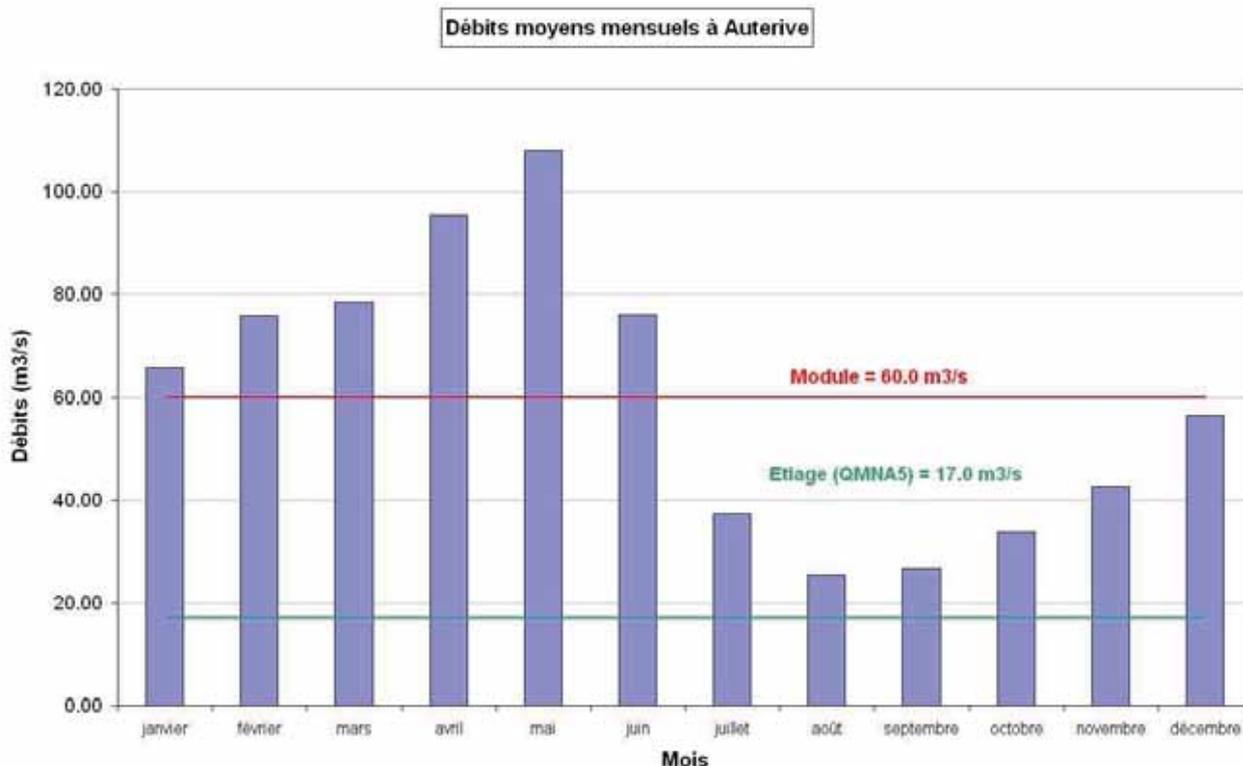
A l'heure actuelle, deux stations hydrométriques sont en fonctionnement à savoir les stations de Foix (département de l'Ariège, BV = 1340 km<sup>2</sup>) et d'Auterive (département de la Haute-Garonne, BV = 3450 km<sup>2</sup>) toutes les deux gérées par la DREAL Midi Pyrénées.

Les valeurs caractéristiques recensées pour chacune de ces stations sont récapitulées ci-après.

Localisation de la station	Foix (09)	Auterive (31)
Référence de la station Banque HYDRO	O1252510	O1712510
Chronique de suivi	1906-2010	1966-2010
Bassin-versant	1340 km <sup>2</sup>	3450 km <sup>2</sup>
Module	39,8 m <sup>3</sup> /s	60,0 m <sup>3</sup> /s
Etiage (QMNA5)	12,0 m <sup>3</sup> /s	17,0 m <sup>3</sup> /s
Débites de crue		
Biennale	170 m <sup>3</sup> /s	360 m <sup>3</sup> /s
Quinquennale	220 m <sup>3</sup> /s	560 m <sup>3</sup> /s
Décennale	260 m <sup>3</sup> /s	680 m <sup>3</sup> /s
Cinquantennale	340 m <sup>3</sup> /s	950 m <sup>3</sup> /s

Les graphiques ci-dessous récapitulent l'évolution des débits moyens mensuels au droit des stations hydrométriques précitées.





Précisons également que les débits de l'Ariège sont fortement influencés par les éclusées des centrales hydroélectriques situées en amont du bassin-versant (Ferrières et Labarre) et qui peuvent occasionner des variations de débits et de niveaux significatives au cours d'une même journée.

Il est à noter également que le bassin-versant de l'Ariège présente des enjeux vis-à-vis du soutien d'étiage de la Garonne.

Pour la période 2008-2012, une convention principale a été signée entre le SMEAG<sup>1</sup>, l'Etat, l'Agence de l'eau Adour-Garonne et Electricité de France.

Le dispositif qui en découle s'appuie sur deux sources de réalimentations : les ouvrages hydroélectriques d'Izourt, de Gnioure, de Laparan et de Soulcem, (46 hm<sup>3</sup>) sur le bassin de l'Ariège et le lac d'Oô (5 hm<sup>3</sup>) sur le bassin de la Garonne. Concernant le réservoir de Montbel (situé sur l'Hers Vif affluent de l'Ariège), un accord a été signé pour la période 2009-2012, permettant de mobiliser en fin d'été et sur l'automne un volume supplémentaire de 7 hm<sup>3</sup>, mais non garanti.

<sup>1</sup> SMEAG : Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne

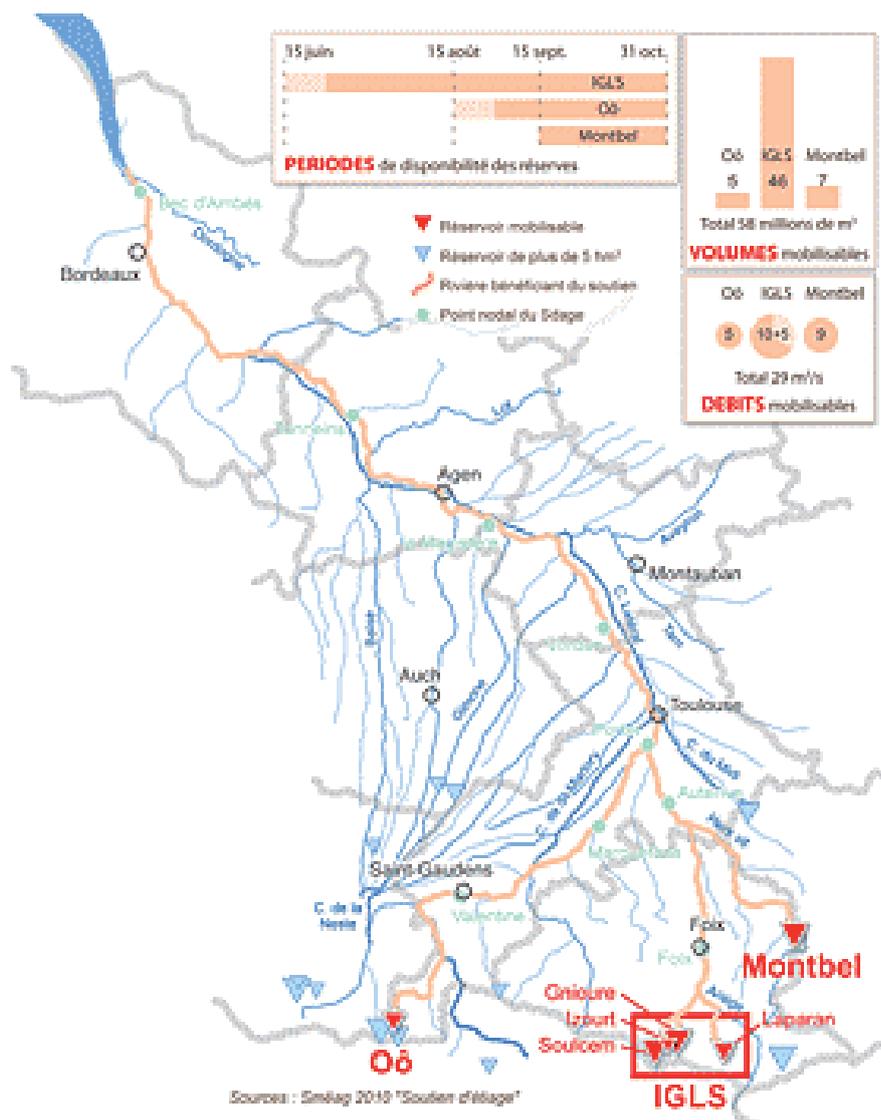


Schéma de principe du soutien d'étiage effectué sur l'axe Ariège

Ainsi les centrales de Ferrières (complexe hydroélectrique de Mercus-Garrabet) et de Labarre, toutes deux gérées par EDF, doivent impérativement assurer **la restitution d'un débit minimal de 8 m<sup>3</sup>/s en aval des ouvrages.**

### 1.3. CONTEXTE ET QUALITE PISCICOLE

#### ■ Données générales sur le peuplement piscicole

D'après la bibliographie et les campagnes de pêche électrique effectuées par l'ONEMA<sup>2</sup> et les Fédérations de Pêche, **le peuplement piscicole de l'Ariège est constitué d'espèces amphibiotiques et d'espèces holobiotiques.**

Les migrateurs amphibiotiques exécutent leur cycle de vie au sein de deux milieux, c'est à dire à la fois en eau douce et en mer. On parle également d'espèces diadromes. On distingue au sein de ce groupe les migrateurs potamotoques dont la reproduction a lieu en eau douce et la phase de grossissement en milieu marin (saumon atlantique, truite de mer, etc.) et les migrateurs thalassotoques pour lesquels le schéma est inverse (anguille).

On recense également des espèces holobiotiques, dont l'intégralité du cycle de vie s'effectue en eau douce.

On peut noter également que l'Ariège est classée en 1<sup>ère</sup> catégorie piscicole (salmonidés dominants) dans tout le département de l'Ariège et en seconde catégorie (cyprinidés dominants) dans le département de la Haute-Garonne.

#### ⇒ Espèces amphibiotiques

Les représentants des **migrateurs amphibiotiques** recensés sur l'axe Ariège sont les suivants :

- le saumon atlantique (montaison essentiellement de mai à novembre),
- la truite de mer (montaison essentiellement de mai à novembre),
- l'anguille : (montaison d'avril à octobre-essentiellement de juin à septembre),
- l'alose (montaison d'avril à juillet),
- la lamproie marine (montaison d'avril à juillet),
- La lamproie fluviatile (montaison d'avril à juillet) semble également avoir déjà été recensée sur l'axe mais l'enjeu de cette espèce sur l'Ariège reste minime.

En ce qui concerne les grands salmonidés migrateurs, ils ont pu être recensés certaines années jusqu'aux portes de Foix (amont Pamiers) mais l'Ariège offre de bonnes potentialités en amont de Foix (Garrabet) tant en terme de zones de grossissement que de zones de frayères. Il en est de même pour la truite de mer.

Pour l'anguille, elle est actuellement présente jusqu'à Foix (Labarre). Au vu de ses préférendums d'habitats, on peut penser tout de même que les zones potentielles de grossissement pour cette espèce en amont de Foix restent plus limitées.

En ce qui concerne la grande alose, elle a déjà été recensée notamment en aval de Grépiac, mais il existe néanmoins des zones potentielles de fraie dans la partie aval de l'Ariège (jusqu'à Auterive notamment).

---

<sup>2</sup> ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

## ⇒ Espèces holobiotiques

Le peuplement en espèces holobiotiques rencontrées en aval de Pamiers est conforme à celui d'un cours d'eau de seconde catégorie piscicole de type zone à ombres, zone à barbeaux et on retrouve essentiellement :

- *Salmonidae* : truite fario, (migration de montaison essentiellement automnale pour la truite).
- *Cyprinidae* : ablette, barbeau, brème, gardon, chevesne, vandoise, ...
- *Cobitidae* : loche franche, ...

Ce secteur en aval de Pamiers est également marqué par la présence de la Lamproie de planer (amont Saverdun), du Toxostome (aval Pamiers) et de la Bouvière (Aval Auterive), espèces très sensibles notamment en terme de qualité d'habitats et de qualité physico-chimique des eaux. Ces espèces sont inscrites notamment à l'annexe II de la Directive habitat Faune Flore et à l'annexe III de la convention de Berne.

*A noter que la "migration" des cyprinidés se déroule essentiellement au printemps du mois d'avril au mois de juin. Suivant la date de fin de fonte, cette migration peut être décalée en été.*

En partie basse et en se rapprochant de Toulouse, on se retrouve dans des secteurs moins lotiques avec un régime thermique plus favorable notamment aux carnassiers (*Esocidae* : brochet ; *Percidae* : perche, sandre, ...).

En amont de Pamiers, les faciès sont plus lotiques. Ce secteur offre des habitats et un régime thermique de l'eau plus favorables aux salmonidés. La truite fario devient plus présente notamment en amont de Foix, où elle domine le peuplement. Le Chabot commun commence à être présent notamment en amont de Pamiers.

### ■ **Données sur les remontées actuelles de grands salmonidés migrateurs**

De manière à déterminer la progression des grands salmonidés migrateurs à l'amont de l'ouvrage de Golfech sur la Garonne, le GHAAPPE<sup>3</sup> a réalisé des campagnes de suivi par radiopistage sur des saumons marqués entre 2002 et 2006 (Croze *et al.*, 2004 ; Bau *et al.* 2005-2006-2007).

Les éléments de ces suivis ont permis d'identifier qu'à l'amont de Toulouse, une partie des individus ayant franchi les différents obstacles de l'agglomération (barrages du Bazacle et du Ramier) et parvenu jusqu'à la confluence avec la Garonne, et s'engageait sur l'Ariège.

Pour illustrer ces propos, le tableau ci-dessous récapitule les remontées de saumon atlantique observées sur l'Ariège lors de chaque année de suivi.

Année de suivi	Individus parvenus en amont de Toulouse	Individus s'engageant sur l'Ariège
2002	9	1
2003	4	1
2004	16	9
2005	2	1
2006	2	1

---

<sup>3</sup> GHAAPPE (ONEMA, CEMAGREF, IMFT) : Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles et à la Protection de l'Environnement.

Durant ces campagnes de radiopistage, des poissons ont pu arriver jusqu'en amont de Pamiers, notamment en 2003, où un poisson est arrivé jusqu'au barrage de Las Rives.

Il est à noter également que dans le cadre de l'installation de stations de vidéocontrôle aux niveaux des passes à poissons de Pébernat (1997) et de Saverdun (1998), des suivis des migrations ont été effectués par l'association MIGADO entre 1997 et 1999 (Dartiguelongue et Langon, 1998 ; Dartiguelongue, 1999 et Dartiguelongue, 2000).

Le tableau ci-dessous récapitule pour les 3 années de suivi, le nombre de grands salmonidés migrateurs comptabilisés au droit des deux sites suivis.

Année de suivi	Grands salmonidés migrateurs à Saverdun	Grands salmonidés migrateurs à Pébernat
1997	Pas de suivi	0
1998	3 SAT + 4 TRM*	1 SAT*
1999	3 SAT + 4 TRM*	2 SAT + 1 TRM*

\*SAT : Saumon atlantique ; TRM : Truite de mer

### ■ Potentialités de grossissement pour les salmonidés de grands salmonidés migrateurs

Sur le cours de l'Ariège, 111 ha de surfaces théoriques utiles de radiers et de rapides ont été recensés (Bosc et Larinier, 2000) ce qui devrait permettre une production de 54 500 équivalents smolts pour une hypothèse moyenne de 490 smolts par hectare de radier ou rapide (Gayou, 1999).

Ce potentiel place l'Ariège par son importance comme le plus productif en quantité de smolts des affluents de la Garonne à l'amont de Toulouse. Sa capacité de production au kilomètre linéaire est de 1,09 ha/kml.

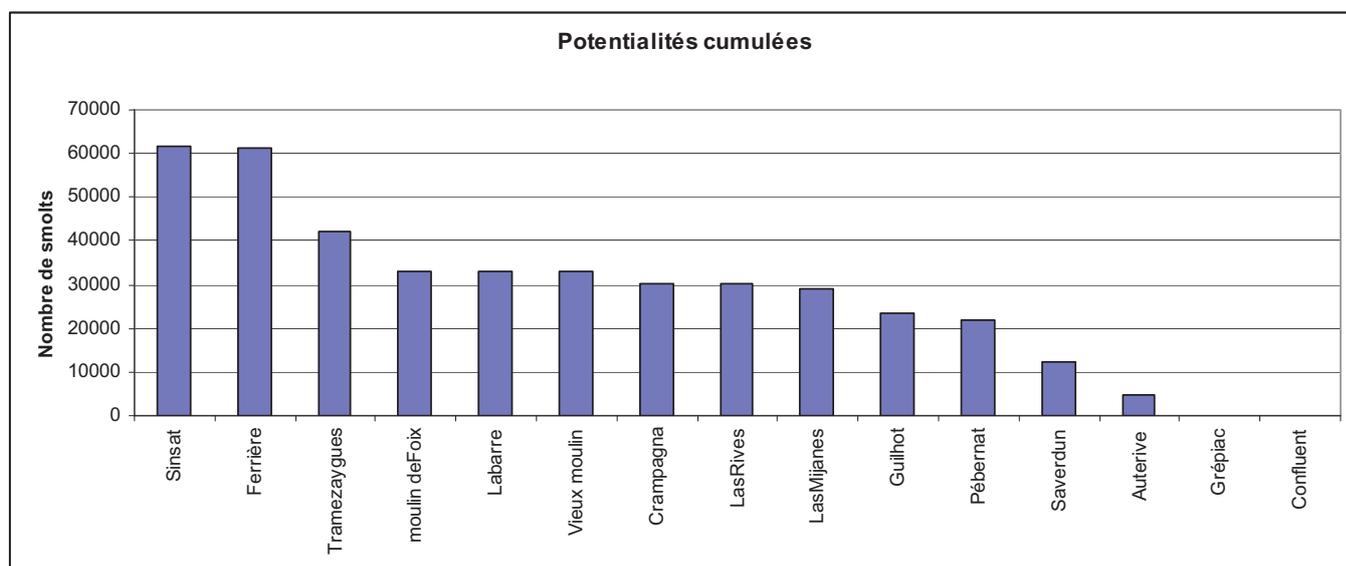
La répartition des potentialités fait apparaître trois zones de développement des juvéniles :

- du confluent de la Garonne jusqu'au barrage EDF de Pébernat (Pamiers). Elle représente 23% du potentiel de la rivière
- du barrage de Pébernat (Pamiers) jusqu'au barrage de Labarre (Foix). Cette zone représente 38% du potentiel
- et de Labarre au confluent avec l'Aston. Elle représente 39% du potentiel dont la majeure partie se situe en amont de la retenue de Ferrière (28% du potentiel total de La Garonne).

Le tableau et le graphique ci-dessous extraits de l'étude de Bosc et Larinier (2000) récapitulent la répartition des potentialités de production sur l'axe Ariège, en intégrant également le potentiel du Videssos (affluent de l'Ariège au droit de Tarascon-sur-Ariège).

Barrages ou secteurs		KM	KM cumulé	Surfaces de radiers et rapides (en ha)	%	nbre smolts	nbre smolts cumulé
Confluent Aston	Bge de Sinsat	0.75	0.8	0.90	0.7	441	441
Bge de Sinsat	Vicdessos, Confluent Saurat	11.30	12.1	32.90	26.2	16121	16562
Confluent Saurat	Bge Mercus Garrabet	5.30	17.4	5.55	4.4	2720	19282
Bge Mercus Garrabet	Usine Ferrière	14.20	31.6	8.09	6.4	3967	23248
Usine Ferrière	Bge Labarre			10.60	8.4	5194	28442
Bge Labarre	Bge Crampagna	3.90	35.5	5.60	4.5	2744	31186
Bge Crampagna	Bge Las Rives	1.90	37.4	2.33	1.9	1142	32328
Bge Las Rives	Varilhes (Bge Las Mijanes)	4.90	42.3	12.05	9.6	5905	38232
Varilhes (Bge Las Mijanes)	Bénagues (Bge Guillhot)	1.90	44.2	3.20	2.5	1568	39800
Bénagues (Bge Guillhot)	Pamiers (Bge Foulon)	11.90	56.1	12.20	9.7	5980	45780
Pamiers (Bge Foulon)	Pamiers (Bge EDF)			6.62	5.3	3244	49024
Pamiers (Bge EDF)	Usine Pébernat	15.80	71.9	6.90	5.5	3381	52405
Usine Pébernat	Bge Saverdun			8.90	7.1	4361	56766
Bge Saverdun	Confluent Hers Vif	43.70	115.6	9.70	7.7	4753	61519
Confluent Hers Vif	Bge Auterive (aval)			0.00	0.0	0	61519
Bge Auterive aval	Bge Grépiac			0.00	0.0	0	61519
Bge Grépiac	Confluent Garonne			0.00	0.0	0	61519
Total Ariège plus Vicdessos				126	100	61519	61519
Total Ariège		115.6	115.55	111		54463	

Hypothèse moyenne : 490 smolts par ha de radiers ou rapides

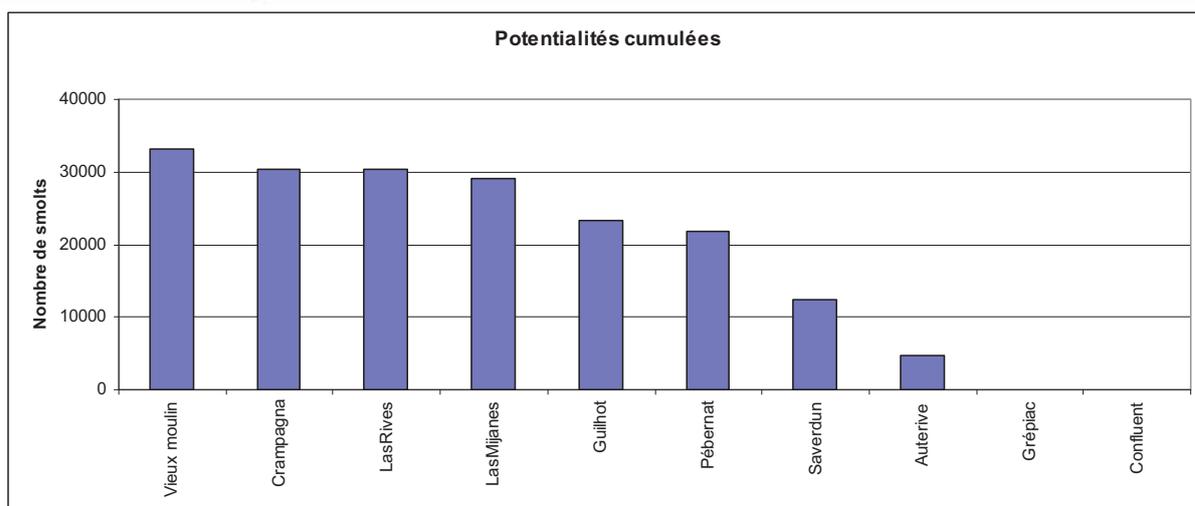
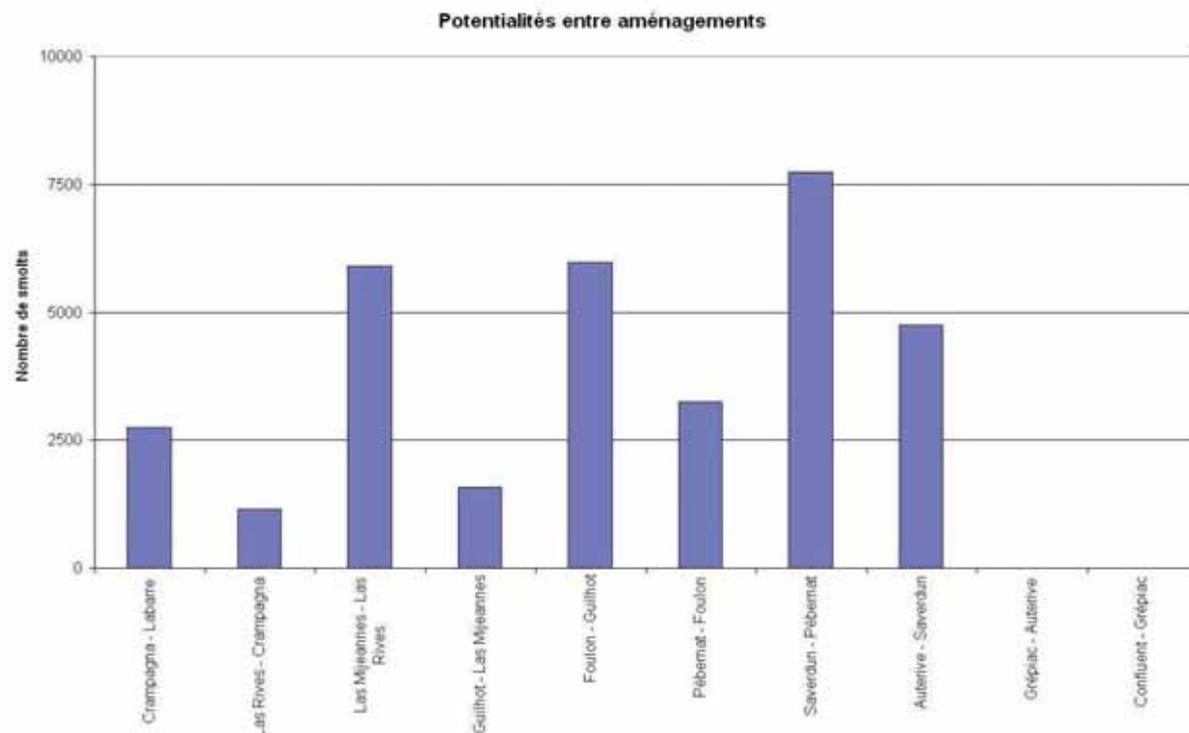


Répartition des potentialités de production sur l'axe Ariège, Vicdessos compris (d'après Bosc et Larinier, 2000)

Actuellement, seul le secteur en aval du barrage EDF de Labarre est potentiellement colonisable par les grands salmonidés (secteur équipé de dispositifs de franchissement).

C'est également le secteur qui assure une meilleure survie des juvéniles à la dévalaison (Labarre et Garrabet n'étant pas équipés à la dévalaison également).

Les graphiques ci-dessous reprennent la répartition des potentialités de grossissement sur ce secteur potentiellement colonisable, situé en aval du barrage EDF de Labarre (Foix).



Répartition des potentialités de production sur l'axe Ariège en aval de Labarre

Ainsi, il ressort que le secteur en aval de Labarre avec 68 ha devrait permettre une production de l'ordre de 33 000 équivalents smolts, répartis de la manière suivante :

- 0% en aval d'Auterive
- 14 % entre Auterive et Saverdun
- 51 % entre Saverdun et Guilhot
- 34 % en amont de Guilhot

■ **Le programme de restauration et les zones actuellement alevinées en juvéniles de saumon**

Le bassin de l'Ariège fait l'objet, depuis plus de 20 ans, d'opérations de repeuplement en jeunes saumons (pré-estivaux et tacons) dans le cadre du programme de restauration des poissons migrateurs du bassin de la Garonne. Ce dernier a été réactivé en matière de repeuplement en 1996 et notamment, dans le cadre du programme SAGA 2000.

L'association MIGADO est en charge de la gestion des repeuplements sur le bassin-versant de la Garonne conjointement avec l'ONEMA et les Fédérations de pêche des départements concernés, notamment sur les axes Garonne et Ariège en amont de Toulouse.

L'Ariège est concernée par des déversements de juvéniles à différents stades de développement à savoir : alevins, saumons pré-estivaux et tacons (0+ et 1+). En 2010, l'effectif total en poissons déversés sur l'Ariège - tous stades confondus - est de l'ordre de 131 000 individus, un chiffre représentatif de l'effort de repeuplement consenti chaque année sur l'axe (MIGADO, Comm. Pers).

Les densités moyennes utilisées en 2010 ont été de 80 ind/100m<sup>2</sup> pour le stade alevin, 70 ind./100m<sup>2</sup> pour le stade pré estival et de 25 à 30 ind./100m<sup>2</sup> pour le stade tacon 0+.

Pour l'Ariège, les secteurs actuellement retenus pour les opérations de repeuplement sont ceux qui figurent parmi les moins impactés lors de la dévalaison par les ouvrages hydro-électriques et qui offrent, d'après les suivis biologiques réalisés depuis plusieurs années, une bonne fonctionnalité pour le grossissement des juvéniles. Il s'agit des secteurs situés en aval de Labarre jusqu'à Auterive (68 ha dont 35 ha entre Labarre et Pébernat et 32 ha entre Pébernat et Auterive).

Ces secteurs se répartissent en 51 points de déversement. Cela représente 67,5% des habitats de l'Ariège situés entre Labarre et Pébernat (23,9 ha sur les 34,4 ha potentiels) et 39,2% des habitats de l'Ariège situés entre Pébernat et Auterive (12,6 ha sur les 32,1 ha potentiels) soit au total 54,3% du potentiel de l'Ariège dans sa partie considérée ouverte à la dévalaison (37 ha sur les 68 ha potentiels).

On peut penser qu'avec l'accord de soutien d'étiage s'appuyant sur les ouvrages hydroélectriques d'Izourt, de Gnioure, de Laparan et de Soulcem, la qualité thermique des eaux de l'Ariège en étiage devrait se révéler plus favorable qu'auparavant, au grossissement des juvéniles de salmonidés sur le secteur aval (Pébernat, Auterive).

#### ■ Le classement NATURA 2000

Le classement Natura 2000 de la **rivière Ariège** s'inscrit dans la zone spéciale de conservation **FR 7301822** « Garonne, Ariège, Hers, Salat, Pique et Neste », constitué du réseau hydrographique de la Garonne et de ses principaux affluents en Midi-Pyrénées.

Ce site a été retenu de par le grand intérêt de son réseau hydrographique pour les poissons migrateurs (zones de frayères potentielles et réelles pour le saumon atlantique qui fait l'objet d'alevinages réguliers et dont les adultes peuvent atteindre Foix sur l'Ariège, Carbonne sur la Garonne, suite aux équipements en échelles à poissons des barrages sur le cours aval).

Les espèces listées dans la directive et présentes sur le site FR 7301822 sont pour les poissons : le Barbeau méridional, la Bouvière, le Chabot, la Grande Alose, la Lamproie de Planer, la Lamproie marine, le Saumon atlantique, l'Ombre commun et le Toxostome.

Le site 'Rivière Ariège' s'étend sur 134 km, de la confluence avec la Garonne en aval (commune de Portet-sur-Garonne, 31) jusqu'à la confluence avec le ruisseau de Causou (commune d'Unac, 09) en amont (source DOCOB « Rivière Ariège »).

## 2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

---

### 2.1. SECTEUR D'ETUDE ET LOCALISATION DES OUVRAGES ETUDIES

L'étude de franchissabilité porte essentiellement sur le linéaire de l'Ariège actuellement classé au L432.6 du Code de l'Environnement et dont une liste d'espèces migratrices est présente, à savoir la partie située en aval du barrage EDF de Labarre (Foix).

Sur ce linéaire d'environ 70 km, on retrouve **11 barrages principaux** susceptibles de poser des problèmes à la libre circulation. L'ouvrage le plus aval du secteur est le site hydroélectrique de Grépiac situé à une quinzaine de kilomètres environ de la confluence avec la Garonne et l'ouvrage le plus amont du secteur est le moulin du Vieux Moulin situé environ 2 kilomètres en aval du barrage EDF de Labarre.

A noter également qu'un diagnostic a été réalisé sur les différents obstacles présents sur les canaux principaux de la ville de Pamiers (alimentés depuis la prise d'eau de la digue du Foulon). **Ces canaux de Pamiers présentent globalement 4 ouvrages transversaux** (radiers, seuils) susceptibles de poser des problèmes à la migration de montaison.

En complément et au vu des fortes potentialités en zones potentielles de grossissement de juvéniles de salmonidés présentes en amont de Foix, **un diagnostic des deux obstacles majeurs EDF de Labarre et Mercus-Garrabet ont été réalisés** de manière à étudier la faisabilité technique de rétablir la libre circulation sur de tels ouvrages (fortes chutes, retenues de grande longueur, forts équipement des centrales hydroélectriques associées au barrage...). A noter que des ouvrages de tailles plus modérés sont présents entre les deux grands barrages EDF comme notamment les centrales du moulin de Foix et de Tramezaygues.

Les chutes au niveau des barrages sont généralement comprises entre 2 m et 4 m, à l'exception des deux grands barrages de Labarre (12 m) et Garrabet (32 m).

Mis à part le site du Foulon à Pamiers (agrément - alimentation des canaux traversant la ville), l'ensemble des barrages permet de dériver de l'eau destinée à la production d'électricité.

Le seuil de Saverdun est équipée quant à lui de trois centrales hydroélectriques (une centrale en rive droite et deux centrales en parallèle en rive gauche).

Ainsi, l'Ariège comporte **12 centrales hydroélectriques sur la partie classée au L432.6 du Code de l'Environnement en aval de Labarre.**

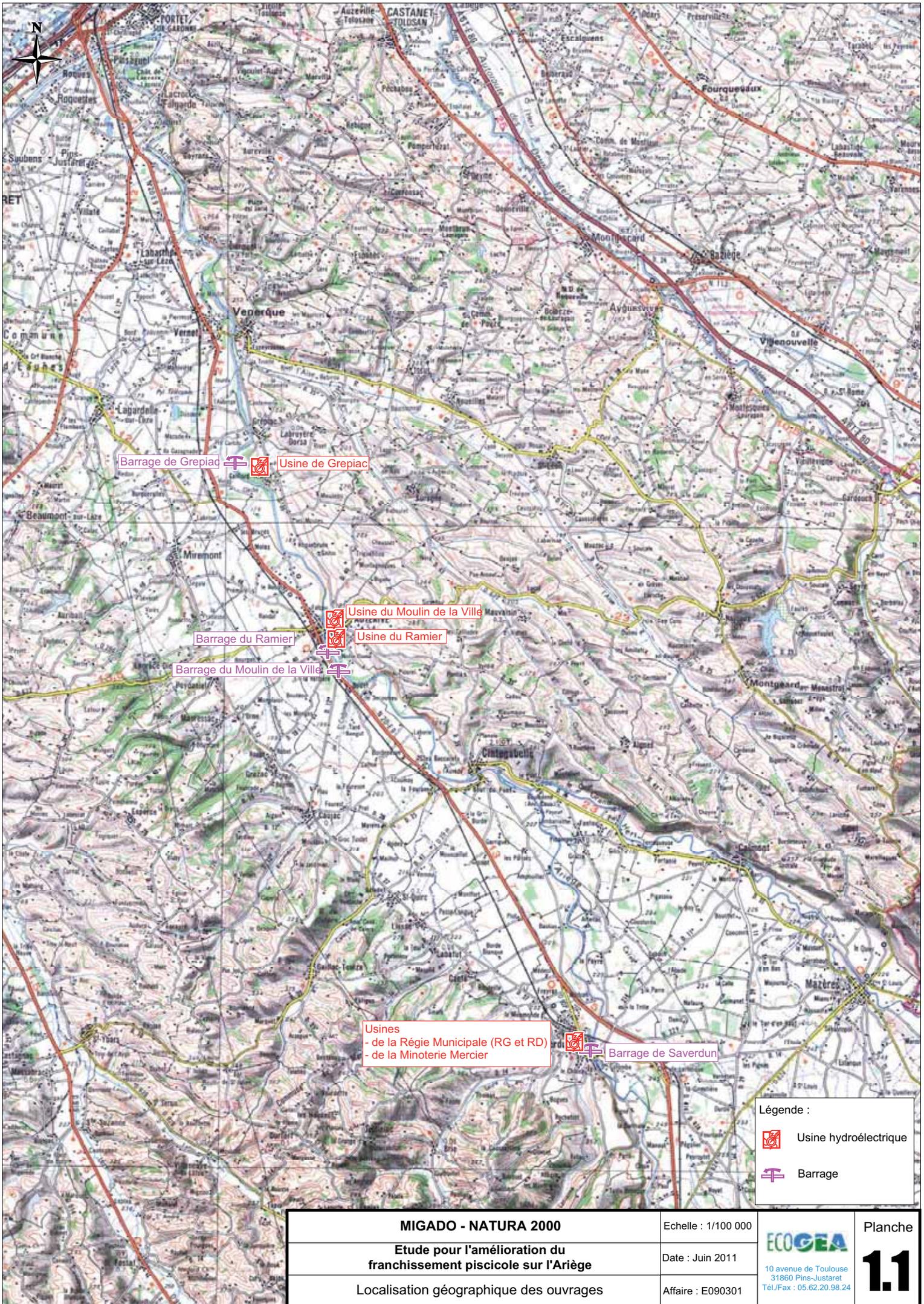
Les centrales sont équipées pour turbiner en moyenne un débit maximum de l'ordre de 32 m<sup>3</sup>/s. Les débits d'équipement des **14 centrales hydroélectriques étudiées** (12 usines dans la partie classée en aval de Labarre + les 2 usines de Labarre et Ferrières) varient globalement de 7 m<sup>3</sup>/s (usine de la minoterie de Saverdun) à 70 m<sup>3</sup>/s (usine de Ferrières).

Mise à part les centrales de Labarre et Ferrières qui fonctionnent par écluses, l'ensemble des centrales fonctionnent au fil de l'eau.

Le tableau ci-dessous reprend la liste des sites étudiés. La majorité des éléments notamment les éléments concernant les caractéristiques hydromécaniques des centrales hydroélectriques sont tirés de l'étude menée par Bosc et Larinier (2000).

La localisation des ouvrages est présentée en page 15 et plus en détail sur les planches 1.1, 1.2 et 2.

DONNEES ADMINISTRATIVES			DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES AU BARRAGE				DONNEES A L'USINE						DONNEES LIBRE CIRCULATION								
Nom	Commune	Propriétaire ou gérant	BV (km <sup>2</sup> )	Module (m <sup>3</sup> /s)	GMMAS (m <sup>3</sup> /s)	RM (mNGF)	Hauteur de chute de l'étage (m)	Q réservé (m <sup>3</sup> /s)	Longueur circuite (m)	Fonctionnement	Q total à l'étage (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	H chute nominale (m)	Vitesse rotation (tr/min)	Nombre pales ou aubes	Diamètre de la roue (m)	Espacement entre barreaux au plan de grille	Dispositif de montage	Type	Q à la RM (+0) attractif (m <sup>3</sup> /s)	Dispositif de déviation	Type	Q à la RM (m <sup>3</sup> /s)	Ouverture
Centrale de Grépiac	Grépiac	SMC Arège Production	3525	60.6	11.1	169.00	4.00	0	0	sur fil de l'eau	56	14	3	72	4	3.1	10 cm (Kaplan) 15 à 5.5 cm (Francis)	OUI (RD)	passee à bassin	0.5 (+0.5)	NOM	-	-	-
Usine du Molin de la ville d'Auterive	Auterive	SA Ratic Chamoisgrand	3320	59.0	16.8	181.82	4.00	12.0	850	sur fil de l'eau	20	6	3	107	17	0.85	3 cm	OUI (RG)	passee mixte à ralentisseurs	0.3	OUI (central)	extoite	0.5	totale l'année
Usine Rive Gauche Saverdin	Saverdin	Régie Municipale d'électricité de Saverdin	1160	44.2	14.0	222.30	4.00	6.0	0	sur fil de l'eau	7.6	3.8	3.4	100	12	1.8	3.5 cm	NOM	-	-	NOM	-	-	-
Usine du Molin rive gauche	Saverdin	Société Hydroélectrique du Molin	1160	44.2	14.0	222.30	4.00	6.0	0	sur fil de l'eau	7	4.13	2.8	100	4	2.5	3.5 cm	NOM	-	-	OUI (RD)	extoite	0.5	totale l'année
Usine Rive Droite Saverdin	Saverdin	Régie Municipale d'électricité de Saverdin	1160	44.2	14.0	222.30	4.00	6.0	0	sur fil de l'eau	20	20	3.4	100	4	2.5	4 à 6 cm	OUI (RD)	passee à bassin	0.5 (+0.7)	NOM	-	-	-
Centrale EDF Pèbernat	Bonnac	Groupe EDF usine de Ferrières	1630	42.5	13.7	264.75	2.10	1.2	6400	sur fil de l'eau	50	25	23	300	6	2	4.5 cm	OUI (position centrale)	passee à bassin	0.8 (+0.4)	OUI (RD)	extoite	1	1er avril au 30 juin
Digue du Foulon	Pamiers	Commune de Pamiers	1610	42.5	13.7	283.19	2.20	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI (RG)	passee à bassin	0.8 (+1.6)	NOM	-	-	-
Seuil papeterie							1.30	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil du moulin							-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil LIDL	Pamiers	Commune de Pamiers					0.80	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil restaurant							0.25	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil du moulin							-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil Courrier des Forges							0.90	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil parcours de récréation							0.55	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrale de Gailliot	Bénauges	SHEMA	1685	42.2	13.6	310.57	2.15	4.8	1800	sur fil de l'eau	27	9	3.5	230	15	1.23	8.2 à 3.5 cm	OUI (RD)	passee à bassin	1.2 (+3.6)	OUI (RD)	extoite	1.8	totale l'année
Centrale Les Milpans	Pleux de Polleport	SHEMA	1685	42.2	13.6	316.06	0.70	4.8	1400	sur fil de l'eau	40	10	5	240	4	1.54	3 cm	OUI (RD)	passee à bassin	1.3 (+3.4)	OUI (RD)	extoite	0.7	totale l'année
Centrale de Luc Rives	Yanvillez	SHEMA	1555	41.8	13.6	333.57	3.95	4.6	600	sur fil de l'eau	40	13.3	6	144	18	1.54	3 cm	OUI (RD)	passee à bassin	0.5 (+4.1)	OUI (RD)	extoite	1.4	totale l'année
Centrale de Crampagna	Crampagna	SHEMA	1555	41.8	13.6	341.70	2.40	4.6	600	sur fil de l'eau	24	16	6	214	4	1.85	3 cm	OUI (RD)	passee à bassin	0.5 (+4.1)	OUI (RD)	extoite	1.2	totale l'année
Centrale de Vieux Moulin	St Jean de Vieux Moulin	SHEMA	1540	41.6	13.5	349.40	2.00	1.0	500	sur fil de l'eau	15	15	4	165	4	1.8	6 cm	OUI (RG)	passee rustique	1.2	NOM	-	-	-
Centrale EDF de Labarre	Vernajoul	Groupe EDF usine de Ferrières	1520	41.4	13.5	365.00	12.00	8.0	0	sur fil de l'eau	50	55	11.4	200	6	2.845	3 cm	NOM	-	-	NOM	-	-	-
Centrale de Ferrière							8.0	8.0		Eclusées	70	20	6.8	428	12	1.58	5 cm	NOM	-	-	NOM	-	-	-
Centrale de Ege de Garabet	Mercus Garabet	Groupe EDF usine de Ferrières	685	26.9	10.7	460.00	32.00	2.0 (4.0 du 15 juin au 15 septembre)	5500	éclusées	2	2	32	750	3	0.62	5 cm (RG) et 3 cm (RD)	NOM	-	-	NOM	-	-	-



Barrage de Grepiac Usine de Grepiac

Usine du Moulin de la Ville

Barrage du Ramier

Usine du Ramier

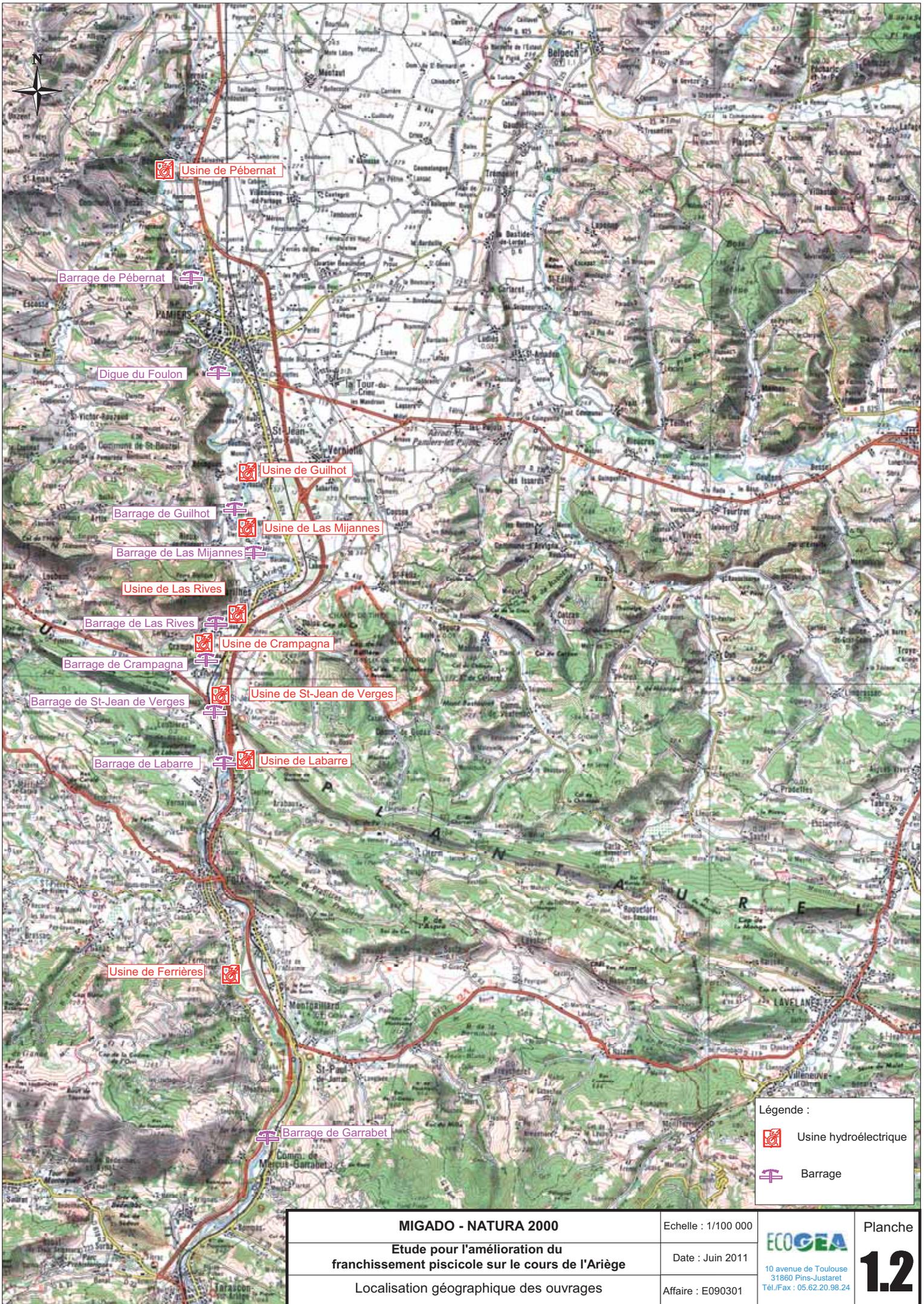
Barrage du Moulin de la Ville

Usines  
- de la Régie Municipale (RG et RD)  
- de la Minoterie Mercier

Barrage de Saverdun

- Légende :
-  Usine hydroélectrique
  -  Barrage

<p><b>MIGADO - NATURA 2000</b></p>	<p>Echelle : 1/100 000</p>	<p>Planche</p>
<p><b>Etude pour l'amélioration du franchissement piscicole sur l'Ariège</b></p>	<p>Date : Juin 2011</p>	<p><b>1.1</b></p>
<p>Localisation géographique des ouvrages</p>	<p>Affaire : E090301</p>	<p><b>ECOGEA</b> 10 avenue de Toulouse 31860 Pins-Justaret Tél./Fax : 05.62.20.98.24</p>



Usine de Pèbernat

Barrage de Pèbernat

Digue du Foulon

Usine de Guilhot

Barrage de Guilhot

Usine de Las Mijannes

Barrage de Las Mijannes

Usine de Las Rives

Barrage de Las Rives

Usine de Crampagna

Barrage de Crampagna

Barrage de St-Jean de Verges

Usine de St-Jean de Verges

Barrage de Labarre

Usine de Labarre

Usine de Ferrières

Barrage de Garrabet

Légende :

-  Usine hydroélectrique
-  Barrage

<p><b>MIGADO - NATURA 2000</b></p>	<p>Echelle : 1/100 000</p>	<p>Planche</p>
<p><b>Etude pour l'amélioration du franchissement piscicole sur le cours de l'Ariège</b></p>	<p>Date : Juin 2011</p>	<p><b>1.2</b></p>
<p>Localisation géographique des ouvrages</p>	<p>Affaire : E090301</p>	<p><b>ECOGEA</b> 10 avenue de Toulouse 31860 Pins-Justaret Tél./Fax : 05.62.20.98.24</p>

## 2.2. ESPECES PISCICOLES PRISES EN COMPTE DANS L'ETUDE

### 2.2.1. DONNEES REGLEMENTAIRES RELATIVES A LA CIRCULATION PISCICOLE

#### 2.2.1.1. L432.6 du Code de l'Environnement / L214.17 de la LEMA

##### ■ L432.6 du Code de l'Environnement

Par le décret du 20 juin 1989, **l'Ariège est classée au titre de l'article L.432.6** du Code de l'Environnement (anciennement L.232-6 du code rural) à l'aval de sa confluence avec la Lauze dans le département de l'Ariège et sur tout son cours dans le département de la Haute-Garonne soit depuis Ax-les-Thermes jusqu'à la confluence avec la Garonne.

Ce classement implique que, sur les parties classées, tout ouvrage doit comporter des dispositifs assurant la circulation des poissons migrateurs. L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer son efficacité, son fonctionnement et son entretien.

Les ouvrages (obstacles) existants doivent être mis en conformité, sans indemnité, dans un délai de 5 ans à compter de la publication d'une liste d'espèces migratrices.

A noter également que le renouvellement d'autorisation ou de concession est assimilé à une création. Dans ce cas, l'administration doit imposer les dispositifs de franchissement qui s'avèrent nécessaires aux espèces migratrices présentes ou en cours de réintroduction.

Par arrêté ministériel du 21 août 1989, les espèces migratrices à prendre en compte, dans le cadre du classement L.432-6 sur la rivière Ariège sont **le Saumon Atlantique, la Truite de mer et la Truite fario à l'aval du barrage de Labarre.**

##### ■ Futur classement L214.17 de la LEMA

Suite à la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (dite LEMA), l'administration doit établir (article L.214-17 du Code de l'Environnement) des listes de cours d'eau :

- 1° Une liste de cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux, parmi ceux qui sont en très bon état écologique ou identifiés par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée est nécessaire, sur lesquels **aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique,**
- 2° Une liste de cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux, dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. **Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative,** en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant.

Le SDAGE 2010-2015 précise les critères pour le classement au titre de l'article L.214-17-1<sup>er</sup> alinéa du Code de l'Environnement : « (disposition C55) – Ce classement doit être établi parmi les 3 catégories de cours d'eau suivants identifiés pour leurs enjeux environnementaux :

- les cours d'eau où une protection complète des poissons migrateurs amphihalins est nécessaire, identifiés en C32 (cas de l'Ariège)
- les cours d'eau en très bon état écologique, identifiés en C40A,
- la première liste des réservoirs biologiques identifiés en C40B. Le maintien ou la restauration de la continuité écologique au sein des réservoirs biologiques ainsi qu'avec les masses d'eau cibles qu'ils doivent ensemencher est nécessaire à leur fonctionnalité ».

Le SDAGE 2010-2015 préconise un phasage pour le classement au titre de l'article L.214-17-I-2ème alinéa du Code de l'Environnement pour la restauration de la continuité écologique : « (disposition C58) – Afin de tenir compte des enjeux prioritaires, de la faisabilité d'intervention, des possibilités d'encadrement des études et des projets et des capacités financières des maîtres d'ouvrages, il est recommandé que l'autorité administrative procède au classement au titre du 2° alinéa de l'article L214-17-I du code de l'environnement par phases successives. La progression escomptée des programmes de restauration sera également prise en compte. A cet effet, seront privilégiés pour la première proposition de classement :

- Les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau à migrateurs amphihalins de la liste C34, incluant notamment les obligations d'équipement liées à la zone d'action prioritaire du plan national anguille,
- Pour les espèces migratrices holobiotiques, les cours d'eau actuellement classés au titre de l'article L432-6 avec liste d'espèces,
- Tout ou partie des cours d'eau prioritaires ciblés par les SAGEs et les contrats de rivière ou les PDPG,
- Tout ou partie des réservoirs biologiques qui nécessite un rétablissement de la continuité écologique en leur sein et avec leurs masses d'eau cibles ».

Ces classements au titre de l'article L.214-17, qui remplaceront les classements existants doivent être établis au plus tard le 1er janvier 2014. En attendant, « (disposition B39) - Jusqu'à cette publication, lors de l'instruction des demandes d'autorisation ou de concession, l'autorité administrative s'appuie sur :

- les classements en vigueur,
- le principe de non détérioration de l'état actuel des cours d'eau,
- et sur un examen attentif des impacts significatifs mis en évidence par l'étude d'impact, notamment sur la qualité et le rôle écologique des cours d'eau répondant aux critères du classement définis aux dispositions C55 à C59 ».

**Le classement futur impliquera donc que les ouvrages situés en aval de Labarre devront réglementairement assurer la libre circulation des poissons migrateurs amphihalins (pas de changement par rapport à l'état actuel avec le L432.6 du Code de l'Environnement).**

L'Anguille, la Lamproie marine, le Saumon Atlantique, la Truite de mer sont les quatre espèces susceptibles en première approche d'être concernées par ce classement sur tout le cours situé en aval du barrage de Labarre. Le secteur aval de l'Ariège jusqu'à Auterive pourrait être concerné également par la Grande alose (discussions en cours).

A noter qu'une notion de *continuité écologique* est intégrée selon la Directive Cadre sur l'Eau et doit prendre en compte également le bon déroulement du transport naturel des sédiments.

### **2.2.1.2. Règlement européen Anguille (ZAP Anguille)**

Au vu de son inquiétant déclin de son abondance aux trois stades continentaux de son cycle biologique, le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) considère maintenant qu'il est dans l'urgence de se préoccuper de son écologie et de sa dynamique afin d'établir un plan de restauration et de limiter la pression (pêche, diminution des habitats...) qui pèse sur cette espèce.

Un règlement européen pour la reconstitution du stock d'anguille a été élaboré en septembre 2007 (Règlement n°1100/2007) qui impose à long terme un objectif quantitatif très ambitieux : 40% de la biomasse des géniteurs que le bassin pourrait accueillir sans aucun aménagement ni intervention anthropique doit pouvoir aller se reproduire.

Pour répondre à cet objectif, la France a proposé un Plan de Gestion National qui définit à l'échelle de chaque Bassin (Volet local Garonne – Dordogne – Charente – Seudre - Leyre) une Zone d'Action Prioritaire. **Aucun ouvrage situé sur l'Ariège n'est inscrit dans cette ZAP.** (Le dernier ouvrage concerné en aval est le barrage du Ramier à Toulouse).

Rappelons que pour les zones d'actions prioritaires qui ne seraient pas actuellement couvertes par des classements « anguilles » au titre de l'article L432.6, les préfets coordonnateurs de bassin doivent procéder à leur classement avant le 31 décembre 2010.

### **2.2.2. ESPECES PISCICOLES NATURA 2000**

Les espèces listées dans la directive et présentes sur le site FR 7301822 sont pour les poissons : le Barbeau méridional, la Bouvière, le Chabot, la Grande Alose, la Lamproie de Planer, la Lamproie marine, le Saumon atlantique, l'Ombre commun et le Toxostome.

### **2.2.3. ESPECES PISCICOLES PRISES EN COMPTE DANS L'ETUDE ET RAPPELS DES PRINCIPALES PERIODES DE MIGRATION**

Au vu de l'importance de l'axe Ariège dans le cadre du programme de restauration des grands salmonidés migrateurs sur l'axe Garonne, l'enjeu de la restauration de la libre circulation est particulièrement fort sur l'axe pour le saumon atlantique et la truite de mer.

La présence de l'anguille sur l'Ariège et l'état des peuplements font qu'il est également important de prendre en compte cette espèce. La libre circulation des individus est un élément sur lequel on peut agir et qu'il est essentiel de prendre en compte, plus particulièrement au niveau des ouvrages hydroélectriques qui occasionnent à la fois des problèmes à la montaison (franchissabilité réduite au niveau du seuil/barrage pouvant limiter son aire de répartition) mais surtout des dommages à la dévalaison (mortalités dans les turbines très importantes des anguilles argentées dévalant, dues à leur taille importante).

**Ainsi le diagnostic portera essentiellement sur les migrateurs amphibiotiques déjà présents sur l'axe, à savoir : les grands salmonidés (saumon atlantique et truite de mer) et l'anguille.** On gardera toujours à l'esprit que sur la partie ariégeoise de l'axe, la truite fario est également présente et que les aménagements devront impérativement assurer le franchissement de cette espèce holobiotique migratrice.

L'alose et la lamproie marine seront également prises en compte de manière plus sommaire.

Rappelons que le Saumon Atlantique, la Truite de mer et la Truite fario sont actuellement les espèces migratrices à prendre en compte, dans le cadre du classement L.432-6 sur la rivière Ariège à l'aval du barrage de Labarre.

## ■ Les grands salmonidés : saumon atlantique et truite de mer



Truite de mer (Photo : JL Fagard\_ONEMA Eu)



Saumon atlantique (Photo : MIGADO)

### ➤ **montaison :**

Après un séjour de 1 à 4 ans, le saumon atlantique adulte dont la taille varie de 45 cm à plus du mètre suivant sa durée en mer, retourne en eau douce pour se reproduire. Sa reproduction a lieu de novembre à janvier dans le cours d'eau où le juvénile (smolt) est parti et qu'il retrouve grâce à sa mémoire olfactive (phénomène de homing).

Sa migration de montaison a lieu un peu toute l'année. Les plus gros saumons correspondant à plusieurs hivers passés en mer, remontent généralement en fin d'hiver et au printemps tandis que les plus petits (castillons) remontent plutôt à la fin du printemps et en été.

Le phénomène est similaire pour la truite de mer. Les adultes après un séjour en mer de 3 mois à 3 ans, remontent les cours d'eau pour s'y reproduire de novembre à janvier. Le début de la période de migration est un peu plus tardif que pour le saumon et commence généralement au début du printemps avec un maximum en début d'été.

### ➤ **Dévalaison :**

Le saumon et la truite de mer dévalent au stade juvénile (smolt) pour rejoindre les zones de grossissement en mer. Mais la dévalaison d'adultes (ravalés ou kelts) après la reproduction (et ayant survécus à la fraie) n'est pas négligeable.

La dévalaison des juvéniles de salmonidés (smolts) se déroule essentiellement au printemps (de mars à juin) et est notamment contrôlée par la durée du jour, les augmentations de débit et de température de l'eau. La majorité des juvéniles smoltifie à 1 an pour des tailles entre 12 et 17cm et le reste à 2 voire 3 ans pour des tailles entre 15 et 23 cm.

A noter que contrairement au saumon, une partie des juvéniles issue de la reproduction des truites de mer restent en eaux douces et ne dévaleront jamais en mer. A contrario, des juvéniles de truite commune peuvent se smoltifier et dévaler en mer. La dévalaison a lieu principalement de nuit.

## ■ L'anguille



Photo : ONEMA

L'anguille européenne est restée pendant plusieurs décennies dans l'ombre des grands migrateurs et ce malgré sa forte valeur halieutique.

### ➤ **Montaison :**

Dans notre cas, la migration de montaison peut concerner environ tous les stades : de la civelle (7-8cm) à l'anguillette jusqu'à 40 cm environ.

La migration de montaison a lieu principalement lorsque la température de l'eau se réchauffe, à savoir du printemps à l'automne.

Mais suivant les années, des migrations massives de civelles en migration nagée peuvent avoir lieu dès l'hiver.

### ➤ **Dévalaison :**

D'après DURIF (2003), la taille des anguilles argentées peut varier de 25 cm à 50 cm environ pour les mâles et de 35 cm à 130 cm environ pour les femelles.

La période principale d'avalaison de l'anguille européenne a lieu du mois d'octobre au mois de janvier. Cependant, des suivis réalisés en dehors de cette période montrent que des pics de dévalaison peuvent se produire dès l'été sur des coups d'eau et se poursuivre jusqu'au printemps.

La dévalaison a lieu principalement de nuit.

## ■ La truite fario :

### ➤ **Montaison :**

C'est essentiellement à l'approche de la période de reproduction (qui se déroule généralement de novembre à janvier) que la truite se déplace en montaison pour trouver des zones favorables à la ponte. Toutefois, il apparaît également que des mouvements notables de poissons peuvent également se produire dès la fin de l'été suite à des variations de débits (orage notamment).

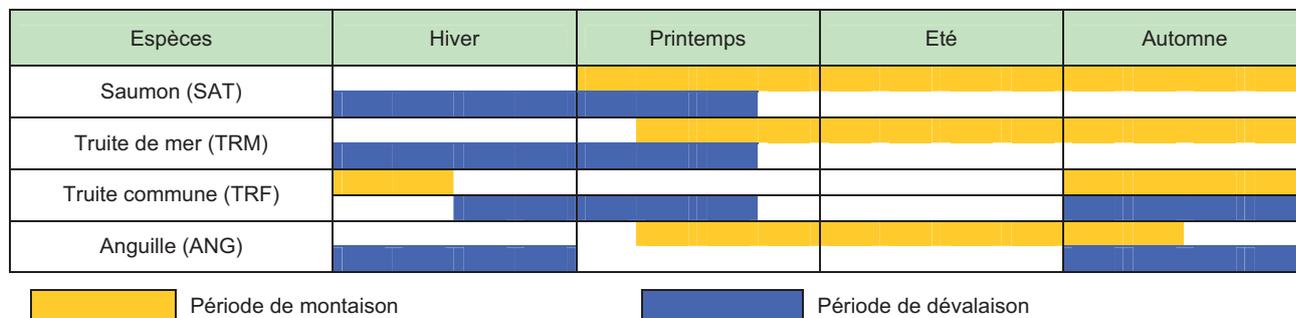
Le reste de l'année, des déplacements de poissons peuvent se produire mais ils restent moins significatifs et s'effectuent généralement sur des distances assez faibles.

### ➤ **Dévalaison :**

Tout au long de l'année, il peut également se produire des mouvements à la dévalaison plus ou moins intenses.

La **dévalaison** est généralement très faible en été et **maximale en fin d'hiver et au printemps** (février à mai), notamment pour les alevins d'âge 1+ (Euzenat et Fournel, 1976).

Une dévalaison de poissons peut également se produire en automne et concerne essentiellement des poissons d'âge 2+. Les géniteurs, quant à eux, dévalent plutôt en hiver après la reproduction.



### Principale période de migration des espèces migratrices sur l'axe

## 2.3. HYDROLOGIE AU DROIT DES SITES

L'hydrologie caractéristique au droit de chaque ouvrage a été estimée à partir de la formule classique de Myer qui prend en compte les surfaces de bassin-versant.

La formule s'établit de la manière suivante :  $Q1 = Q2 \times \left(\frac{S1}{S2}\right)^\alpha$

avec

Q1 = débit au point 1
S1 = surface du bassin-versant au point 1
Q2 = débit au point 2
S2 = surface du bassin-versant au point 2
$\alpha$ = coefficient de corrélation

Les chroniques hydrologiques disponibles aux stations de Foix et Auterive permettent une estimation de la valeur de ce coefficient de corrélation et d'établir l'hydrologie pour chaque site étudié.

La répartition des débits au niveau de chaque ouvrage (usine, barrage, dispositifs de franchissement, etc.) peut ensuite être apprécié en fonction de l'hydrologie de l'Ariège. Les études antérieures lorsqu'elle sont disponibles, viennent compléter ces données.

A noter que l'appréciation des débits caractéristiques restent assez rustique. Les valeurs fournies sont des ordres de grandeur largement suffisants dans le cadre de cette étude dont le but n'est pas de réaliser une étude hydrologique poussée.

## 2.4. REPARTITION DES DEBITS ET VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DES SITES

### ■ Rappel des modifications apportées par la LEMA (Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques) vis à vis des débits réservés.

**La LEMA du 30/12/2006 modifie les dispositions relatives au débit réservé fixées par la loi pêche.** En particulier, son article 6 ajoute la notion nouvelle de régime réservé :

« Art. L. 214-18. – I. – Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.

« **Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel**, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage si celui-ci est inférieur. Pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 m<sup>3</sup>/s, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de consommation et dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat pris après avis du Conseil supérieur de l'énergie, ce débit minimal ne doit pas être inférieur au vingtième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage évalué dans les mêmes conditions ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Toutefois, pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit

minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut-être fixé à une valeur inférieure.

« II. – Les actes d'autorisation ou de concession peuvent fixer des valeurs de débit minimal différentes selon les périodes de l'année, sous réserve que la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I. En outre, le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités. Lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, l'autorité administrative peut fixer, pour cette période d'étiage, des débits minimaux temporaires inférieurs au débits minimaux prévus au I. ».

« III. – **Pour les ouvrages existant à la date de promulgation de la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, les obligations qu'elle institue sont substituées, dès le renouvellement de leur concession ou autorisation et au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2014, aux obligations qui leur étaient précédemment faites.** ».

Ainsi, au plus tard, le 01 janvier 2014, **le débit réservé au droit des ouvrages devra être égal au minimum au dixième du Module.**  
**Cet aspect est important dans le diagnostic, de manière à prendre en compte cette éventuelle modification de la répartition des débits au droit d'un site en fonction de l'hydrologie de l'Ariège.**

#### ■ Répartition des débits et variations des niveaux d'eau au droit des sites

Des analyses effectuées au niveau de stations de contrôle ont montré que la grande majorité des franchissements de poissons au niveau d'obstacle se produit pour des débits inférieurs à deux fois le débit moyen interannuel (Chanseau *et al*, 2000).

Les lois Niveaux d'eau – débit au droit de chaque site pour une gamme correspondant à la période de migration du poisson (de l'étiage à 2 fois le module) seront établies sur la base :

- des mesures effectuées par Ecogea lors des visites des sites,
- des données fournies par les gestionnaires des ouvrages (plans et levés topographiques, études antérieures, etc.).
- des formulations classiques d'hydraulique générale

## 2.5. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE DES OUVRAGES

L'ensemble des 11 seuils/barrages présents sur l'Ariège dans sa partie classée au L432.6 du Code de l'Environnement et situé en aval de Labarre, comporte des dispositifs visant à améliorer le franchissement des poissons à la montaison.

En ce qui concerne la dévalaison, 9 des 12 centrales hydroélectriques présentes sur ce secteur sont équipées d'exutoires de dévalaison. Seule l'usine hydroélectrique du Vieux moulin de St Jean de Verges et les deux usines de la Régie municipale de Saverdun (rive droite et rive gauche) ne sont pas équipées d'exutoires de dévalaison.

Un diagnostic des dispositifs de franchissement piscicole existants a été réalisé de manière à évaluer la franchissabilité des obstacles par le poisson à la montaison mais également à la dévalaison.

En complément, les deux aménagements de Labarre et Ferrières non équipées de dispositifs, ont été diagnostiqués en complément des ouvrages présents à l'aval de Labarre.

Le diagnostic de la franchissabilité des sites à la montaison s'est basée sur les points suivants :

- des mesures effectuées par Ecogea lors des reconnaissances de terrain (mesures effectuées à l'aide d'un tachéomètre),
- des données fournies par les gestionnaires des ouvrages (plans et levés topographiques, études antérieures, etc.).
- des formulations classiques d'hydraulique générale
- des simulations des conditions hydrauliques dans les ouvrages pour différentes conditions hydrologiques. Ces simulations ont été réalisées à l'aide notamment du logiciel Cassiopée mis au point par le Conseil Supérieur de la Pêche (actuellement Onema).
- de la connaissance du comportement migratoire et des capacités de franchissement des différentes espèces migratrices.

### **2.5.1. ÉTUDE DE LA FRANCHISSABILITE A LA MONTAISON**

Au droit de chaque site, le diagnostic a consisté à regarder :

- **L'attractivité des ouvrages a été analysée au regard notamment :**
  - Du débit dans les dispositifs par rapport au débit du cours d'eau et du débit prélevé en période de migration,
  - De la position des entrées piscicoles par rapport au barrage,
  - Des caractéristiques des écoulements à proximité des entrées piscicoles (zone de recirculation...),
  - Des éventuelles barrières physiques ou comportementales présentes (espacement entre barreaux du plan de grille, vannages...),
- **Le dimensionnement des dispositifs a été analysé également en fonction notamment :**
  - Des capacités de franchissement des espèces cibles (saut, nage ou reptation),
  - Des caractéristiques physiques des ouvrages (chutes entre bassins, dimensions des bassins, largeur des échancrures...),
  - Des conditions hydrauliques dans les ouvrages (tirant d'eau, vitesse d'écoulement, puissance dissipée...),
  - Du niveau de protection par rapport aux crues et aux risques de colmatage par les déchets flottants,
  - De l'accessibilité pour l'entretien.
- **La fonctionnalité des ouvrages qui est en fait l'état physique de l'ouvrage.**

A noter qu'aucun dispositif de franchissement présent sur l'Ariège n'a fait l'objet d'étude destiné à estimer son efficacité (étude radiopistage ; marquage-recapture...).

Les dispositifs de franchissement de Saverdun et de Pébernat sont équipées de stations de contrôle (vitre de visualisation). Les stations suivies il y a quelques années permettent de quantifier et qualifier les espèces piscicoles ayant empruntés les ouvrages sans pour autant

pouvoir juger de l'attractivité des ouvrages (Dartiguelongue et Langon, 1998 ; Dartiguelongue, 1999 et 2000).

En complément lors des études de radiopistage menée par le CEMAGREF/GHAAPPE (Croze *et al.*, 2004 ; Bau *et al.* 2005, 2006 et 2007) lors des suivis par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique en amont de Golfech de 2002 à 2005, certains poissons ont empruntés l'Axe Ariège après avoir traversé l'agglomération toulousaine. Les résultats de ces études de radiopistage ont été pris en compte dans la présente étude.

## **2.5.2. ETUDE DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON**

Les poissons sont susceptibles lors de leur transit à travers les turbines de subir des dommages d'origines diverses (chocs contre les parties fixes ou mobiles des turbines, fortes variations de pression, cisaillements...). L'anguille dévalant au stade adulte avec une taille importante est donc très vulnérable lors de son passage au travers les aménagements hydroélectriques.

Au niveau d'un aménagement hydroélectrique, en fonction des débits respectifs transitant par les ouvrages évacuateurs et dans le canal d'amenée, de la configuration du barrage et de l'ouvrage de prise, une partie des poissons dévalant transite par les ouvrages évacuateurs (déversoir, vanne...) et une autre est entraînée jusqu'à la centrale.

Suivant l'existence ou non d'un dispositif spécifique de dévalaison et des caractéristiques des grilles de la prise d'eau de la centrale, un certain pourcentage de poissons transite par les turbines de la centrale avec un pourcentage de mortalité plus ou moins important suivant les caractéristiques des turbines. Les individus ayant survécu rejoignent alors ceux qui ont transité (le plus souvent sans dommage) par les ouvrages évacuateurs au barrage ou par le dispositif de dévalaison et continuent leur migration vers l'aval.

La survie des poissons au niveau d'un aménagement est donc liée à la répartition des passages des poissons entre les ouvrages évacuateurs et la prise d'eau, à la perméabilité des grilles de prise d'eau et aux dommages potentiels lors du transit par les turbines.

Pour apprécier la mortalité générale au droit d'un site sur la dévalaison, cela suppose donc la connaissance :

- de la répartition des passages des poissons au niveau de chaque prise d'eau, en fonction des débits en période de migration, du débit d'équipement et de la configuration de l'aménagement (barrage, prise d'eau, centrale, dispositif de dévalaison),
- de la perméabilité des grilles avant tout liée à leur espacement et de l'efficacité des exutoires de dévalaison lorsqu'ils existent et qu'ils sont ouverts,
- des dommages potentiels en fonction du type et des caractéristiques des turbines équipant chaque aménagement.

**Ainsi comme pour le diagnostic à la montaison, ce volet portera sur les migrateurs amphibiotiques déjà présents sur l'axe, à savoir : les grands salmonidés (saumon atlantique et truite de mer) et l'anguille.**

Pour les smolts de salmonidés, une étude a été réalisée par Bosc et Larinier (2000), visant à définir une stratégie de réouverture de la Garonne et de l'Ariège à la dévalaison des salmonidés grands migrateurs. L'appréciation des dommages des sites à la dévalaison des smolts sera tirée de cette étude sous réserve que les caractéristiques des sites n'aient pas changé. En cas de modification, une actualisation sera effectuée selon la même méthodologie qu'en 2000.

Pour l'anguille, la méthodologie utilisée sera similaire à celle utilisée dans l'étude menée pour la DDTM des Pyrénées atlantiques visant à simuler les mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison des anguilles sur les bassins du gave de Pau (Voegtli et Larinier, 2008) et sur celui de la Nive (Ecogea, 2010)

### **2.5.2.1. Estimation de l'efficacité des exutoires de dévalaison pour les juvéniles de saumon atlantique**

La quasi-totalité (75 %) des centrales hydroélectriques présentes sur la partie classée au L432.6 du code de l'Environnement est équipée d'exutoires de dévalaison. Sur les 12 centrales présentes, seule la centrale du Vieux moulin de St Jean de Verges et les deux centrales de la Régie Municipale de Saverdun ne sont pas équipées.

Les efficacités des exutoires à la dévalaison ont été estimées par expertise, par référence à d'autres ouvrages testés lors d'opérations de radiopistage ou de marquage – recapture. L'efficacité sera appréciée en fonction des caractéristiques dimensionnelles des ouvrages mentionnées sur les plans collectés et/ou mesurées lors des visites des sites, de l'implantation des ouvrages par rapport plans de grilles, des débits des dispositifs par rapport aux débits d'équipement, des caractéristiques des plans de grille (espacement entre barreaux, inclinaison, vitesses d'approche, etc.).

Pour les ouvrages d'ONDULIA, anciennement SHEMA, (Guilhot, Las Mijeannes, Las Rives et Crampagna) et celui de la centrale EDF de Pébernat, les efficacités des exutoires de surface ont été testées lors d'études expérimentales spécifiques en 2000 et 2001 pour les usines d'ONDULIA (Croze *et al.*, 2000 ; Croze *et al.* 2001), et en 1995, 1996 et 1998 pour l'usine de Pébernat (Bessy et Andrieu, 1996 ; Segura et Lauters, 1996 ; Lauters et Segura, 1998). Pour ces centrales, on se basera essentiellement sur les conclusions de ces études pour estimer l'efficacité des exutoires.

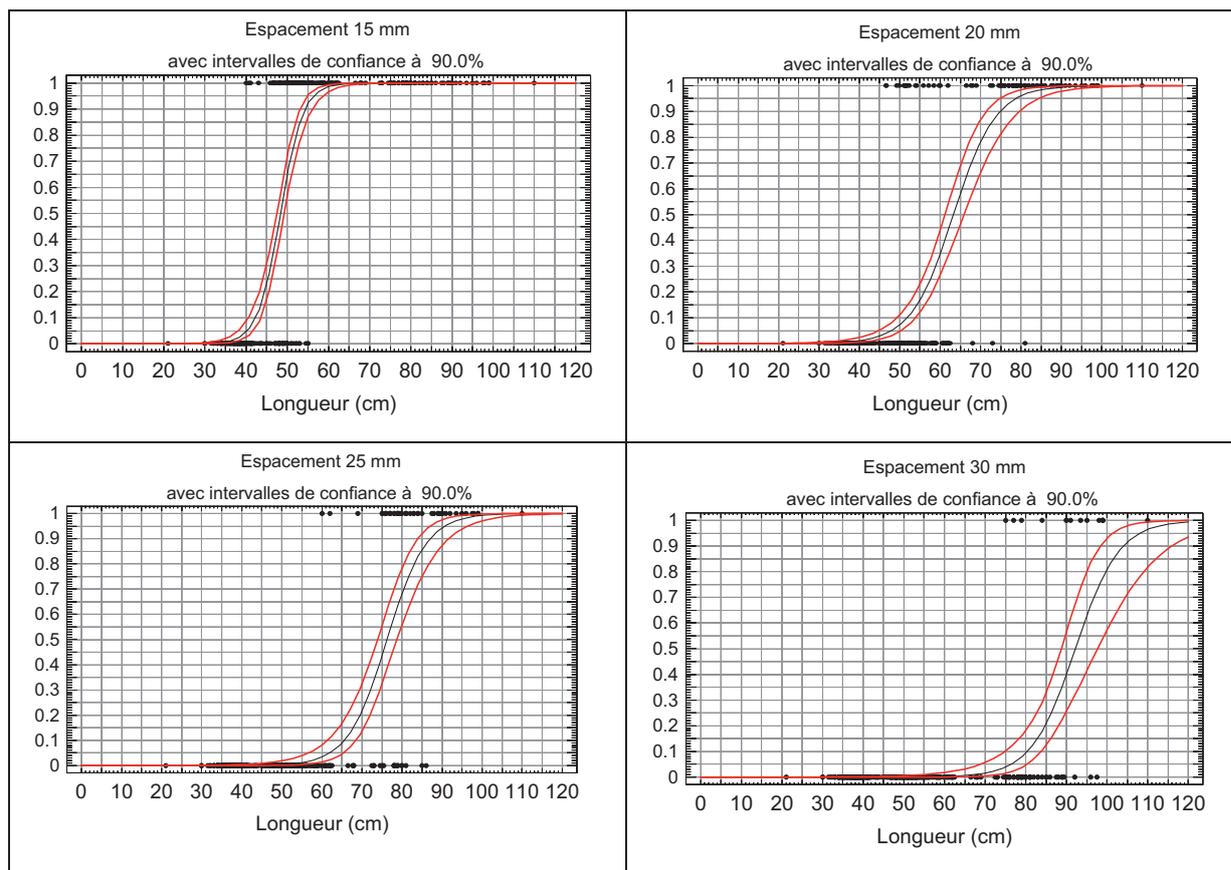
### **2.5.2.2. Notion de perméabilité des plans de grille à la dévalaison des anguilles**

Lors des études de radiopistage menée sur le gave de Pau de 2006 à 2008 (Travade *et al.*, 2010), des tests de franchissement de grilles de différentes tailles d'anguilles, ont été effectués afin de déterminer les capacités de franchissement des poissons en fonction des données biométriques des individus (longueur totale, hauteur et largeur de tête, hauteur et largeur maximales du corps).

De façon à déterminer la probabilité de passage des anguilles au travers de grilles à espacement compris entre 15 mm et 30 mm, les données de passage ont été analysées à l'aide de régressions logistiques. Travade *et al.* (2010) ont constaté que la largeur de tête « limite » (au-delà de laquelle les anguilles ne parviennent pas à franchir les grilles) est nettement supérieure à l'espacement des grilles. Cela provient du fait notamment que **les anguilles sont capables de « forcer le passage » en comprimant fortement leur tête par des mouvements de rotation.** La largeur de tête maximale des anguilles parvenant à franchir les grilles représente environ 1.5 fois l'espacement des grilles.

Le franchissement des grilles à barreaux de section circulaire en fonction de la longueur totale du corps est rapporté sur la figure ci-après.

Une différence d'environ 5 mm a été mise en évidence entre un plan de grille à barreaux de section circulaire ou rectangulaire du fait notamment d'une facilité à forcer le passage sur une grille à barreaux circulaires.



**Probabilité de passage d'anguilles au travers de grilles à barreaux de section circulaire espacés de 15, 20, 25 et 30 mm en fonction de la longueur totale du corps. 0 représente le franchissement et 1 le blocage (Source : Travade et al, 2010)**

On constate qu'une grille à barreaux circulaires (rectangulaires) à 30 (35) mm d'espacement bloque 50% des individus d'une longueur de 870 à 950 mm, 75% des individus de 930-1050 mm. Le blocage total a lieu pour des individus de 1100 à 1200 mm.

Une grille de 20 (25) mm, bloque 50% des individus d'une longueur de 600 à 650 mm, 75% des individus de 650-730 mm. Le blocage total a lieu pour des individus de 850 à 950 mm.

Ainsi globalement, on retiendra pour des anguilles d'une longueur de l'ordre de 70 cm, une perméabilité respective de 0%, 20%, 80%, 100% pour des plans de grille dont les barreaux sont espacés de <2 cm, 2.5cm, 3 cm et >3.5 cm.

### 2.5.2.3. Estimation des mortalités lors du passage au travers des installations hydroélectriques

Des expérimentations ont été menées dans divers pays (Etats Unis, Canada, Suède, Ecosse, Allemagne, France), principalement sur les juvéniles de salmonidés, mais aussi sur l'anguille, pour évaluer les dommages – en termes de % de mortalité et de type de blessures - résultant du transit dans les différents types de turbines. Les résultats obtenus sont assez concordants et permettent de tirer certaines conclusions générales sur les dommages potentiels subis par les poissons.

### ■ Cas des juvéniles de saumon atlantique (smolt) :

Des expressions donnant un ordre de grandeur des mortalités des poissons en fonction du type de turbine et de ses caractéristiques hydromécaniques (nombre de pales, vitesse de rotation, diamètre de la roue), de la hauteur de chute et de la taille du poisson ont été proposées, en particulier pour les juvéniles de salmonidés.

Ces expressions ont été utilisées notamment dans l'étude de définition d'une stratégie de réouverture de la Garonne et de l'Ariège à la dévalaison des salmonidés grands migrateurs réalisée par Bosc et Larinier (2000).

Dans le cadre de cette étude, **les taux de mortalités pour les juvéniles de saumon atlantique au droit de chaque turbine seront tirés de l'étude réalisée par Bosc et Larinier** après vérification que les caractéristiques hydromécaniques des installations n'aient pas évolué depuis 2000.

En cas de modifications constatées, ils seront actualisés selon la même méthodologie.

### ■ Cas des anguilles argentées :

**L'anguille dévalant au stade adulte avec une taille importante est très vulnérable lors de son passage au travers les aménagements hydroélectriques.** Les mortalités sur l'anguille sont 3 à 5 fois plus importantes que sur les juvéniles de salmonidés, principalement en raison de leur taille. Elles sont de l'ordre de 10% à 20% sur les turbines les moins dommageables (grosses turbines Kaplan installées sur les usines de basse chute) mais peuvent être beaucoup plus importantes sur les turbines de petit diamètre.

D'après Durif (2003), la taille des anguilles argentées peut varier de 25 cm à 50 cm environ pour les mâles et de 35 cm à 130 cm environ pour les femelles.

La taille des poissons est un facteur déterminant dans l'estimation des dommages subis par les poissons lors de leur transit à travers les turbines. Au vu de la localisation de l'Ariège sur le bassin de la Garonne, nous considérerons par la suite une population d'anguilles dévalantes d'environ 70 cm de longueur.

**Dans le cas de turbines Francis**, il n'existe pas de réelle formule prédictive adaptée aux divers type de turbines Francis rencontrées. Aussi, nous avons utilisé, faute de mieux et à défaut d'un nombre suffisant d'expérimentations effectuées sur ce type de turbines, l'expression proposée pour l'anguille par Larinier et Dartiguelongue (1989). Cette expression permet de donner un ordre de grandeur des mortalités à partir de la taille de l'anguille, du diamètre de la roue et de la hauteur de chute. Cette expression a d'ailleurs été utilisée par *Ecogea* (Voegtli, 2010) et Voegtli et Larinier (2008) dans les études de définition de stratégie de restauration de l'anguille sur les axes du gave de Pau et des Nives.

$$\text{Arcsin}(\sqrt{M}) = a + b.H^c.D^e.TL^f$$

où :

- M : Part de mortalité ( $0 < M < 1$ )
- TL : Longueur du poisson (m)
- D : Diamètre de la turbine (m)
- H : Chute nette (m)

Les valeurs des coefficients ne sont volontairement pas données. Elles sont issues du traitement de données accumulées et font l'objet d'une modification périodique en fonction de la prise en compte des expérimentations les plus récentes.

Dans le cas de turbines Kaplan, le nombre plus conséquents d'expérimentations a permis récemment à Gomes et Larinier (2008) d'établir trois expressions donnant le pourcentage de mortalité en fonction de la taille de l'anguille, du diamètre de la roue, du débit nominal et de la vitesse de rotation de la turbine.

$$M(\%) = 4,67.TL^{1.53}.D^{-0.48}.N^{0.6}$$

$$M(\%) = 6,59.TL^{1.63}.Q^{-0.24}.N^{0.63}$$

$$M(\%) = 12,42.TL^{1.36}.Q^{-0.22}.D^{-0.10}.N^{0.49}$$

où :

- M : Pourcentage de mortalité
- TL : Longueur du poisson (m)
- D : Diamètre de la turbine (m)
- Q : Débit nominal (m3/s)
- N : Vitesse de rotation de la turbine (trs/min)

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé environ la **moyenne des trois expressions.**

#### 2.5.2.4. Estimation de la mortalité générale au droit des aménagements

##### ■ Cas des juvéniles de saumon atlantique (smolt) :

**Les migrations saisonnières de dévalaison des juvéniles de saumon sont généralement liées à des conditions particulières de température et de débits.** Une température proche des 10°C semble déclencher le phénomène d'avalaison, 8- 12°C correspondant à un optimum d'après Euzenat (1992), ce qui implique sous nos latitudes, un maximum des migrations au printemps. Ces valeurs sont en accord avec les constats de Gosset et Travade (1999) sur la Nive.

Suivant les régimes des cours d'eau et la période et la quantité de fonte de neige (variable suivant les années), la migration peut être plus ou moins décalée et/ou étalée dans le temps.

Sur le bassin de la Garonne, les stations de piégeage de Pointis, de Camon et du Ramier ont permis de définir et de valider annuellement les périodes de dévalaison. D'après Bosc *et al.* (2007 et 2008), la période de passage privilégiée sur les stations de piégeage de Camon et Pointis se situent entre le 29 mars et le 15 mai, date à laquelle on obtient plus de 90% des effectifs globaux sur la période d'ouverture des pièges (13 mars au 1 juin). Plus de 80% des smolts de la Garonne amont migrent au mois d'avril (plus précisément entre le 04 avril et le 04 mai). **D'une manière générale, sur ce bassin de la Garonne, la dévalaison s'effectue entre la fin du mois de mars et la fin du mois de mai.**

Le tableau ci-dessous récapitule les débits classés sur l'Ariège au droit de chaque site étudié pour la période de mars à mai de 2000 à 2010.

SITES	Fréquence de Non dépassement														
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
GREPIAC	215	174	147	127	102	90.1	80.4	73.8	67.0	60.5	54.1	46.3	37.3	30.3	27.0
AUTERIVE	208	172	144	124	100	88.5	78.8	72.8	65.7	59.3	52.9	45.0	36.5	29.7	26.7
SAVERDUN	148	137	115	102	85.0	73.8	66.8	60.2	55.4	49.1	41.6	34.4	28.8	24.6	20.8
PEBERNAT	148	135	113	99.8	83.3	72.5	65.3	58.8	54.1	47.9	40.3	33.3	27.7	23.6	20.2
PAMIERS	148	135	112	99.4	83.0	72.3	65.0	58.6	53.9	47.7	40.1	33.1	27.6	23.5	20.1
GUIL/LAS MIJ	148	135	112	98.9	82.6	72.1	64.8	58.3	53.6	47.5	39.8	32.8	27.5	23.3	20.0
LAS RIV/CRAMPA	148	133	111	98.3	82.1	71.7	64.4	58.0	53.3	47.2	39.4	32.4	27.2	23.1	19.8
ST JEAN DE V.	147	133	111	98.2	81.8	71.5	64.3	57.8	53.1	47.1	39.3	32.3	27.1	23.1	19.7
LABARRE	147	133	111	97.6	81.2	71.2	64.1	57.7	53.0	46.9	39.1	32.1	26.9	22.9	19.6
GARRABET	129	119	94.1	79.4	65.5	58.2	52.1	46.9	41.1	34.7	28.9	22.1	18.0	14.7	12.6

Dans le cadre de cette étude, **les taux de mortalités pour les juvéniles de saumon atlantique au droit de chaque site seront tirés de l'étude réalisée par Bosc et Larinier** après vérification que les caractéristiques hydromécaniques des installations n'est pas évoluées depuis 2000 et que les installations de dévalaison n'est pas évoluées depuis. Si les caractéristiques générales des sites ont évoluées depuis 2000 (exutoires, débit turbiné en période de dévalaison, turbines...), une réactualisation sera effectuée selon la même méthodologie.

#### ■ Cas des anguilles argentées :

##### Période de dévalaison :

**La période principale d'avalaison de l'anguille européenne a lieu du mois d'octobre au mois de janvier.** Cependant, des suivis réalisés en dehors de cette période montrent que des pics de dévalaison peuvent se produire dès l'été sur des coups d'eau et se poursuivre jusqu'au printemps. Dans le cadre de cet exercice, nous avons choisi de prendre comme période de migration, la période comprise entre les mois d'Octobre à Janvier, mois calendaires durant lesquels sont enregistrés les pics de migration.

##### Hydrologie en période de dévalaison :

Caractériser le débit de dévalaison par un débit unique paraît difficile : un débit unique égal au 3<sup>ème</sup> quartile, semble trop faible par rapport aux observations effectuées lors des campagnes de radiopistage, puisqu'environ 60-75% des anguilles ont passé les ouvrages pour des débits supérieurs au 90<sup>ème</sup> centile de la période de migration considérée d'octobre à janvier. A l'inverse, un débit unique correspondant au 95<sup>ème</sup>, 97,5<sup>ème</sup> ou 99<sup>ème</sup> centile, paraît trop fort car il fait abstraction d'une part non négligeable d'individus pouvant transiter à des débits plus faibles.

Pour aller dans le sens de la sécurité et éviter notamment les risques de surestimation des mortalités, on propose de schématiser les passages aux usines de la manière suivante :

- 20% environ des passages se produit à un débit voisin du 3<sup>ème</sup> quartile des débits journaliers de la période,
- 20% environ des passages se produit à un débit voisin du 90<sup>ème</sup> centile des débits journaliers de la période,
- 20% environ des passages se produit à un débit voisin du 95<sup>ème</sup> centile des débits journaliers de la période,
- 20% environ des passages se produit à un débit voisin du 97,5<sup>ème</sup> centile des débits journaliers de la période,
- et 20% environ des passages se produit à un débit voisin du 99<sup>ème</sup> centile des débits journaliers de la période,

Le tableau ci-dessous récapitule les débits classés sur l'Ariège au droit de chaque site étudié pour chaque classe de débit cité ci-dessus sur la période d'octobre à janvier de 1999 à 2009.

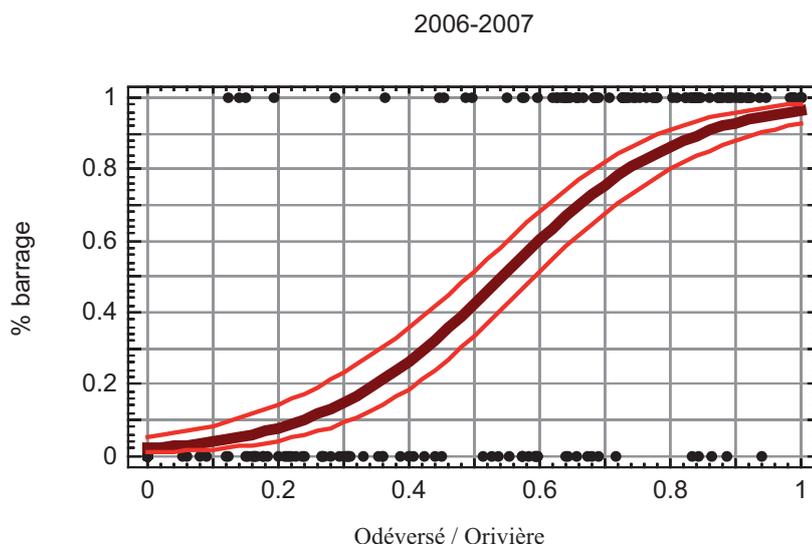
SITES	Fréquence de Non dépassement				
	0.99	0.975	0.95	0.90	0.75
GREPIAC	174	123	86.6	65.2	45.9
AUTERIVE	167	120	84.5	63.7	44.7
SAVERDUN	116	80.5	64.0	49.2	34.6
PEBERNAT	113	79.5	61.7	48.1	33.3
PAMIER	112	79.2	61.3	47.6	33.0
GUILHOT /LAS MIJANES	112	78.7	61.1	47.0	32.8
LAS RIVES / CRAMPAGNA	110	78.2	60.7	46.4	32.7
ST JEAN DE VERGES.	109	78.1	60.1	46.3	32.6
LABARRE	108	78.0	59.5	46.2	32.4
GARRABET	84.4	61.7	52.3	37.9	25.3

Comportement et échappement des anguilles au droit des aménagements :

Comme pour le smolt de saumon atlantique, les taux d'échappement des anguilles au droit de chaque ouvrage hydroélectrique sont avant-tout fonction de la répartition entre les poissons transitant par les ouvrages évacuateurs (déversoir, seuil, clapet, vanne, ...) et ceux entraînés dans la prise d'eau de la centrale.

Les études de radiopistage d'anguilles argentées effectuées sur le gave de Pau aux niveaux des sites hydroélectriques de Pardies, Biron, Sapso, Castetarbe, Baigts et Puyoo ont montré que le taux de poissons transitant par les barrages reste faible tant que le débit du gave ne devient pas très significativement supérieur au débit turbiné à la centrale. Ainsi, la proportion de poissons transitant par déversement au niveau des ouvrages évacuateurs n'est pas tout à fait linéaire en fonction du rapport débit déversé sur débit du cours d'eau.

Les régressions logistiques établies sur les données de 2006-2007 et 2007-2008, à un rapport Q<sub>dév</sub>/Q<sub>riv</sub> de 20%, les probabilités de passage par le barrage seraient de l'ordre de 10%. A un rapport Q<sub>dév</sub>/Q<sub>riv</sub> de 50%, les probabilités de passage par le barrage atteindraient environ 40%.



**Probabilités de passage par le barrage et intervalles de confiance à 95% à chacun des aménagements en fonction du rapport Q<sub>dév</sub>/Q<sub>riv</sub> (campagnes 2006-2007 et 2007-2008)**

En complément du débit, **le comportement des anguilles au niveau d'un aménagement et leur taux d'échappement s'avèrent également étroitement dépendant de la taille du poisson par rapport à l'espacement entre barreaux du plan de grille (notion de perméabilité vu précédemment).**

Les études de radiopistage menées sur le gave de Pau semblent montrer tout de même que le comportement des anguilles paraît influencé par les grilles même si celles-ci sont perméables.

Dans le cadre de l'étude, le pourcentage de poissons susceptibles de transiter par les ouvrages évacuateurs (barrage + exutoires) a été déterminé pour chacun des sites, par l'expression de la probabilité de passage (P) par les ouvrages évacuateurs, établie par régression logistique, à partir du passage de 250 poissons sur les 5 années de suivi par radiopistage sur le gave de Pau :

$$P = \exp(\varepsilon)/(1+\exp(\varepsilon))$$

avec :

- $\varepsilon = a+b*(Q_{dev}/Q_{riv}) +c*Lt/e$
- Les valeurs des coefficients (a, b et c) ne sont volontairement pas données. Elles sont issues du traitement de données accumulées et font l'objet d'une modification périodique en fonction de la prise en compte des expérimentations les plus récentes et en cours
- P : pourcentage d'anguille dévalant au barrage
- Qt : débit turbiné à la centrale
- Qdev : débit déversé au barrage
- Qriv : débit du cours d'eau à l'amont immédiat de l'aménagement
- Lt : longueur de l'anguille (70cm de taille moyenne dans notre cas)
- e : espacement entre barreaux

## 2.6. PROPOSITIONS VISANT A AMELIORER LE FRANCHISSEMENT

A partir des éléments du diagnostic réalisé sur chacun des sites et des différentes contraintes rencontrées (Hydraulique et géomorphologique, piscicoles, paysagères, usages, économiques, constructives, d'entretien), **des orientations d'améliorations sont proposées.**

Chaque proposition d'aménagement ou/et de gestion présentera les principes généraux de dimensionnement et les critères de conception retenus, à savoir notamment :

- Le calage sommaire de l'ouvrage et la description de son fonctionnement hydraulique,
- Une description des aménagements annexes,
- Une description de la gestion éventuellement modifiée à mettre en oeuvre,
- Le montant estimatif des travaux,
- Les éventuelles incidences des travaux et/ou des modifications de gestion sur le milieu, le fonctionnement hydraulique et les usages.

Le tableau ci-dessous regroupe de manière synthétique, d'une part les principales caractéristiques d'équipement et de fonctionnement de chaque site étudié et d'autre part, les

éléments issus de l'expertise et du diagnostic de la franchissabilité piscicole à la montaison et à la dévalaison.

DONNEES ADMINISTRATIVES			DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES AU BARRAGE				DONNEES A L'USINE					DONNEES LIBRE CIRCULATION					DEVALAISSON SMOLTS DE SALMONIDES				DEVALAISSON ANGLUILLES											
Nom	Commune	Propriétaire ou gérant	DV (ha)	Modele (m3/s)	QNMMS (m3/s)	RM (m3/s)	Hauteur de chute à réservé l'étiage (m)	Q de réserve (m3/s)	Longueur cont-circuite (m)	Q Fonctionnement (m3/s)	Q total à l'usine (m3/s)	Q Nombre total à l'usine (m3/s)	Type de turbine	Q (m3/s)	Hi chute nominale (m)	Vitesse rotation (tr/min)	Nombre pales ou sabes	Diamètre de la roue (m)	Espace entre barreau au plus de grille	Dispositif de montage	Type	Q à la RH (+0) (m3/s)	Dispositif de dévalaison	Type	Q à la RH (+0) (m3/s)	Q à la RH (+0) (m3/s)	Type	Ouvrere	Efficacité dispositifs dévalaison existants	Mortalité turbaie	Mortalité globale escabe	Mortalité globale anémage	Mortalité globale anémage	Mortalité globale anémage	
Centrale de Grépiac	Grépiac	SNC Ariège Production	3325	60.6	11.1	163.00	4.00	0	0	sur fil de l'eau	56	2	1 Francis	14	3	72	3.1	10 cm (Koplan)	OUI (RD)	pesse 3 basaine	0.5 (+0.5)	NON	NON	NON	0.5 (+0.5)	NON	pesse 3 basaine	10%	4%	10%	100%	15%	23%	142	
Usine de la Moelle de l'Anvergne	Anvergne	SA Rate Clansagnard	5320	53.0	16.8	161.62	4.00	12.0	850	sur fil de l'eau	20	2	1 Francis	8	3	107	0.85	3 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	0.5 (+4.0)	OUI (central)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	pesse 3 basaine	50%	13%	33%	80%	33%	47%	42
Usine Rive Gauche Sverdan	Sverdan	Régie Municipale d'Electricité de Sverdan	3320	53.0	16.8	163.30	2.00	12.0	2000	sur fil de l'eau	30	1	1 Koplan	30	5.5	166.6	4	2.5	5 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	15 (+4.5)	OUI (RD)	0.5	0.5	0.5	0.5	pesse 3 basaine	15%	5.80%	5.80%	100%	30%	30%	112
Usine de Molinière grande	Sverdan	Société Hydroélectrique de Molinière	1760	44.2	14.0	222.20	4.00	6.0	0	sur fil de l'eau	7.6	2	1 Francis	3.8	3.4	100	12	1.8	3.5 cm	NON	NON	-	NON	-	-	-	NON	8%	8%	8%	100%	22%	22%	-	
Usine Rive Droite Sverdan	Sverdan	Municipal d'Electricité de Sverdan	1760	44.2	14.0	222.20	4.00	6.0	0	sur fil de l'eau	7	2	1 Francis	4.13	2.8	214	4	1.5	3.5 cm	NON	NON	-	NON	-	-	-	NON	50%	-	-	100%	-	30%	162	
Centrale EDF Palenot	Bonnac	EDF Groupement usine de Ferrézac	1630	42.5	13.1	264.75	2.00	1.2	6400	sur fil de l'eau	50	2	1 Koplan	20	3.4	100	4	2.5	4.5 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	0.5 (+0.7)	NON	-	-	-	pesse 3 basaine	10%	5%	5%	100%	10%	3150%	3150%	402
Digue de F. Balon	Pamiers	Communes de Pamiers	1610	42.5	13.1	265.19	2.20	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OUI (RD)	pesse 3 basaine	0.8 (+1.6)	NON	-	-	-	pesse 3 basaine	-	-	-	-	-	-	-	-
Seuil papeterie	Seuil du moulin	Pamiers	-	-	-	1.00	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Seuil LIDL	Seuil de la commune de Pamiers	Communes de Pamiers	-	-	-	0.80	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Coarzier des Forges	Forges	Communes de Forges	-	-	-	0.25	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Seuil parcours de réserve	Elégnac	SHEMA	1555	42.2	13.6	310.37	2.15	4.8	1800	sur fil de l'eau	27	3	1 Francis	9	3.5	250	5	1.25	3.2 x 3.5 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	1.2 (+3.6)	OUI (RD)	0.7	1.8	0.7	pesse 3 basaine	75%	20%	20%	100%	45%	45%	132	
Centrale Las Milhans	River de Pellegport	SHEMA	1555	42.2	13.6	316.06	0.70	4.8	1400	sur fil de l'eau	40	4	1 Koplan ESAC	10	5	240	4	1.54	3 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	1.3 (+3.4)	OUI (RD)	0.7	0.7	0.7	pesse 3 basaine	32%	9%	9%	80%	63%	63%	192	
Centrale de Les Rives	Virelles	SHEMA	1555	41.8	13.6	333.37	0.95	4.6	600	sur fil de l'eau	40	3	1 Francis	13.3	6	144	18	1.54	3 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	0.5 (+4.1)	OUI (RD)	1.4	1.4	1.4	pesse 3 basaine	50%	13%	13%	80%	33%	33%	102	
Centrale de Champagnac	Champagnac	SHEMA	1555	41.8	13.6	341.70	2.40	4.6	600	sur fil de l'eau	24	2	1 Koplan	16	6	214	4	1.35	3 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	0.5 (+4.1)	OUI (RD)	1.2	1.2	1.2	pesse 3 basaine	66%	8%	8%	80%	75%	60%	92	
Centrale de Vieux Meulan	St-Jean de Vieux Meulan	St-Jean de Vieux Meulan	1540	41.6	13.5	343.40	2.00	1.0	500	sur fil de l'eau	15	1	1 Koplan	15	4	165	4	1.8	6 cm	OUI (RD)	pesse 3 basaine	1.2	NON	-	-	-	pesse 3 basaine	-	7%	7%	100%	47%	47%	152	
Centrale EDF de Labarre	Venejeu	EDF Groupement usines de Ferrézac	1520	41.4	13.5	365.00	12.00	8.0	0	sur fil de l'eau	50	1	1 Koplan	55	11.4	200	6	2.845	3 cm	NON	NON	-	NON	-	-	-	NON	-	-	-	80%	42%	42%	192	
Centrale de Ferrézac	Ferrézac	Communes de Ferrézac	-	-	-	8.0	-	8.0	-	Ecluse	70	2	1 Francis	20	6.8	428	12	1.58	5 cm	NON	NON	-	NON	-	-	-	NON	-	-	-	100%	81%	81%	582	
Centrale de Garabet	Garabet	Communes de Garabet	695	28.9	10.7	450.00	32.00	3	5500	écluse	2	1	3 Francis	32	750	9	0.62	5 cm (RD) x 3 cm (RD)	NON	NON	-	NON	-	-	-	NON	-	-	-	-	100%	81%	81%	582	

## **B. DIAGNOSTIC DES** **DIFFERENTS OUVRAGES**

**B.1 DIAGNOSTIC DES**  
**OUVRAGES A L'AVANT DE**  
**LABARRE**

**GREPIAC**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

Le barrage de Grépiac constitue le premier ouvrage rencontré sur l'Ariège depuis la confluence avec la Garonne. Les installations hydroélectriques (seuil et usine) sont situées sur la commune de Grépiac au lieu-dit le Moulin.

L'exploitation hydroélectrique est régie par arrêté préfectoral datant du 14 novembre 1986 autorisant la *S.N.C. hydroélectrique de Grépiac* à construire et exploiter une centrale hydroélectrique sur le cours de l'Ariège pour une durée de 40 ans.

Par arrêté du 20 juillet 1994, le transfert de l'autorisation a été délivré à la *S.N.C. Ariège Production* selon les mêmes conditions de droits

Un projet de demande d'autorisation d'augmentation de puissance à l'usine (projet d'installation d'une troisième turbine) est en discussion depuis 2005.

La retenue est en réalité formée par la présence de trois clapets métalliques manœuvrés par des vérins. Différents organes hydrauliques sont ainsi présents sur le site.

On recense successivement depuis la rive gauche :

- Une passe mixte poissons/canoës-kayaks
- Une vanne décharge
- 3 clapets constituant la retenue à proprement parlé
- l'usine hydroélectrique
- une passe à poissons de montaison

### 1.1. LE BARRAGE ET SES EQUIPEMENTS EN RIVE GAUCHE

#### ➤ Le barrage

##### ■ Les clapets

Le barrage de Grépiac est formé par 3 clapets manœuvrés par des vérins hydrauliques. Ces clapets sont asservis au niveau amont de sorte que la cote de la retenue soit maintenue à la **RN soit 169.00 m NGF**. Chaque clapet présente une longueur de 17 m. Le jour de notre visite la cote haute des clapets était calée à 169.15 m NGF environ.

Avec la montée des eaux les clapets s'abaissent progressivement pour maintenir la retenue à la RN (169.00 m NGF). Chaque clapet est manœuvrable de manière indépendante et la priorité d'abaissement est donné au clapet rive gauche, puis au clapet central et enfin au clapet rive droite.

En cas de crue, l'ensemble des clapets peut être complètement abaissé.



Vue des clapets depuis la rive gauche



Vue du barrage depuis l'aval en rive droite

### ■ La vanne de décharge

En rive gauche entre le clapet et la passe mixte, est installée une vanne de décharge permettant de laisser transiter les écoulements. Cette vanne de 4 m de large repose sur un radier béton calé à la cote de 166.00 m NGF.

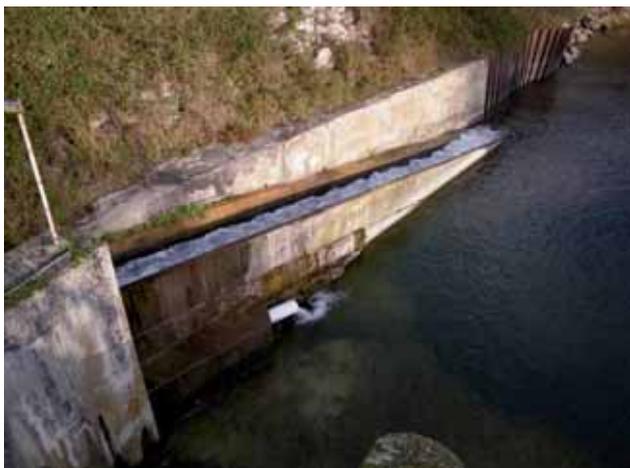


Vue de la vanne de décharge depuis la rive droite

### ➤ La passe mixte en rive gauche

Le barrage de Grépiac est équipé en rive gauche d'une passe mixte aménagée dans le but de permettre le franchissement de l'obstacle par les poissons à la montaison et par les canoës-kayaks vers l'aval.

Il s'agit d'un canal de 1.40 m de large longeant la rive gauche sur 25.4 m de longueur. Ce canal est constitué d'une seule volée de ralentisseurs de fond constitués par des chevrons bois. La pente du canal est de l'ordre de 16%.



Vue de la passe mixte depuis la passerelle surplombant les clapets



Vue de la passe mixte depuis l'aval en rive gauche

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE ET LA PASSE A POISSONS EN RIVE DROITE

### ➤ L'usine hydroélectrique

La centrale de Grépiac est équipée de deux groupes (1 Kaplan en rive droite et 1 Francis en rive gauche). Le débit maximum turbiné à l'usine (autorisé par arrêté du 14/11/1986) est de 56 m<sup>3</sup>/s sous 4 m de chute brute (Puissance maximale brute autorisée = 2 200 kW).

Les eaux turbinées sont restituées à la rivière une quinzaine de mètres en aval du pied des clapets du barrage. Un rideau de palplanches battues en rive gauche des bâtiments forme un pseudo-canal de fuite en sortie des groupes.

Au niveau de la turbine Francis, une ouverture pratiquée dans le mur rive gauche de la chambre d'eau sert d'exutoire de surface pour les poissons. Ils sont ensuite repris par un canalet bétonné adjacent à l'usine et déversés en aval.

Au niveau de la turbine Kaplan, la dévalaison s'effectue par le canal de défeuillage. (voir détails au 3.2).

Le débit de ces équipements à la RN a été évalué à partir des mesures sur le terrain. Il est de l'ordre de 135 l/s pour la Francis et 250 l/s pour la Kaplan à la RN soit 385 l/s au total.



Vue de l'usine depuis l'amont



Vue de l'usine depuis l'aval

Les caractéristiques des turbines tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000), sont les suivantes.

#### ■ Turbine KAPLAN

- Débit maximum turbiné : 42 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 3.5 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 3.3 m
- Vitesse de rotation : 98 trs/min

#### ■ Turbine FRANCIS

- Débit maximum turbiné : 16 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 3.0 m
- Nombre de pales ou d'aubes : NC
- Diamètre de la roue : 3.3 m
- Vitesse de rotation : 72 trs/min

Les deux turbines présentent chacune leur propre plan de grille :

#### ■ Plan de grille de la turbine KAPLAN

Concernant le groupe Kaplan situé le plus en rive droite, la prise d'eau s'effectue directement dans la retenue. La prise d'eau de la turbine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 6.50 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 75° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 10 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille.



Vue du plan de grille et du dégrilleur



Vue du plan de grille

## ■ Plan de grille de la turbine FRANCIS

La prise d'eau de la turbine Francis s'effectue légèrement en retrait. Une vanne de tête située à hauteur du plan de grille de la Kaplan, permet en effet de mettre hors d'eau une chambre d'eau (pseudo canal d'amenée) d'environ 8 m de long.

Le plan de grille qui protège la turbine présente les caractéristiques suivantes :

- Largeur du plan de grille : 5.00 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 60° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : entre 5 et 5.5 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur est également présent pour nettoyer le plan de grille.

A noter que le jour de notre visite, la turbine Francis était à l'arrêt et la chambre d'eau avait été batardée par fermeture de la vanne de tête.



Vue du plan de grille au droit de la Francis



Vue de la vanne de tête

### ➤ **La passe à poissons et le débit d'attrait**

Le site de Grépiac est équipé d'une passe à poissons de montaison située en berge en rive droite des bâtiments de l'usine.

Ce dispositif se compose d'une succession de 12 bassins et d'un bassin amont de tranquillisation séparés entre eux par des cloisons maçonnées. Une partie de l'ouvrage (partie centrale) est « enterrée » sous le chemin d'accès aux bâtiments de l'usine.

Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 500 l/s à la cote de retenue normale (169.00 m NGF). Ce débit est complété par l'injection d'un débit d'attrait théorique équivalent (500 l/s) dans le bassin aval. Le débit total en sortie de passe est donc théoriquement de 1 m<sup>3</sup>/s.

La prise de débit d'attrait s'effectue dans la retenue à l'amont immédiat du plan de grille de la turbine rive droite. Le débit est ensuite véhiculé via une conduite Ø450 mm jusqu'à un bassin dissipateur d'énergie séparé du bassin aval de la passe à bassins par une grille filtrante à faible espacement.

*NOTA : A signaler que lors de notre visite sur site en décembre 2010, le débit d'attrait était inopérant, la prise d'eau étant complètement colmatée. Seul le débit spécifique propre à la passe circulait dans l'ouvrage (voir photos).*



Vue de la prise d'eau de la passe et de la première cloison



Vue de la passe à bassins dans sa partie amont



Vue du point d'injection du débit d'attrait dans le bassin dissipateur (pas de débit le jour de notre visite)



Vue du bassin dissipateur et de la grille filtrante (pas de débit d'attrait le jour de notre visite)

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Grépiac (Bassin versant égal à 3 525 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

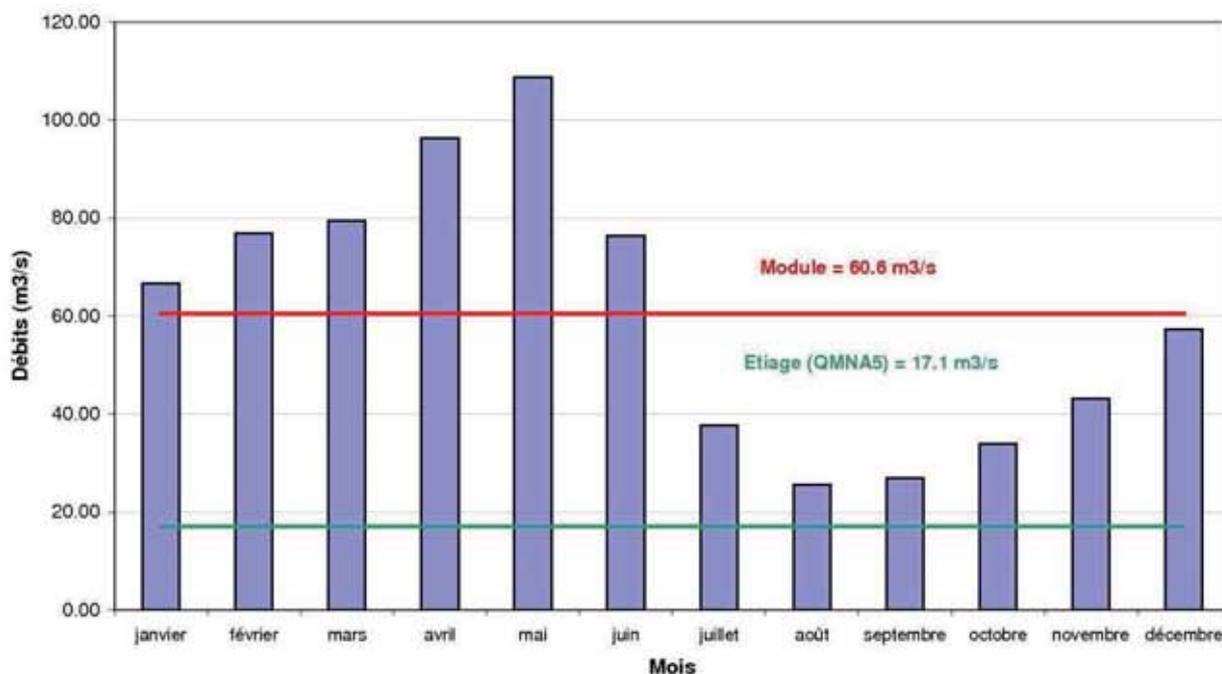
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : 60.6 m<sup>3</sup>/s
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : 17.1 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels au droit du site est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

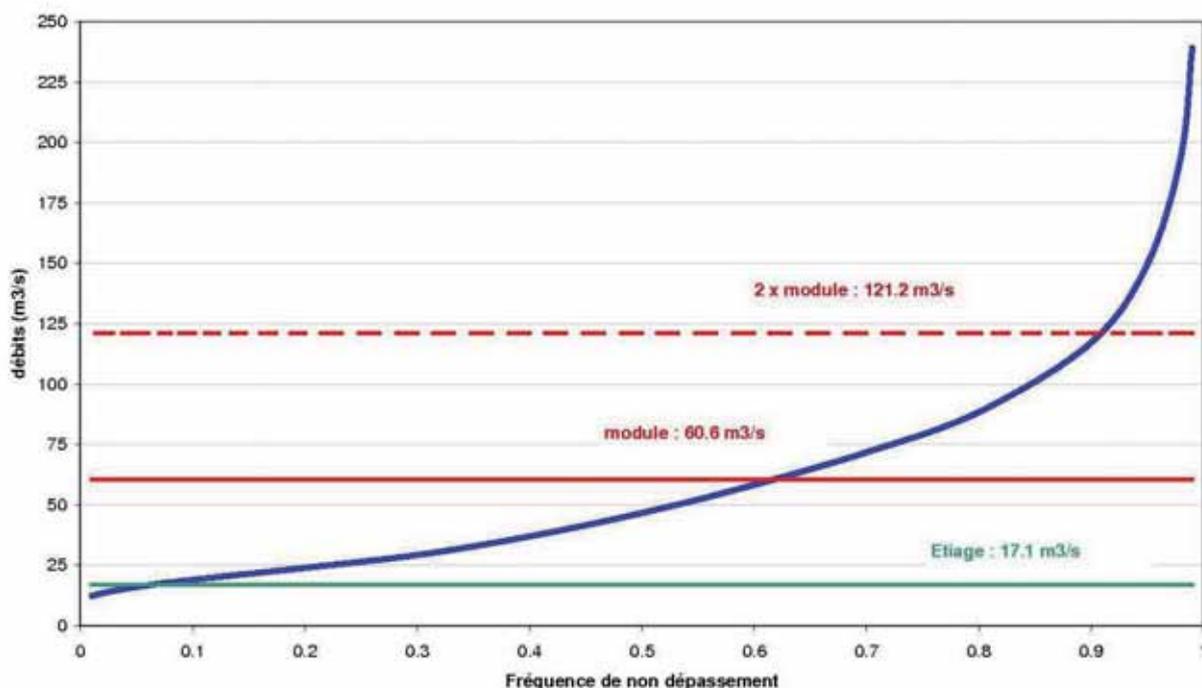
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
66.6	76.9	79.5	96.3	108.8	76.3	37.7	25.6	26.9	34.0	43.1	57.2



Evolution des débits moyens mensuels à Grépiac

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
239.1	194.3	149.6	117.2	88.4	71.7	58.3	46.6	36.9	29.2	23.9	18.9	16.0	13.5	12.2



### Evolution des débits classés sur l'année à Grépiac

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 380 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 570 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 700 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 970 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

Au titre de l'arrêté préfectoral du 14 novembre 1986, le débit maximum turbiné autorisé est de 56 m<sup>3</sup>/s. Il est précisé que la passe à poissons devra en permanence être alimentée par un « débit réservé » de 1 m<sup>3</sup>/s.

Compte-tenu des éléments réglementaires à notre disposition et des dimensions des ouvrages obtenues à partir des plans projet et de nos mesures sur site les débits de fonctionnement des ouvrages de franchissement sont les suivants :

- Passe à poissons rive droite : 500 l/s
- Débit d'attrait de la passe à bassins rive droite : 500 l/s
- Passe mixte rive gauche : 300 l/s
- Débit de dévalaison : 385 l/s cumulé par les deux systèmes

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site de Grépiac en fonction de l'hydrologie du cours d'eau, des débits de fonctionnement précités et des caractéristiques de l'usine ( $Q_{\max}$  turbiné = 56 m<sup>3</sup>/s).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	QMNA5	Module
Q Ariège (m <sup>3</sup> /s)	66.6	76.9	79.5	96.3	108.8	76.3	37.7	25.6	26.9	34.0	43.1	57.2	17.1	60.6
Q turbiné (m <sup>3</sup> /s)	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	36.0	23.9	25.2	32.3	41.4	55.5	15.4	56.0
Q clapets (m <sup>3</sup> /s)	8.9	19.2	21.8	38.6	51.1	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
Q passe RD (m <sup>3</sup> /s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Q attrait (m <sup>3</sup> /s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Q passe RG (m <sup>3</sup> /s)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Q dévalaison (m <sup>3</sup> /s)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

Des relevés de ligne d'eau au droit du barrage de Grépiac ont été effectués lors de notre visite sur site le 1 décembre 2010 (voir tableau ci-dessous).

Date des levés	Débit de l'Ariège à Grépiac	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
01/12/2010	41.5 m <sup>3</sup> /s (≈0.7 x module)	≈ 40 m <sup>3</sup> /s (Francis arrêtée ; Kaplan : 560 kW)	169.09	165.48	3.61 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec le repère NGF apposé sur le mur bajoyer droit à l'usine (cote = 170.00 m NGF d'après arrêté préfectoral du 14 novembre 1986).

Les niveaux mesurés montrent que la cote dans la retenue était supérieure d'environ 9 cm à la RN pour un débit de l'Ariège pourtant inférieur au module. Précisons que la cote des clapets mesurée est supérieure à la cote de RN et que le jour de notre visite, la turbine Francis était à l'arrêt (chambre d'eau vidangée) et seule la turbine Kaplan était en fonctionnement.

Le plan de grille de la Kaplan endommagé précédemment à notre visite avait été remplacé par un autre plan de grille simplement posée au droit de la prise d'eau et ne permettant pas de dégriller de façon satisfaisante (colmatage important de la grille observé ce jour ainsi qu'un vortex important au devant de la grille).



Chambre d'eau de la Francis hors d'eau lors de notre visite.



Vortex important au devant de la prise d'eau de la Kaplan (plan de grille très fortement colmaté)

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- d'un débit turbiné maximal de 56 m<sup>3</sup>/s à l'usine,
- d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit dévalaison Qd (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons RD Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait Qa (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe mixte RG Qpm (m <sup>3</sup> /s)	Débit clapets Qc (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (17.1 m <sup>3</sup> /s)	15.35	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	169.00	165.00	4.00 m
Module (60.6 m <sup>3</sup> /s)	56.0	0.4	0.5	0.5	0.3	2.9	169.00	165.50	3.50 m
1,5 x module (90.9 m <sup>3</sup> /s)	56.0	0.4	0.6	0.5	0.4	33.0	169.00	165.70	3.35 m
2 x module (121.2 m <sup>3</sup> /s)	56.0	0.4	0.7	0.5	0.5	63.1	169.00	166.00	3.10 m

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé de deux ouvrages de franchissement pour la montaison : une passe à bassins en rive droite et une passe mixte (poissons-canoës) en rive gauche.

###### ■ Passe à bassins rive droite

L'ouvrage de franchissement en rive droite est de type **passe à bassins successifs à échancrures latérales alternées et à orifices de fond**. Cet ouvrage est implanté en rive droite de l'usine hydroélectrique.

La prise d'eau d'alimentation s'effectue dans la retenue via un bassin de tranquillisation dont l'entrée est positionnée parallèlement aux écoulements. Une échelle limnimétrique installée dans ce bassin permet d'observer le niveau d'eau et l'alimentation du dispositif.

Une prise d'eau réalisée en rive droite à l'amont du plan de grille de la Kaplan alimente un débit d'attrait qui vient s'adjoindre dans le bassin aval de la passe de manière à en augmenter l'attractivité. Une conduite Ø450 mm transite ce débit en enterré jusqu'à son adduction dans un bassin dissipateur qui communique avec le bassin aval par une grille filtrante.

**A la cote de retenue normale (169.00 m NGF) la passe et le débit d'attrait transitent chacun un débit théorique de 500 l/s.**

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Longueur développée de l'ouvrage : 60 m environ
- Dimensions des échancrures (l x h) : 0.49 m x 1.00 m
- Nombre de chutes : 13 chutes de 0.30 m
- Dimensions des bassins (L x l) : 4.50 m x 1.50 m

###### ■ Passe mixte en rive gauche

La passe située en rive gauche est une passe mixte à chevrons épais bois. Elle a pour vocation d'assurer d'une part la montaison des poissons se présentant en rive gauche au barrage et d'autre part de permettre aux canoës-kayaks circulant dans la retenue de passer à l'aval du barrage.

**A la cote de retenue normale, la passe mixte entonne 350 l/s.**

Les principales caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage sont rappelées ci-dessous :

- Longueur de l'ouvrage : 25.4 m
- Largeur de l'ouvrage : 1.4 m
- Nombre de volées : 1
- Pente moyenne de la volée : 16%

### 3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES EXISTANTS

Des simulations ont été réalisées à partir des dimensions et cotes des ouvrages relevées sur site ou/et sur plans, avec le logiciel CASSIOPEE de manière à évaluer les conditions hydrauliques théoriques dans la passe à bassins et la passe mixte.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

Débit Ariège à Grépiac	Passe à bassins					Passe mixte à ralentisseurs		
	Débit passe RD Qp*	Chute max	Tirant d'eau moyen	Puissance dissipée max	Type de jet	Débit passe mixte RG Qpm	Charge sur le ralentisseur amont	Vitesses d'écoulement moyennes
Étiage (17.1 m <sup>3</sup> /s)	1.0 m3/s	0.36 m	1.35 m	245	Plongeant	0.3 m3/s	0.30 m	1.5 m/s
Module (60.6 m <sup>3</sup> /s)	1.0 m3/s	0.31 m	1.40 m	235	Plongeant	0.3 m3/s	0.30 m	1.5 m/s
1,5 x module (90.9 m <sup>3</sup> /s)	1.1 m3/s	0.33 m	1.45 m	225	Plongeant	0.3 m3/s	0.30 m	1.5 m/s
2 x module (121.2 m <sup>3</sup> /s)	1.2 m3/s	0.30 m	1.50 m	200	Plongeant	0.3 m3/s	0.30 m	1.5 m/s

\* : le débit de la passe Qp indiqué tient compte du débit de l'ouvrage ajouté au débit d'attrait (500l/s)

### 3.1.3. RÉPARTITION DES DÉBITS DANS LES OUVRAGES EXISTANTS

A partir des formules de déversoir et des dimensions et cotes des ouvrages relevées sur site, la répartition des débits a pu être évaluée dans les différents ouvrages existants.

Débit Ariège à Grépiac	Débit turbiné Qt (m3/s)	Débit dévalaison Qd (m3/s)	Débit clapet Qc (m3/s)	Débit passe RD Qp (m3/s)*	Débit passe mixte RG Qpm (m3/s)	Attractivité au barrage (Qc+Qpm) / Qariège	Attractivité de la passe mixte en RG Qpm / (Qpm+Qc)	Attractivité de la passe en RD (Qp) / (Qt+Qd +Qp)
Étiage (17.1 m <sup>3</sup> /s)	15.4	0.4	0.0	1.0	0.3	2 %	100 %	6 %
Module (60.6 m <sup>3</sup> /s)	56.0	0.4	2.9	1.0	0.3	5 %	9 %	2 %
1,5 x module (90.9 m <sup>3</sup> /s)	56.0	0.4	33.2	1.0	0.3	37 %	0.9 %	2 %
2 x module (121.2 m <sup>3</sup> /s)	56.0	0.4	63.5	1.0	0.3	53 %	0.5 %	2 %

\* : le débit de la passe Qp indiqué tient compte du débit de l'ouvrage ajouté au débit d'attrait (500l/s)

### 3.1.4. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Répartition des débits et attractivité générale au droit du site de Grépiac

En fonction des conditions hydrologiques de l'Ariège, l'attractivité des rives gauche et droite est assez variable selon les conditions hydrologiques.

Ainsi en conditions d'étiage jusqu'au module, la majeure partie du débit du cours d'eau est turbiné à l'usine, le complément transitant par les divers ouvrages de franchissement (dévalaison et montaison) et par déversement léger sur le(s) clapet(s). Le débit transitant en rive gauche ne représente ainsi que 2 à 5 % du débit total de l'Ariège soit une attractivité quasi totale de la rive droite vers l'usine.

En revanche, dès l'augmentation des débits dans l'Ariège, la part déversée au barrage s'accroît de manière significative, augmentant ainsi l'attractivité de la rive gauche. Ce phénomène est d'autant plus marqué que l'abaissement des clapets se fait par ordre de priorité de la rive gauche vers la rive droite. Ainsi le débit transitant au barrage représente respectivement 37 % et 53 % du débit total à 1.5 et 2 fois le module. Pour ces conditions hydrologiques, une partie des poissons va donc forcément s'orienter vers le barrage.

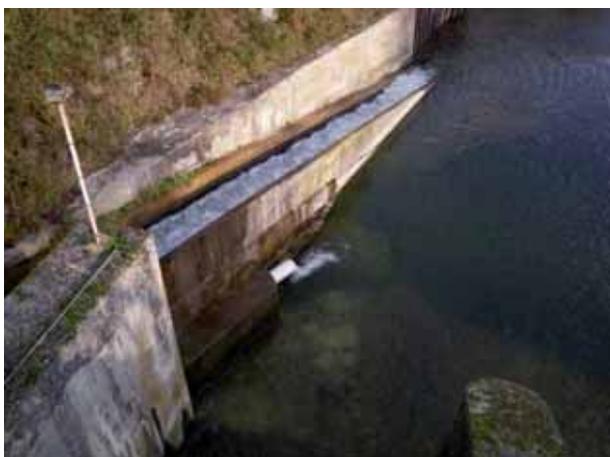
#### ■ Diagnostic de la passe mixte en rive gauche

- Attractivité de la passe mixte

La passe mixte existante en rive gauche ne transite qu'un débit limité et compris entre 300 l/s à l'étiage et 500 l/s à 2 fois le module. **En conditions d'étiage**, la totalité du débit au barrage transite par la passe mixte. Cependant, pour ces conditions, et comme présenté précédemment, l'attractivité au barrage ne représente que 2 % du débit total de l'Ariège et **il est probable que les poissons s'orientent majoritairement en rive droite vers l'usine.**

Avec l'augmentation des débits déversés par les clapets, l'attractivité de la passe diminue très fortement, les débits transités par l'ouvrage ne représentant plus qu'environ 1 % à 1.5-2 fois le module, c'est à dire pour les conditions de débit où du poisson peut se présenter vers le barrage.

**Le débit très faible en sortie de passe et le positionnement de l'entrée piscicole très en aval par rapport au pied des clapets, ne peut en aucun cas attirer de manière satisfaisante les poissons se présentant vers le barrage.**



Vue de l'entrée piscicole : bien que pris en conditions de basses-eaux (1/12/2010), ce cliché montre bien l'absence d'attractivité du débit en sortie de passe, même lorsqu'il n'y a pas de déversements aux clapets

- Conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage

L'étude des conditions hydraulique théoriques au sein même de l'ouvrage, révèle un certain nombre de problématiques qui rendent difficile son franchissement par le poisson et le rendent très sélectif.

D'un point de vue dimensionnel, l'ouvrage présente une longueur importante (plus de 25 m) avec un pendage élevé de 16 %. La passe ne présente pas de bassin de repos et les poissons engagés doivent franchir d'une traite l'ouvrage.

Les tirants d'eau dans l'ouvrage sont très faibles (de l'ordre d'une quinzaine de centimètres) et les vitesses sont importantes (plus de 1.5 m/s). Compte-tenu de la longueur à franchir et des conditions hydrauliques rencontrées (tirants d'eau assez faibles et vitesses d'écoulements plutôt fortes, ces conditions sont très défavorables à la progression des poissons (salmonidés, alose et anguille). Seule la lamproie devrait pouvoir franchir, avec difficultés tout de même, l'ouvrage en utilisant ses possibilités de fixation pour remonter le long de la rampe.

### ■ Diagnostic de la passe à bassins en rive droite

- Attractivité de la passe

La passe existante transite un débit variant de 500 à 700 l/s de l'étiage à 2 fois le module. Ce débit est théoriquement complété par l'adduction d'un débit d'attrait de 500 l/s dans le bassin aval de la passe. Signalons que ce débit d'attrait était inopérant lors de notre visite en raison du colmatage de la prise d'eau dans la retenue.

Le débit en sortie de l'ouvrage varie donc de 1 à 1.2 m<sup>3</sup>/s suivant les conditions hydrologiques. L'attractivité de la passe à bassins reste faible au regard de la part du débit total transitant en rive droite et dont la majeure partie est turbinée. Comme indiqué dans le tableau précédent, le débit passe + attrait représente 6 % du débit rive droite à l'étiage et 2% à partir du module (et jusqu'à 2 fois le module).

Il est donc probable que les poissons se présentant en rive droite stabulent en sortie des groupes attirés par le débit turbiné. Les observations faites sur le terrain ( $Q_t \approx 40$  m<sup>3</sup>/s) montre effectivement que le jet en sortie de passe n'était pas marqué visuellement (il convient de préciser que le débit d'attrait était inopérant ce qui diminue de moitié le débit en sortie de passe).

En comptant l'apport des 500 l/s supplémentaires dans le dernier bassin, la chute aval théorique a été estimée à 40 cm à l'étiage, 15 cm au module et plus que 6 cm à 2 fois le module, ce qui reste plutôt faible, limitant ainsi l'attractivité de l'entrée piscicole.

A noter toutefois que la restitution du débit de dévalaison pris au niveau de la Kaplan au niveau de l'entrée de la passe, permet d'améliorer l'attractivité de la rive droite.



Vue de l'entrée piscicole : pas de débit d'attrait le jour de la visite, la restitution du débit de dévalaison s'effectue à proximité de l'entrée piscicole

- Conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage

L'étude des conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage ne montre pas de réelles difficultés pour le franchissement des poissons dits sauteurs comme les salmonidés. Les puissances dissipées demeurent modérées et les tirants d'eau suffisamment conséquents à la fois pour une dissipation correcte de l'énergie et une prise d'appel pour les poissons.

Les chutes maximales sont selon les conditions comprises entre 30 et 36 cm. Ces valeurs peuvent s'avérer toutefois sélectives pour les plus petits individus.

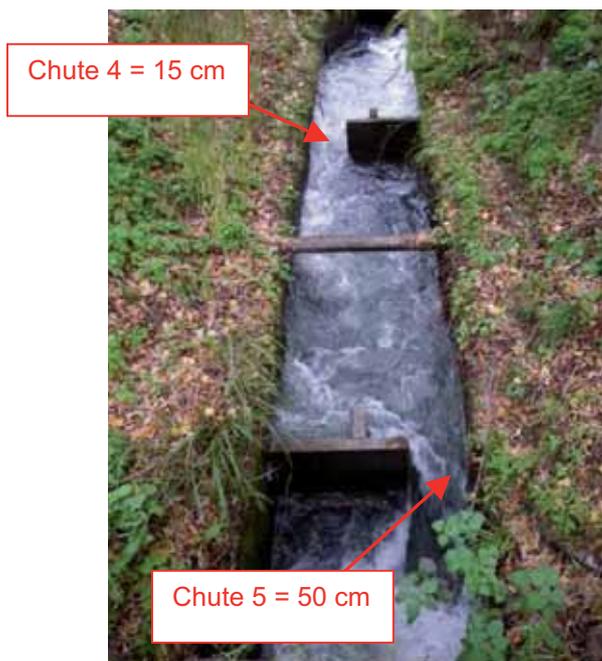
La formation de jets plongeants au droit de chaque chute n'est pas favorable à l'alose, espèce non sauteuse. Pour l'anguille et la lamproie ces configurations ne sont pas non plus optimales mais les orifices de fond, s'ils fonctionnent parfaitement (pas de colmatage), sont susceptibles d'offrir des zones de passage plus favorables pour ces espèces et notamment pour l'anguille.

Il convient également de préciser que ces valeurs sont les valeurs théoriques obtenues par simulation sur le logiciel CASSIOPEE à partir des dimensions et cotes relevées sur le terrain et sur les plans projet.

- Fonctionnalité de l'ouvrage

Lors de notre visite du 1<sup>er</sup> décembre 2010 (eaux plutôt basses), nous avons pu constater que les chutes entre bassins diffèrent sensiblement des chutes théoriques. On a pu constater tout d'abord des chutes plus fortes au droit des cloisons 3, 5, 9 et 11 avec des valeurs supérieures à 40 cm et même une chute de 50 cm sur la cloison 5. La chute était en revanche beaucoup plus réduite au niveau de la cloison n°4 et de l'ordre de 15 cm.

Ce déséquilibre peut provenir principalement du colmatage des orifices de fond et notamment celui de la cloison n°5. L'ensemble occasionne une élévation anormale du niveau dans le bassin amont et des chutes déséquilibrées.



Vue des dysfonctionnements au niveau des cloisons 4 et 5



Chute importante au droit de la cloison n°5. Les écoulements dans les bassins aval sont ainsi particulièrement turbulents

Un autre dysfonctionnement majeur des dispositifs situés en rive droite a pu être observé lors de cette visite à savoir l'absence de débit d'attrait. La prise d'eau de ce débit d'attrait qui s'opère au devant de la grille de la Kaplan était totalement colmatée et aucun débit complémentaire n'était ainsi injecté dans le dernier bassin de la passe. Le débit dans la passe était donc presque deux fois plus faible qu'en théorie. Ce faible débit ayant ainsi inévitablement des conséquences sur l'attractivité générale du dispositif.

### ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

Les études de radiopistage réalisées entre 2002 et 2006 ont mis en évidence un fort impact de l'aménagement de Grépiac sur la circulation des saumons sur l'Ariège.

Les résultats présentés ci-dessous sont tirés des rapports de Croze *et al* (2004) et Bau *et al* (2005, 2006 et 2007).

#### ○ Franchissement de l'obstacle

Au total entre 2002 et 2006, sur les 13 saumons marqués à s'être présentés au droit du barrage, seuls 7 individus sont parvenus à franchir l'obstacle soit **un pourcentage de franchissement de 54 %**. Les individus n'ayant pu franchir l'ouvrage se sont redéployés vers l'aval.

Le détail sur les cinq années de suivi est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Individus se présentant à Grépiac	1	1	9	1	1	13
Individus parvenus à l'amont de Grépiac	1	1	5	0	0	7

Sur la totalité des 13 saumons présents à l'aval de Grépiac **la durée moyenne de blocage sur site atteint près de 18 jours**.

Plus précisément, cette durée de blocage a été évaluée à près de 29,5 jours pour les 6 individus n'étant pas parvenus à franchir le seuil de Grépiac. Un des individus suivi en 2004 a même été bloqué près de 139 jours à l'aval sans parvenir à franchir le barrage.

Pour les saumons parvenus à l'amont, les durées de blocage sur site avoisinent 8 jours environ.

- Comportement au droit de l'ouvrage

En 2004, le site de Grépiac a été équipé d'une seconde antenne aérienne permettant ainsi d'individualiser quatre zones de suivi sur le site à savoir rive gauche aval barrage (BG), aval usine rive droite au niveau du canal de fuite (CF), zone milieu en recoupement des deux précédentes (ML) et enfin une zone en sortie de la passe à bassin (PA).

Sur les 5 poissons ayant franchi l'obstacle cette année là, 2 d'entre eux ont réussi à passer à l'amont en moins de 2 jours, les trois autres ont été retardés de près de 12 jours. Pour ces individus, la majorité des incursions s'est produite en rive gauche avec des temps de présence sur cette zone avoisinant 4 à 5 jours. Il semble donc que les poissons se présentant en rive gauche restent bloqués au pied du barrage sans parvenir à franchir l'ouvrage par la passe mixte existante. Cela illustre le défaut d'attractivité et d'efficacité du dispositif.

Parmi les poissons n'ayant pas réussi à franchir l'obstacle le nombre d'incursions se répartit de la manière suivante : 27 % en rive gauche, 47 % en zone ML et 26 % en zone CF. On constate donc que les individus bloqués de manière définitive à l'aval du barrage ont pourtant effectué en moyenne plus d'1/4 de leurs incursions au niveau du canal de fuite de l'usine en rive droite et ne sont pourtant pas parvenus à emprunter la passe (0 détections en zone PA). Il semble donc que l'attractivité de la passe existante en rive droite ne soit pas satisfaisante.

Ce constat a également été observé en 2005 et 2006, où les incursions dans le canal de fuite des 2 saumons bloqués ont été respectivement de 49 % et 32 % du nombre total d'incursions au barrage.

- Conditions hydrologiques lors des franchissements (débits moyens journaliers à Auterive)

A partir de 2004 avec l'installation de la seconde antenne il a été possible de cibler précisément la date de franchissement des poissons à l'amont de l'obstacle et de déterminer les conditions hydrologiques du jour de leur passage. Les données sont rappelées ci-dessous.

Saumon	Année	Période de présentation au droit de l'ouvrage	Gamme de débit lors de la période	Date de passage à l'amont	Débit lors du passage
48241	2002	29/07 au 11/08	30 à 46 m3/s	≈ 11/08	44 m3/s
49761	2003	23/06 au 23/06	43 m3/s	23/06	43 m3/s
48081	2004	30/05 au 11/06	97 à 120 m3/s	≈ 11/06	118 m3/s
48221		16/11 au 18/11	23 à 32 m3/s	18/11	23 m3/s
48321		10/07 au 11/07	36 à 45 m3/s	11/07	36 m3/s
48341		02/07 au 15/07	20 à 63 m3/s	15/07	20 m3/s
48751		24/07 au 05/08	11 à 36 m3/s	05/08	30 m3/s
48281		26/06 au 05/07	46 à 63 m3/s	Pas franchi	-
48301		01/07 au 17/11	12 à 63 m3/s	Pas franchi	-
48501		17/07 au 22/07	20 à 40 m3/s	Pas franchi	-
48561		21/07 au 23/07	33 à 36 m3/s	Pas franchi	-
49861		2005	21/06 au 27/06	38 à 58 m3/s	Pas franchi
49921	2006	18/05 au 01/06	30 à 47 m3/s	Pas franchi	-

L'étude des conditions hydrologiques lors des passages de saumons à l'amont de l'ouvrage montre que majoritairement les franchissements se font pour des débits compris entre 20 et 45 m3/s. Dans ces conditions il ne devaient pas y avoir de déversements au barrage. Seul le

premier saumon parvenu au barrage en 2004 a franchi l'ouvrage avec des débits supérieurs à 100 m<sup>3</sup>/s.

On constate également que les saumons qui ne sont pas parvenus à franchir le barrage, ont pourtant effectué des incursions sur site pour des gammes de débits similaires parfois même sur des fenêtres communes à des poissons parvenus à l'amont. Cela semble confirmer que malgré l'absence de déversements au barrage et donc d'attrait vers la rive gauche, les poissons qui effectuent des incursions en rive droite ne trouvent pas forcément l'entrée de la passe. L'attractivité du dispositif n'est donc pas satisfaisante.

#### ■ Bilan du diagnostic

**L'ouvrage de Grépiac constitue donc un verrou majeur à la libre circulation, phénomène d'autant plus pénalisant qu'il est le premier ouvrage rencontré par les poissons empruntant l'axe Ariège.** Ceci est particulièrement pénalisant pour les salmonidés car les frayères fonctionnelles sont situées plus en amont sur l'axe.

Pour les salmonidés, le blocage en période estivale notamment est très pénalisant au vu de l'absence de zones d'accueil favorables leur permettant de passer les étiages estivaux dans de bonnes conditions (oxygénation et température de l'eau).

**L'enjeu n°1 sur cet ouvrage est le franchissement des grands salmonidés migrateurs.** Les dispositifs équipant le barrage doivent donc offrir une efficacité suffisante pour éviter des durées de blocage aussi conséquentes car les conséquences sur les retards de migration et donc la qualité de la reproduction sont importantes.

Actuellement en rive droite, la passe actuelle en rive droite est peu attractive au regard du débit circulant dans cet ouvrage et de la configuration du jet en sortie (réduction de la chute aval avec le débit). En revanche, les conditions hydrauliques sont en théorie compatibles avec les capacités des différentes espèces mise à part l'aloise et dans une moindre mesure les lamproies.

Cependant, les observations sur le terrain font part d'un certain nombre de dysfonctionnement qu'il convient de solutionner rapidement. Le débit d'attrait doit impérativement être entretenu pour assurer son fonctionnement.

La passe mixte située en rive gauche dans sa configuration actuelle, bénéficie d'une mauvaise attractivité ne lui permettant pas de guider efficacement les poissons venant à se présenter au pied du barrage, notamment lorsqu'ils sont attirés par les déversements aux clapets. De plus, les conditions hydrauliques au sein de l'ouvrage sont incompatibles avec les capacités de franchissement des espèces susceptibles de l'emprunter.

**En rive droite, les conditions hydrauliques au sein de l'ouvrage sont acceptables pour la majorité des espèces cibles et la passe est plutôt bien implantée (à proximité de l'usine). En revanche, elle n'est pas assez attractive et il est indispensable de restaurer une efficacité satisfaisante sur cet obstacle majeur. Cette amélioration devra passer dans l'idéal par une réfection totale de l'ouvrage et à minima par une augmentation de l'attractivité de la passe actuelle. L'amélioration de l'attractivité pourrait alors passer par une augmentation du débit d'attrait et une reprise totale de la partie aval de l'ouvrage.**

**En rive gauche, la passe existante est peu attractive et les conditions hydrauliques ne sont pas favorables pour assurer une quelconque efficacité de l'ouvrage. L'aménagement d'un nouvel ouvrage en rive gauche ne nous semble pas nécessaire (tout au moins à l'heure actuelle), au vu notamment de l'attractivité de la rive droite (usine) et des difficultés d'implantation et constructive potentielles d'un nouveau dispositif en rive gauche.**

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit des deux prises d'eau de l'usine ont été étudiées.

#### ➤ Prise d'eau de la FRANCIS

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	165.4	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	169	m NGF
Cote haut de grille :	169.2	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	60	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	3.60	m
Longueur totale de la grille :	4.39	m
Longueur immergée totale de la grille :	4.16	m
Longueur immergée active :	3.46	m
Largeur totale du plan de grille :	5.0	m
Surface totale du plan de grille :	22	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	21	m <sup>2</sup>
Surface immergée active :	17	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	14	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.93	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.81	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.47	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On constate que les vitesses d'approche sont importantes et proches de 1m/s. La vitesse normale au plan de grille atteint 0.8 m/s et dépasse 0.5 m/s, valeur généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

➤ **Prise d'eau de la KAPLAN**

■ **Caractéristiques du plan de grille**

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

<b>CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :</b>		
Cote du radier :	163.00	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	169.00	m NGF
Cote haut de grille :	168.50	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	6.5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	75	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	5.50	m
Longueur totale de la grille :	5.69	m
Longueur immergée totale de la grille :	5.69	m
Longueur immergée active :	4.97	m
Largeur totale du plan de grille :	6.5	m
Surface totale du plan de grille :	37	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	37	m <sup>2</sup>
Surface immergée active :	32	m <sup>2</sup>

■ **Conditions d'écoulement au droit du plan de grille**

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

<b>CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)</b>		
Débit turbiné :	42	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	1.35	m/s
Vitesse normale moyenne :	1.30	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.35	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On constate que la vitesse normale est de 1.3 m/s soit une valeur près de 3 fois supérieure à la vitesse normale au plan de grille généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille (0.5 m/s).

### 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

Sur le site de Grépiac, il existe un unique dispositif spécifique de dévalaison qui a été aménagé au niveau de la prise d'eau de la Francis.

Au droit de la turbine Kaplan, c'est le canal de défeuillage qui fait office de dispositif de dévalaison.

Au niveau de la turbine Francis, l'exutoire de surface a été pratiqué dans le mur bajoyer rive gauche à l'amont immédiat du plan de grille. Il communique avec un canal de dévalaison bétonné qui longe l'usine sur le côté gauche. Les poissons sont ainsi restitués au niveau de la sortie de la turbine. Notons également que ce canal sert également de canal de défeuillage.

Les dimensions de l'exutoire sont présentées ci-dessous :

- Position : rive gauche dans le mur bajoyer amont du plan de grille
- Largeur : 0.34 m
- Hauteur : 0.42 m
- Charge sur l'exutoire à la RN : 0.38 m
- Débit à la RN : **135 l/s toute l'année**



Vue de l'exutoire de dévalaison en rive gauche



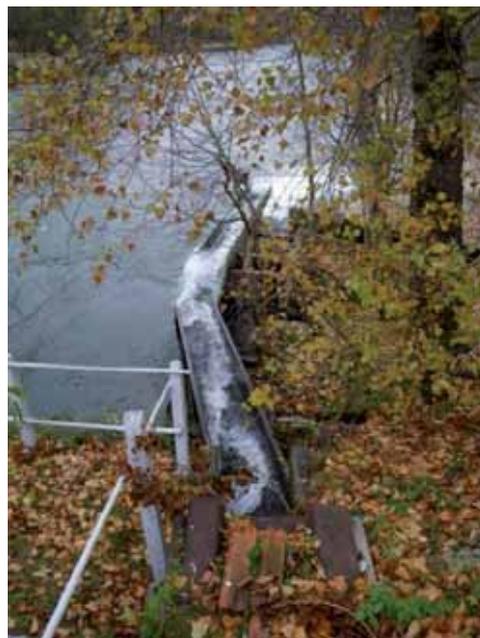
Vue du canal de dévalaison béton longeant le bâtiment de l'usine

En rive droite au niveau de la turbine Kaplan, le canal de défeuillage de l'usine fait office de dévalaison. Ainsi les produits du défeuillage et les poissons qui transiteraient au dessus du plan de grille jusque dans le canal sont ensuite évacués via une goulotte métallique dont la partie amont est enterrée. Le débit est restitué devant de l'entrée piscicole de la passe à poissons.

En première approche, **cette goulotte transite un débit d'environ 250-300 l/s à la RN toute l'année.**



Vue de la prise d'eau de la goulotte dans le canal de défeuillage



Vue de la goulotte et de la restitution à l'aval

### 3.2.3. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

#### ■ Exutoire au droit de la Francis

L'exutoire réalisé dans le bajoyer au niveau de la chambre d'eau de la Francis transite un débit peu important estimé à 135 l/s soit moins de 1 % du débit turbiné par ce groupe. La turbine étant à l'arrêt et la chambre d'eau à sec lors de notre visite nous n'avons pas pu observer la configuration des écoulements au droit du plan de grille.

Toutefois, au vu des conditions d'écoulement non favorables à l'approche des grilles (vitesses d'approche et normale importantes), de l'espacement entre barreaux du plan de grille important (5 à 5.5 cm mesurés sur site) et du faible débit de l'exutoire (1% du débit maximal turbiné), **l'attractivité de l'exutoire est extrêmement limitée.**

Au final, l'efficacité de ce dispositif peut être estimée à 10 % environ pour les smolts.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, la perméabilité des grilles peut être considérée comme totale pour des anguilles de 70 cm.

#### ■ Canal de défeuillage au droit de la Kaplan

Au niveau de la turbine Kaplan en rive droite il n'y a pas de dispositif de dévalaison spécifique.

A la RN, le plan de grille est noyé et une surverse se crée par dessus le plan de grille (environ 50 cm). Cette surverse débouche dans le canal de défeuillage qui rejoint ensuite une goulotte de dévalaison.

Malgré un tirant d'eau sur le haut des grilles correct, l'efficacité de la dévalaison au niveau de la prise d'eau de la Kaplan est mauvaise. En effet les vitesses d'écoulements sont conséquentes (1.3 m/s en moyenne), l'écartement entre barreaux est trop important (10 cm) pour que la grille constitue une barrière physique ou comportementale efficace et le débit de l'exutoire reste très faible par rapport au débit turbiné (0.6 % du débit maximum turbiné).

De plus, nous avons pu observer lors de la visite un important vortex qui se forme au devant de la grille. Ce vortex crée d'importantes perturbations des écoulements à l'approche du plan de grille et désoriente vraisemblablement les poissons.



Vortex important au devant de la prise d'eau de la Kaplan (plan de grille très fortement colmaté)



Cliché de la grille retirée devant la Kaplan : on peut constater l'important écartement entre barreaux (barrière physique inefficace)

Au final, l'efficacité générale du site à la dévalaison des smolts (défeuillage) peut être estimée à 10 % environ pour les smolts.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, la perméabilité des grilles peut être considérée comme totale pour des anguilles de 70 cm.

#### ■ Bilan au droit du site

Les valeurs d'efficacité des exutoires et de perméabilité estimées au droit du site sont récapitulées ci-dessous.

Usine	Exutoire Francis	Défeuillage Kaplan
Efficacité globale à la dévalaison des smolts	10 %	10 %
Perméabilité du plan de grille pour les anguilles	100 %	100 %

### 3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3). Pour le smolt, ils sont tirés de l'étude effectuée par Bosc et Larinier (2000).

Pour l'anguille (taille moyenne 70 cm), ils ont été évalués à partir des données des caractéristiques hydromécaniques des turbines fournies dans l'étude de Bosc et Larinier.

Les taux de mortalité sont récapitulés pour chaque usine dans le tableau suivant :

	(Francis)	(Kaplan)	Mortalité globale usine
Mortalité smolts	4 %	4 %	4 %
Mortalité anguilles	15 %	26 %	23 %

A partir d'un calcul au prorata des débits turbinés par chaque groupe, il est possible d'estimer un taux de mortalité par passage dans les turbines qui s'élèverait à 4 % pour les smolts et 23 % pour les anguilles.

### **3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation au droit de chaque site :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

il est possible d'estimer un taux de mortalité global de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Grépiac le taux de mortalité générale au droit du site s'élève à 2.3 % pour les smolts et 14 % pour les anguilles.**

### **3.2.6. PROBLEMES SUPPLEMENTAIRES A LA DEVALAISON**

La restitution des poissons en aval de l'exutoire rive gauche (au droit de la Francis) n'est pas optimale. En effet, en aval de l'exutoire les poissons chutent dans le canal de dévalaison bétonné dont la paroi rive gauche est proche de la chute induisant ainsi des risques de blessures aux poissons. Au vu de ses dimensions et du faible débit transité, le tirant d'eau doit être faible, ce qui peut occasionner des blessures supplémentaires (phénomènes d'écaillage).

On peut noter également qu'au regard de ses faibles dimensions, l'exutoire est peu adapté au passage des géniteurs qui pourraient redévaler après la reproduction (ravalés). Rappelons que ce dispositif était hors d'usage lors de notre visite sur site.

### **3.2.7. BILAN DU DIAGNOSTIC DEVALAISON**

Au final le site de Grépiac pose d'importants problèmes à la dévalaison des poissons compte-tenu de la configuration des installations actuelles.

De manière générale, les prises d'eau présentent des plans de grille avec des écartements entre barreaux bien trop important pour créer des barrières efficaces. De plus les ouvrages de dévalaison ne sont pas fonctionnels de par leur dimensionnement et/ou leur débit d'alimentation. Reste également que la restitution des poissons faisant suite à l'exutoire de la Francis n'est pas adaptée pour faire transiter les poissons.

**Au vu de son implantation et des mortalités susceptibles d'être occasionnées, l'amélioration de la dévalaison est indispensable sur ce site situé en aval des principales zones de grossissement des poissons et principales zones d'alevinage en juvéniles de saumon.**

**Il conviendra donc de reprendre l'ensemble des exutoires de dévalaison (implantations, débits, restitutions) mais également l'ensemble des plans de grille afin de limiter les mortalités générales exercées par l'aménagement.**

## **4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT**

---

### **4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

#### **4.1.1. ÉTUDE DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES**

Le diagnostic de la franchissabilité à la montaison a mis en évidence que l'ouvrage de Grépiac n'est pas facilement franchissable et que les poissons connaissent des durées de blocage significatives avant de parvenir à l'amont.

Deux défauts ont pu être identifiés comme les causes de ces difficultés :

- une attractivité importante de la rive gauche en cas de déversements au barrage combinée avec un ouvrage de montaison (passe à ralentisseurs) peu attractif et très sélectif,
- un manque d'attractivité de la passe en rive droite au niveau du canal de fuite tandis que les conditions hydrauliques dans l'ouvrage sont acceptables.

En rive gauche l'amélioration de la situation est complexe pour plusieurs raisons. En effet, il conviendrait d'aménager un nouvel ouvrage moins sélectif et plus attractif que la passe existante. Cependant, le bon fonctionnement de cet ouvrage serait dépendant des déversements au barrage et il est probable que le nouvel aménagement ne puissent être efficace en permanence. Ainsi pour capter les poissons parvenus en pied du barrage, l'entrée devrait être positionnée à proximité. Cependant avec l'apparition des déversements, les turbulences risqueraient de masquer l'entrée de l'ouvrage et d'empêcher les poissons d'accéder à la passe. Inversement, une entrée positionnée plus en aval à l'abri des déversements, risque de ne pas être trouvée par les poissons navigant au pied de l'obstacle.

Il nous semble donc davantage pertinent de prioriser l'effort d'aménagement en rive droite, rive bénéficiant de l'attractivité des groupes hydroélectriques. L'objectif sera donc d'améliorer l'attractivité de la passe à bassins (paramètre pénalisant actuellement) et d'évaluer l'amélioration de la montaison à l'échelle du site avant d'envisager d'aménager la rive gauche.

Les aménagements envisagés en rive droite sont détaillés ci-après.

#### **4.1.2. AMÉLIORATION DE L'ATTRACTIVITÉ DE LA PASSE EXISTANTE**

##### **4.1.2.1. Problématique actuelle**

La passe existante présente des conditions hydrauliques théoriques pouvant être acceptables avec le franchissement des espèces susceptibles de se présenter au barrage. Nous avons pu remarquer une répartition déséquilibrée des chutes sur quelques cloisons mais il s'agit vraisemblablement d'un problème lié au colmatage de certains orifices et de l'absence de débit d'attrait injecté dans le bassin aval. Ces dysfonctionnements pourront être facilement résolus par un nettoyage de la passe et une vérification de l'état des cloisons et des orifices de fond et une remise en service du débit d'attrait. Des aménagements ponctuels sur les cloisons pourront également être facilement réalisés pour faciliter un passage plus aisé des espèces peu sauteuses.

En revanche, la passe présente surtout un défaut d'attractivité bien que l'entrée piscicole soit située en sortie des groupes (débit turbiné à l'usine égal à 56 m<sup>3</sup>/s soit quasiment le module). Les études radiopistage ont d'ailleurs pu mettre en évidence des durées de blocage importantes au niveau de la sortie des groupes.

Il apparaît donc que dans la configuration actuelle, le débit transité par la passe n'est vraisemblablement pas suffisant avec  $Q_{\text{passe}} \approx 2\%$  du  $Q_{\text{turbiné}}$ .

De plus, la chute aval en sortie de passe ne semble vraisemblablement pas assez importante dès lors que le débit augmente, ce qui réduit l'attractivité du jet en sortie.

Nous préconisons plutôt que de refaire totalement un ouvrage qui serait dans ce cas adapté aux espèces non sauteuses (alose, lamproie, anguille = passe à fente verticale), d'augmenter le débit d'attrait impliquant une reprise totale du bassin de dissipation aval et la partie aval de la passe.

On pourrait profiter de cette reprise pour aménager une seconde entrée.

#### **4.1.2.2. Reprise du débit d'attrait**

Le débit d'attrait actuel était totalement inopérant lors de notre visite sur site. Le dispositif était vraisemblablement colmaté, aussi aucun débit supplémentaire n'était injecté dans le bassin aval de la passe.

L'aménagement consistera à aménager un nouvel ouvrage de débit d'attrait. Dans la mesure du possible, la majeure partie du dispositif sera aménagée en aérien ou sera facilement accessible pour pouvoir être entretenu et faciliter les interventions en cas de colmatage.

Il s'agira de réaliser une prise d'eau dans la retenue au droit du plan de grille de la Kaplan en rive droite. La prise d'eau sera protégée par un système de grille fine pour limiter l'intrusion de déchets flottants.

Une conduite transitera ce débit qui sera ensuite injecté dans un bassin dissipateur comportant des successions de cloisons de dissipation (cloisons munis d'UAP...). Une fois la puissance dissipée, le débit d'attrait sera réinjecté au niveau de la passe à poissons par une ou plusieurs grilles fines pivotantes (espacement maximal de 5 cm).

Le débit d'attrait sera plus important qu'actuellement. On préconisera un débit de l'ordre de 1.5 m<sup>3</sup>/s portant ainsi le débit total en sortie de la passe à 2 m<sup>3</sup>/s à la RN.

Le volume d'eau du bassin de dissipation devra être de l'ordre de 50 m<sup>3</sup> d'eau de manière à pouvoir dissiper correctement l'énergie de dissipation avant d'être injecté dans la passe.

#### **4.1.2.3. Modification de l'entrée piscicole**

L'augmentation du débit d'attrait va doubler ainsi le débit sortant par la passe, ce qui implique d'ores et déjà de reprendre totalement la partie aval de l'ouvrage.

De manière à améliorer l'attractivité générale du dispositif, on préconise de profiter de cette réfection totale de la partie aval de l'ouvrage, pour aménager 2 entrées piscicoles :

- Entrée 1, implantée au niveau de l'entrée actuelle
- Entrée 2, implantée plus en amont et plus près des groupes (environ une dizaine de mètres en amont)

Un chenal collecteur d'environ 1.75 m de largeur reliera ainsi l'entrée amont E2 au bassin aval de la passe. Ces dimensions permettront de garantir des vitesses d'écoulement dans le chenal de l'ordre de 0.5 m/s environ, ce qui devrait être compatible avec l'ensemble des espèces piscicoles.

Les deux entrées seront équipées de vannes levantes permettant de garantir des chutes aval constantes et attractives quel que soit le niveau aval. En première approche, on préconise que la chute aval assure un écoulement dit « à jet de surface » et que la chute aval soit fixée à 25 cm.

Des sondes de niveaux placées en aval et en amont des entrées permettront à l'automatisme de maintenir cette chute.

#### **4.1.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMÉNAGEMENTS**

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	15 K€
Démolitions et terrassements	15 K€
Génie civil	55 K€
Équipements	20 K€
Études diverses, divers et imprévus	50 K€
<b>TOTAL</b>	<b>160 K€</b>

#### **4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON**

Le diagnostic de dévalaison réalisé sur le site de Grépiac a mis en évidence que les ouvrages potentiellement utilisables pour la dévalaison présente une efficacité quasi nulle estimée à 10 % pour chacun des ouvrages recensés au droit des deux turbines.

De plus les plans de grilles présentent des espacements entre barreaux importants (10 cm à la Kaplan et 5.5 cm à la Francis) et associés à des vitesses d'approche fortes et ils ne peuvent donc pas jouer le rôle de barrière efficace. Il est donc fort probable que la majorité des anguilles dévalants transitent par les turbines, particulièrement en l'absence de déversements au barrage.

Au vu des caractéristiques de l'aménagement, Grépiac présente un taux de mortalité sur les smolts de 2.3 % et un taux particulièrement conséquent sur les anguilles de 14%. Il est donc impératif d'améliorer la dévalaison sur le site de Grépiac d'autant que cet ouvrage est le plus à l'aval de l'axe Ariège et voit donc dévaler l'ensemble des effectifs en provenance des zones de grossissement situées en amont.

On propose donc de procéder à la modification complète des prises d'eau des deux centrales. En complément des dispositifs de dévalaison spécifiques seront aménagés au droit de chacune des prises d'eau. Ils seront également pourvus d'ouvrages de restitution des poissons.

Au niveau des turbines existantes les plans de grille en place seront remplacés. Aujourd'hui, l'espacement entre barreaux des grilles est beaucoup trop important pour assurer une barrière

efficace et empêcher le passage des poissons. Nous avons pu constater également que la grille au devant de la Francis est partiellement colmatée par des galets.

L'amélioration de la dévalaison ne peut passer que par une réduction de l'espacement inter-barreaux de manière suffisante pour créer une barrière physique et/ou comportementale efficace. Deux propositions de réduction peuvent être envisageables, à savoir :

- Un plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 2.5-3 cm. Rappelons toutefois qu'un écartement de 3 cm peut assurer une certaine barrière comportementale pour les smolts et les ravales mais n'est pas suffisant pour l'anguille. Un espacement de 2.5 cm est tout de même préférable pour la dévalaison des smolts
- Un plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 1.5-2 cm, ce qui permettrait d'assurer une barrière physique pour les anguilles dévalantes.

Ces modifications vont entraîner une augmentation de l'obstruction des grilles par les barreaux pouvant générer des pertes de charges

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), nous avons apprécié les pertes de charge induites par ces modifications du plan de grille, par la **formule de Meusburger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

#### ■ Plan de grille de la turbine Kaplan

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>GRILLE ACTUELLE AVEC BARREAUX ESPACES DE 3 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.28	0.56	0.86
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.97	0.97	0.97
$V_A^2 / 2g$	0.092	0.092	0.092
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.06</b>	<b>0.12</b>	<b>0.19</b>
<b>GRILLE ACTUELLE AVEC BARREAUX ESPACES DE 2 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.97	0.97	0.97
$V_A^2 / 2g$	0.092	0.092	0.092
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.12</b>	<b>0.20</b>	<b>0.29</b>

#### ■ Plan de grille de la turbine Francis

Les pertes de charge au niveau du plan de grille de la Francis ont été calculées selon la même méthodologie. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

<b>GRILLE ACTUELLE AVEC BARREAUX ESPACES DE 3 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.28	0.56	0.86
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.044	0.044	0.044
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>	<b>0.08</b>
<b>GRILLE ACTUELLE AVEC BARREAUX ESPACES DE 2 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.044	0.044	0.044
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>	<b>0.13</b>

#### ■ Bilan

Il apparaît d'ores et déjà que les pertes de charges sont conséquentes, ce qui milite pour une réfection totale des prises d'eau (augmentation de la surface de filtration) d'autant plus que sur le plan piscicole, les vitesses d'approche et normale au plan de grille sont très fortes pouvant entraîner un placage des poissons.

Cette solution permettra non seulement d'éviter les problèmes de placage de poissons sur les grilles mais permettra également d'améliorer la production énergétique (pertes de charge déjà présentes actuellement).

**A refaire totalement les prises d'eau, l'espacement entre barreaux des nouveaux plans de grille devra être au maximum de 2 cm** pour permettre d'assurer une barrière comportementale efficace pour le smolt et une barrière physique pour les anguilles de taille supérieure à 60 cm (60 cm peut être considéré comme la taille inférieure des anguilles argentées susceptibles de se présenter à terme au droit du site). On peut espérer toutefois qu'un tel espacement devrait assurer une certaine efficacité pour les anguilles plus petites en comptant sur un effet comportemental répulsif. De plus, l'ouvrage est situé plutôt en amont de bassin versant (amont Toulouse) avec généralement la présence d'anguilles dévalantes de plus grosses tailles.

Pour les deux prises d'eau, l'amélioration de la dévalaison sera réalisée par la mise en œuvre d'un plan de grille inclinée longitudinalement dans le sens de l'écoulement, de manière à guider les poissons vers des exutoires de dévalaison situés en surface.



Exemples de plans de grille inclinés longitudinalement (Montfourat sur la Dronne et Masseys sur le Gave de Pau)

#### 4.2.1. PROPOSITIONS AU DROIT DE L'USINE GAUCHE (FRANCIS)

##### 4.2.1.1. Caractéristiques du plan de grille

###### ■ Caractéristiques générales

Le guidage du poisson vers l'exutoire de dévalaison est donc obtenu en disposant un plan de grille incliné par rapport à l'horizontale. Cette orientation permettra ainsi de créer un écoulement tangentiel au plan de grille.

Afin d'avoir une vitesse normale au plan de grille inférieure aux 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour limiter les risques de placage, il ressort les principales dimensions du plan de grille suivantes :

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	165	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	169	m NGF
Cote haut de grille :	169.2	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	4	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	25	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	4.00	m
Longueur totale de la grille :	9.94	m
Longueur immergée totale de la grille :	9.46	m
Largeur totale du plan de grille :	4.0	m
Surface totale du plan de grille :	40	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	38	m <sup>2</sup>

De manière à assurer une bonne barrière comportementale et/ou physique, nous avons vu qu'il est nécessaire d'avoir un **espacement entre barreaux de 20 mm**.

Pour limiter les pertes de charge et les risques de blocage entre les barreaux de petits corps flottants, nous préconisons d'installer des barreaux de **8 mm d'épaisseur** ayant une forme arrondie.

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, avec de telles configurations, les différentes composantes de la vitesse seront les suivantes :

CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE		
Débit turbiné :	14	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.88	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.37	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.79	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale au plan de grille est inférieure à 0.5 m/s et que la vitesse tangentielle est importante (0.9 m/s). Ces valeurs devraient garantir un bon guidage des poissons vers l'exutoire de surface qui sera situé à l'extrémité rive droite en tête du plan de grille.

#### ■ Estimation des pertes de charge

Comme pour le plan de grille actuel, les pertes de charge induites par ce plan de grille projeté peuvent être estimées à partir de la formule de Meusburger.

Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	1.83	1.83	1.83
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.45	0.81	1.19
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.42	0.42	0.42
$V_A^2 / 2g$	0.039	0.039	0.039
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>

#### 4.2.1.2. Caractéristiques et débits de l'exutoire de dévalaison

Au vu des caractéristiques du plan de grilles et des conditions d'écoulement, un débit de dévalaison égal à 700 l/s (soit environ 5% du débit turbiné) devrait se révéler suffisant pour obtenir une bonne efficacité. Ce débit sera ensuite rejeté en sortie de groupe.

L'exutoire de surface sera positionné en tête du plan de grille. Il sera constitué d'une échancrure d'environ **1.25 m de largeur**.

#### 4.2.1.3. Aménagements annexes

Les poissons ayant empruntés l'exutoire transiteront ensuite jusqu'à la sortie du groupe par un canal rectangulaire qui servira également de canal d'évacuation des déchets récupérés par le dégrilleur automatique.

Le débit entonné par l'exutoire sera réglé à l'aide d'un petit clapet qui permettra de régler les conditions d'écoulement au niveau de l'exutoire et le débit entonné.

En complément, un nouveau dégrilleur devra être installé. Pour cela une nouvelle structure porteuse en construction métallique devra être réalisée.

La passerelle piétonne traversant le canal d'amenée devra peut être nécessiter une rehausse pour permettre un bon fonctionnement du dégrilleur (pour faciliter le déploiement du bras du dégrilleur).

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.

#### 4.2.2. PROPOSITIONS AU DROIT DE L'USINE DROITE (KAPLAN)

##### 4.2.2.1. Caractéristiques du plan de grille

###### ■ Caractéristiques générales

Le guidage du poisson vers l'exutoire de dévalaison est donc obtenu en disposant un plan de grille incliné par rapport à l'horizontale. Cette orientation permettra ainsi de créer un écoulement tangentiel au plan de grille.

Afin d'avoir une vitesse normale au plan de grille inférieure aux 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour limiter les risques de placage, il ressort les principales dimensions du plan de grille suivantes :

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	163	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	169	m NGF
Cote haut de grille :	169.2	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	6.5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	25	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	6.00	m
Longueur totale de la grille :	14.67	m
Longueur immergée totale de la grille :	14.20	m
Largeur totale du plan de grille :	6.5	m
Surface totale du plan de grille :	95	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	92	m <sup>2</sup>

De manière à assurer une bonne barrière comportementale et/ou physique , nous avons vu qu'il est nécessaire d'avoir un **espacement entre barreaux de 20 mm**.

Pour limiter les pertes de charge et les risques de blocage entre les barreaux de petits corps flottants, nous préconisons d'installer des barreaux de **8 mm d'épaisseur** ayant une forme arrondie.

### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, avec de telles configurations, les différentes composantes de la vitesse seront les suivantes :

CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE		
Débit turbiné :	42	m3/s
Vitesse d'approche moyenne :	1.08	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.46	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.98	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale au plan de grille est inférieure à 0.5 m/s et que la vitesse tangentielle est importante (1.1 m/s). Ces valeurs devraient garantir un bon guidage des poissons vers l'exutoire de surface qui sera situé à l'extrémité rive droite en tête du plan de grille.

### ■ Estimation des pertes de charge

Comme pour le plan de grille actuel, les pertes de charge induites par ce plan de grille projeté peuvent être estimées à partir de la formule de Meusburger.

Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	1.83	1.83	1.83
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.45	0.81	1.19
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.42	0.42	0.42
$V_A^2 / 2g$	0.059	0.059	0.059
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>

#### 4.2.2.2. Caractéristiques et débits de l'exutoire de dévalaison

Au vu des caractéristiques du plan de grille et des conditions d'écoulement, un débit de dévalaison égal à 2 m3/s (soit environ 5% du débit turbiné) devrait se révéler suffisant pour obtenir une bonne efficacité. Ce débit sera ensuite rejeté en sortie de groupe.

On propose d'installer deux exutoires de **2.00 m de largeur** en rives en tête du plan de grille.

#### 4.2.2.3. Aménagements annexes

Les poissons ayant empruntés l'exutoire transiteront ensuite jusqu'à la sortie du groupe par un canal rectangulaire qui servira également de canal d'évacuation des déchets récupérés par le dégrilleur automatique.

Le débit entonné par l'exutoire sera réglé à l'aide d'un petit clapet qui permettra de régler les conditions d'écoulement au niveau de l'exutoire et le débit entonné.

En complément, un nouveau dégrilleur devra être installé. Pour cela une nouvelle structure porteuse en construction métallique devra être réalisée.

De plus, un prolongement du radier et du mur bajoyer gauche devra être prolongé vers l'amont sur environ une quinzaine de mètres.

### 4.2.3. MONTANTS ESTIMATIFS DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

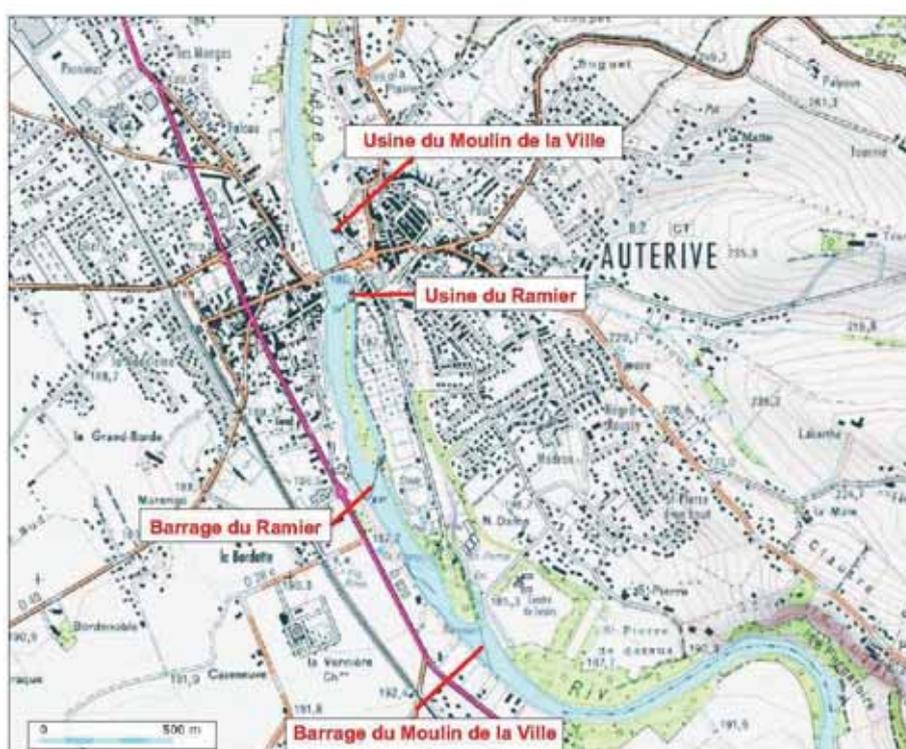
DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	15 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	50 K€
Démolitions et terrassements	15 K€
Génie civil	150 K€
Plans de grille, y compris structures porteuses	75 K€
Nouveaux dégrilleurs	200 K€
Canaux de liaison	40 K€
Équipements annexes	30 K€
Études diverses, divers et imprévus	200 K€
<b>TOTAL</b>	<b>775 K€</b>

**AUTERIVE – MOULIN DU**  
**RAMIER**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

La centrale du Moulin du Ramier est implantée en rive droite sur la commune d'Auterive (31), en amont du pont du CD 622 qui traverse l'Ariège. Elle est gérée par la société S.A. Ratié-Clamagirand qui possède également l'usine hydroélectrique du Moulin de la Ville présentée ultérieurement.

La figure ci-dessous présente le positionnement des installations précitées au droit de l'agglomération. Le barrage du Moulin de la ville est positionné en amont et dérive une partie des eaux de l'Ariège vers l'usine homonyme située la plus en aval. Le barrage du Ramier est quant à lui implanté dans le TCC du Moulin de la Ville à environ 600 m en aval du barrage amont. La restitution des eaux turbinées à l'usine du Ramier se situe en amont immédiat du pont d'Auterive.



L'aménagement hydroélectrique du Moulin du Ramier, est régi par arrêté préfectoral du 22 février 1988.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive droite à la rive gauche on recense successivement :

➤ **La prise d'eau et la vanne de décharge**

La prise d'eau de l'usine s'effectue en rive droite. Le canal d'amenée est contrôlé en tête par 5 vannes qui présentent les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 1.20 m
- Cote de seuil des vannages : 179.50 m NGF

Ces vannes sont commandées électriquement depuis l'usine mais elles ne sont pas asservies au niveau de la retenue.

Le canal d'aménée long d'environ 620 m transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique.

L'aménagement court-circuite un linéaire d'environ 860 m entre la prise d'eau et la restitution des eaux turbinées en aval de l'usine.

Le débit maximum prélevé autorisé par l'arrêté de 1988 est de 20 m<sup>3</sup>/s.

Une vanne de décharge (largeur : 3.80 m ; cote du seuil 178.50 m NGF) située à l'amont immédiat des vannes de garde doit être maintenue ouverte en cas de crue.



Vue de la prise d'eau et des vannes de garde



Vue du canal d'aménée depuis l'usine

### ➤ **Le seuil en lui même**

Le barrage du Moulin du Ramier se présente légèrement incliné par rapport aux écoulements, l'extrémité amont du seuil se situant en rive gauche. Sa crête de 60 m de largeur présente une altimétrie moyenne de 181.67 m NGF. Un deuxième déversoir long d'environ 35m et calé à la cote de 182.00mNGF est présent en rive gauche.

Entre les deux déversoirs, le site présente plusieurs aménagements destinés à assurer d'une part le franchissement de l'obstacle et d'autre part la restitution d'une grande partie du débit réservé. On recense ainsi successivement de la rive gauche vers la rive droite, la passe à poissons, une échancrure de débit d'attrait et enfin une glissière à canoës assurant le passage des embarcations.

La hauteur de chute au barrage est de l'ordre de 4.00 m en basses eaux.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du seuil sont les suivantes :

- Longueur totale du barrage : 138 m
- Longueur de la crête déversante : ≈ 60 m (déversoir RD)+ 35 m (déversoir RG)
- Cote d'arase du seuil : environ 181.67 mNGF (RD), 182.00 mNGF (RG)
- Dimensions de l'échancrure de débit d'attrait (l x h) : 3.80 m x 0.70 m calé à 181.11 mNGF
- Dimensions de l'échancrure de la glissière à canoës (l x h) : 2.10 m x 0.47 m calé à 181.35 mNGF
- Retenue normale (RN) : 181.82 mNGF



Vue du seuil et de la vanne de décharge depuis la rive droite



Vue des différents dispositifs en rive gauche du barrage

### ➤ **La passe à poissons**

La passe à poissons se situe à l'extrémité amont du barrage en rive gauche avant le déversoir rive gauche. Le dispositif de franchissement est composé de 12 bassins successifs et d'un bassin de tranquillisation à l'amont.

La passe est alimentée par une échancrure de 1.50 m de large. L'entrée hydraulique est protégée dans la retenue par un caillebotis métallique pourvu d'une trappe de visite.

Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est d'environ 0.50 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (181.82 m NGF).



Vue de la passe depuis la crête du seuil



Vue de la passe à poissons depuis l'aval

### ➤ **La rampe de débit d'attrait**

Une échancrure de 3.80 m de largeur, positionnée en rive droite de la passe permet l'ajout d'un débit d'attrait d'environ 4 m<sup>3</sup>/s à la RN. Une rampe immédiatement en aval permet de guider ce débit jusqu'en pied de la passe de manière à en augmenter l'attractivité.

### ➤ **La glissière à canoës**

En rive droite de la rampe de débit d'attrait, une glissière à canoës a été installée sur le barrage. Elle permet aux embarcations de passer le seuil du Ramier. Cette glissière alimentée grâce à une échancrure dans le barrage de 2.10 m de largeur calée à la cote de 181.35 mNGF, entonne un débit d'environ 1.5 m<sup>3</sup>/s à la RN.



Vue de la rampe de débit d'attrait et de la glissière à canoës depuis l'aval



Vue de l'injection du débit d'attrait en pied de la passe à poissons

1 : passe à poissons, 2 : rampe de débit d'attrait, 3 : glissière à canoës

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale du Moulin du Ramier est équipée de deux groupes (Francis et Kaplan). Le débit maximum turbiné à l'usine est de 20 m<sup>3</sup>/s sous 3.7 m de chute brute (Puissance maximale brute autorisée = 725 kW).

Les eaux turbinées sont restituées à la rivière en amont du pont sur le CD 622 par un canal de fuite d'environ 100 mètres de long. La cote de niveau d'eau maintenue au devant des grilles pour une cote au barrage égale à la RN est de l'ordre de 181.65 m NGF (cote du déversoir de sécurité en rive gauche du canal d'amenée = 181.62 mNGF).

Les caractéristiques des turbines tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000), sont les suivantes.

### ■ Turbine KAPLAN

- Débit maximum turbiné : 12 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 3.00 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 1.50 m
- Vitesse de rotation : 214 trs/min

### ■ Turbine FRANCIS

- Débit maximum turbiné : 8 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 3.00 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 17
- Diamètre de la roue : 0.85 m
- Vitesse de rotation : 107 trs/min

A noter également que la régulation est faite manuellement et que les turbines ne sont pas asservies au plan d'eau amont tout comme les vannes amont de prise (gestion manuelle pouvant entraîner des soucis de gestion du débit réservé).

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 15.0 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 60° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3 cm mesuré
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille.

Trois échancrures ont été pratiquées dans la réhausse en béton au dessus du plan de grille formant ainsi 3 exutoires de surfaces (2 latéraux et 1 en position centrale). Ces exutoires de surface sont ensuite connectés au canal de défeuillage et jouent le rôle d'exutoires de dévalaison. Le canal de défeuillage permet donc le transit des déchets flottants et des poissons vers le TCC.



Vue du plan de grille et du dégrilleur (au 1<sup>er</sup> plan). On peut voir également la vanne de décharge et le déversoir de sécurité (au 2<sup>nd</sup> plan)



Vue du déversoir de sécurité à l'usine

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site du Moulin du Ramier (Bassin versant égal à 3 320 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

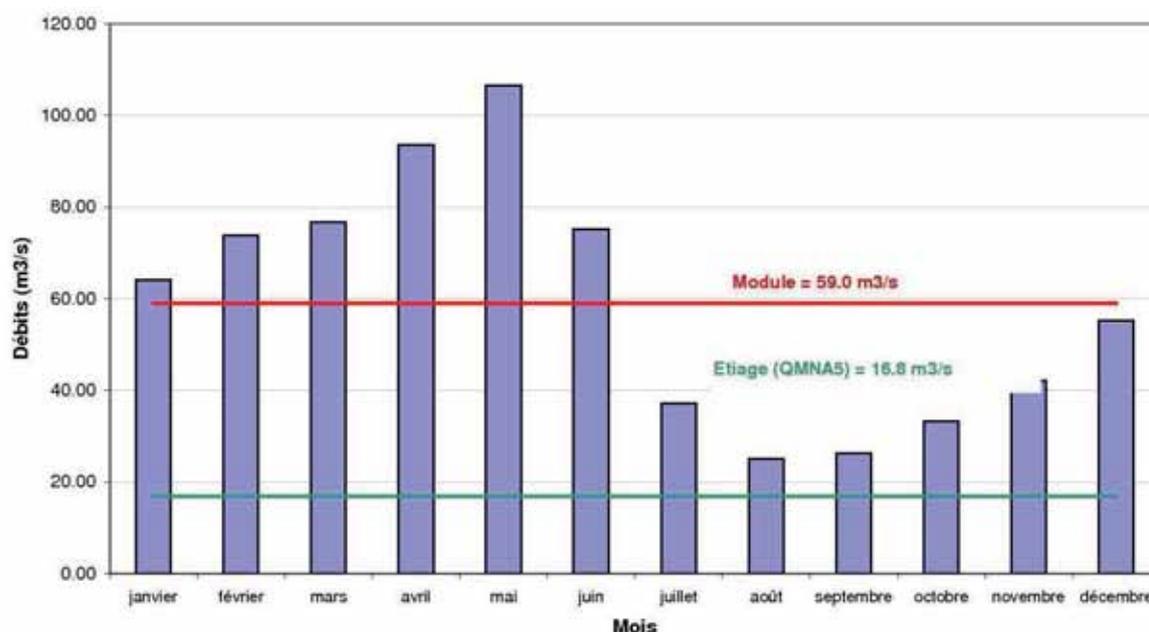
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : 59.0 m<sup>3</sup>/s
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : 16.8 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels au droit du site est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

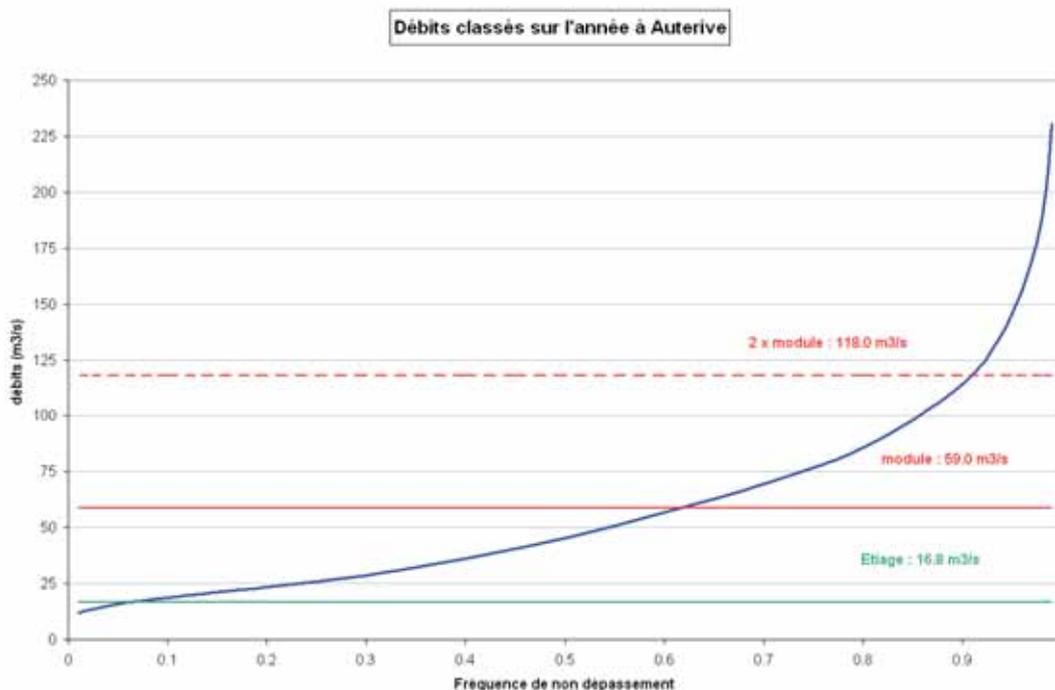
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
64.1	73.8	76.7	93.5	106.6	75.2	37.2	25.1	26.3	33.2	42.0	55.3



Evolution des débits moyens mensuels à Auterive

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
230.5	188.0	145.1	114.0	86.0	69.7	56.7	45.5	36.1	28.6	23.4	18.6	15.7	13.2	11.9



### Evolution des débits classés sur l'année à Auterive

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 360 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 540 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 650 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 910 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

### 2.2.1. REPARTITION THEORIQUE

Selon l'arrêté préfectoral d'autorisation de 1988, **le débit réservé au barrage est de 12 m<sup>3</sup>/s.**

La restitution de ce débit réservé à la RN est assurée au barrage selon la répartition suivante : 0.5 m<sup>3</sup>/s par la passe à poissons, 4.0 m<sup>3</sup>/s par l'échancrure de débit d'attrait, 1.5 m<sup>3</sup>/s par la glissière

à canoës, 6.0 m<sup>3</sup>/s par déversement droit du seuil et 0.5 m<sup>3</sup>/s par les exutoires de surface à l'usine.

Compte-tenu de l'existence de la prise d'eau de l'usine du Ramier dans le TCC du Moulin de la Ville, les conditions de répartition des débits dans le TCC et de fonctionnement de l'usine du Ramier sont les suivantes.

	Débit naturel (m <sup>3</sup> /s) de l'Ariège arrivant au barrage du Moulin de la Ville				
	0 < Q < 3	3 < Q < 15	15 < Q < 42	42 < Q < 62	Q > 62
Débit réservé minimum maintenu en aval du Moulin de la Ville et du Ramier (m <sup>3</sup> /s)	0 à 3	3 à 12	12	12	> 12
Débit dérivé vers le Moulin de la Ville (m <sup>3</sup> /s)	0	0 à 3	3 à 30	30	30
Débit dérivé vers le Moulin du Ramier (m <sup>3</sup> /s)	0	0	0	0 à 20	20

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des usines du moulin de la Ville (Qt max = 30 m<sup>3</sup>/s) et du moulin du Ramier (Qt max = 20.0 m<sup>3</sup>/s).

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA5	Module
Q Ariège (m <sup>3</sup> /s)	64.1	73.8	76.7	93.5	106.6	75.2	37.2	25.1	26.3	33.2	42.0	55.3	16.8	59.0
Q turbiné au moulin de la Ville (m <sup>3</sup> /s)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	25.2	13.1	14.3	21.2	30.0	30.0	4.8	30.0
Q dévalaison La Ville (m <sup>3</sup> /s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Q TCC aval seuil de la Ville (m <sup>3</sup> /s)	33.6	43.3	46.2	63.0	76.1	44.7	11.5 (Qrés.)	24.8	11.5 (Qrés.)	28.5				
Q turbiné au Ramier (m <sup>3</sup> /s)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	0.0	16.5
Q dévalaison Ramier (m <sup>3</sup> /s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Q TCC aval seuil du Ramier (m <sup>3</sup> /s)	13.1	22.8	25.7	42.5	55.6	24.2	11.0 (Qrés.)	11.5 (Qrés.)	11.0 (Qrés.)	11.5 (Qrés.)				

### 2.2.2. FONCTIONNEMENT ACTUEL DES USINES DE LA VILLE ET DU RAMIER

La répartition des débits présentée précédemment tient compte des prescriptions réglementaires notamment concernant la restitution du débit réservé dans le TCC de l'Ariège à l'aval du seuil de la Ville d'une part, et à l'aval du seuil du Ramier, d'autre part.

Lors de nos visites sur site avec l'exploitant, ce dernier nous a indiqué pratiquer une gestion différente en période hivernale et estivale. **En pratique, l'exploitant gère différemment ces centrales et la priorité de fonctionnement des deux usines est inversée en basses eaux.**

Ainsi en période de basses eaux, compte-tenu de faibles débits dans la rivière et d'éventuelles variations journalières de niveaux d'eau liées aux éclusées en amont, l'exploitant préfère arrêter l'usine du Moulin de la Ville et laisser en activité l'usine du Ramier. Compte-tenu de son équipement (2 groupes turbinant respectivement 12 et 8 m<sup>3</sup>/s), cette centrale lui permet ainsi de turbiner à un meilleur rendement les faibles débits et d'autant que le débit d'armement de la turbine du moulin de La ville est de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/s. De plus, l'absence d'asservissement des vannes de garde au niveau de la retenue amont, ne lui permet pas de gérer correctement la restitution du débit réservé en cas de baisse de débit, suite à une éclusée.

L'hiver, compte-tenu des débits plus importants de l'Ariège, la priorité est donnée à l'usine de la Ville dont le débit maximum turbinable est de 30 m<sup>3</sup>/s. Cette turbine est en fonctionnement globalement de décembre jusqu'à mi-juillet. Cependant, en cas de variation de débit notable en période hivernale, **sa gestion manuelle des vannes de tête ne lui permet pas de garantir une gestion optimale du débit réservé.**

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

Des relevés de ligne d'eau au droit du barrage du Ramier ont été effectués lors de nos visites sur site les 23 avril et 27 juillet 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit de l'Ariège à Auterive	Débit turbiné à l'usine du Ramier	Débit turbiné Moulin de la Ville	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
23/04/2010	62.1 m <sup>3</sup> /s (≈ module)	Kaplan à l'arrêt ≈ 6.5 m <sup>3</sup> /s par la Francis	≈ 30 m <sup>3</sup> /s	181.97	178.07	3.90 m
27/07/2010	23.6 m <sup>3</sup> /s (1.4 x QMNA5)	≈ 6.5 m <sup>3</sup> /s par la Francis	0 m <sup>3</sup> /s	181.88	177.93	3.95 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées par rapport au NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- d'un débit turbiné maximal de 30 m<sup>3</sup>/s à l'usine du Moulin de la Ville ,
- d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège	Débit Ariège seuil du Ramier (m <sup>3</sup> /s)	Débit turbiné au Ramier Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit exutoire dévalaison Qe (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait Qa (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil Qs (m <sup>3</sup> /s)	Débit glissière canoës Qc (m <sup>3</sup> /s)	Débit TCC aval barrage du Ramier (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (16.8 m <sup>3</sup> /s)	11.5	0.0	0.5	0.5	3.8	5.7	1.0	11.0	181.81	177.82	3.99 m
Module (59 m <sup>3</sup> /s)	28.5	16.5	0.5	0.5	4.0	6.3	1.2	12.0	181.82	177.82	4.00 m
1,5 x module (88.5 m <sup>3</sup> /s)	58.0	20.0	0.5	0.7	6.3	28.2	2.3	37.5	182.07	178.27	3.80 m
2 x module (118 m <sup>3</sup> /s)	87.5	20.0	0.5	0.8	8.2	54.8	3.2	67.0	182.25	178.75	3.50 m

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement de type **passé à bassins successifs à échancrures latérales alternées et à orifices de fond**. Cet ouvrage est implanté en rive gauche entre les deux déversoirs droit et gauche.

La prise d'eau d'alimentation s'effectue dans la retenue via un bassin de tranquillisation dont l'entrée est positionnée perpendiculairement aux écoulements.

Une échancrure réalisée dans le seuil en rive droite de la passe permet l'injection d'un débit supplémentaire en pied de l'ouvrage de manière à augmenter son attractivité.

La passe à embarcations (passe à chevrons bois) située également en rive droite de l'échancrure de débit d'attrait permet également d'entonner un débit supplémentaire accentuant l'attractivité du secteur.

**A la cote de retenue normale (181.82 m NGF) la passe, l'échancrure de débit d'attrait et la passe à embarcations transitent respectivement 0.5 m<sup>3</sup>/s, 4.0 m<sup>3</sup>/s et 1.2 m<sup>3</sup>/s.**

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Longueur développée de l'ouvrage : environ 45 m
- Dimensions des échancrures (l x h) : 0.40 m x 0.90 m
- Nombre de chutes : 13 chutes de 0.30 m (chute aval = 0.35m)
- Dimensions des bassins (L x l) : 3.00 m x 1.80 m

##### 3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège au Moulin de la Ville	Débit TCC amont barrage Ramier (Qtcc1)	Débit TCC aval barrage Ramier (Qtcc2)	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit d'attrait + canoës (Qa)	Chute max	Type jet	Tirant d'eau moyen	Puis. diss max W/m3	Attractivité du dispositif (Qpap+Qa/Qtcc2)	Attractivité Du TCC (Qtcc2/Qtcc1)
Étiage (16.8 m <sup>3</sup> /s)	11.5 m <sup>3</sup> /s	11.0 m <sup>3</sup> /s	0.5 m <sup>3</sup> /s	4.8 m <sup>3</sup> /s	0.35 m	Peu plongeant	1.60 m	180	44 %	96 %
Module (59.0 m <sup>3</sup> /s)	28.5 m <sup>3</sup> /s	12.0 m <sup>3</sup> /s	0.5 m <sup>3</sup> /s	5.2 m <sup>3</sup> /s	0.35 m	Peu plongeant	1.60 m	180	43 %	42 %
1,5 x module (88.5 m <sup>3</sup> /s)	58.0 m <sup>3</sup> /s	37.5 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	8.6 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	Peu plongeant	1.85 m	195	23 %	65 %
2 x module (118.0 m <sup>3</sup> /s)	87.5 m <sup>3</sup> /s	67.0 m <sup>3</sup> /s	0.8 m <sup>3</sup> /s	11.4 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	Peu plongeant	2.05 m	200	17 %	77 %

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du TCC au droit de la restitution de l'usine

L'attractivité du tronçon court-circuité du Ramier a été évaluée au droit de la restitution des débits turbinés à l'usine (voir dernière colonne du tableau précédent). Les valeurs obtenues montrent que globalement le tronçon court-circuité transite près de la totalité (96 %) du débit à l'étiage et 77 % à 2 fois le module.

Au module en revanche, 58% du débit transite par le canal de fuite de l'usine. La longueur du canal de fuite (100 m environ) devrait entraîner un retard des poissons empruntant ce canal de fuite, ce qui peut être problématique pour des poissons se présentant tardivement ou en période estivale (température de l'eau).



Vue du TCC et de la sortie du canal de fuite

#### ■ Attractivité de la passe au barrage

- Attractivité de la rive gauche

La passe ne transite qu'un débit limité compris entre 0.5 et 0.8 m<sup>3</sup>/s suivant les conditions hydrologiques. Cependant l'attractivité du secteur d'implantation de la passe est améliorée par l'apport du débit d'attrait et du débit de la passe à embarcations à proximité du pied de la passe

Ainsi, le débit cumulé de la passe à poissons et des débits d'attrait (échancrure d'attrait et passe à embarcations) représente environ 45 % du débit total dans le TCC à l'étiage et au module et 17 % à 2 fois le module.

Aussi, au vu de la configuration du site, et de la répartition des débits au barrage, les poissons devraient se présenter préférentiellement en rive gauche où est implantée la passe à poissons.

La rive gauche bénéficie donc d'une attractivité satisfaisante en basses eaux et les poissons doivent se présenter préférentiellement en rive gauche au niveau des dispositifs.

En eaux plus fortes, les enrochements situés entre les passes et le déversoir droit ont tendance à concentrer les écoulements déversants au seuil et fonctionnent un peu comme une « passe en écharpe ». Ces enrochements créant une discontinuité du pied du seuil et fonctionnant « en écharpe » risquent de limiter l'accessibilité vers la rive gauche des poissons se présentant en rive droite. Ces poissons pourraient alors avoir tendance à essayer de franchir le seuil par ce secteur (risques de blessures).



Vue du site le 03 mai 2010 (Conditions équivalentes à des eaux moyennes)

« Pseudo fonctionnement en écharpe de ces enrochements »



Vue des déversements au seuil le 23 avril 2010 (Conditions équivalentes à des eaux moyennes)



Vue des déversements au seuil le 17 mai 2010 (Conditions équivalentes à 1.5 fois le module environ)

- Attractivité de la passe

En situation de basses eaux et d'eaux moyennes, le débit dans la passe de 500 l/s permet de créer un écoulement en pied de débit d'attrait qui devrait être « visible » pour les poissons, bien qu'il soit un peu masqué par les écoulements provenant du débit d'attrait.

Par contre, en eaux plus fortes, nous avons pu constater sur site que lorsque des déversements se produisent en rive gauche, la configuration du parement aval du barrage entraîne une

concentration de ces écoulements contre le bajoyer rive gauche de la passe, au niveau de la dernière cloison. Ce jet pincé vient alors masquer partiellement l'entrée de la passe située entre ce jet et celui du débit d'attrait..



Conditions d'écoulement en basses eaux



Conditions d'écoulement à environ 1.5 fois le module. On peut voir que la sortie de la passe est peu visible

### ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

L'étude des conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage ne montre pas de réelles difficultés pour le franchissement des poissons dits sauteurs comme les salmonidés notamment. Les puissances dissipées demeurent modérées et les tirants d'eau suffisamment conséquents à la fois pour une dissipation correcte de l'énergie et une prise d'appel pour les poissons.

Les chutes maximales sont de l'ordre de 30 cm sur l'ensemble des cloisons et de 35 cm à l'étiage sur la cloison aval.

Pour l'anguille et la lamproie marine (espèces susceptibles d'être présentes également sur le site et intégrées au futur classement au L214.17), les jets assez peu plongeants et les vitesses d'écoulement au niveau des échancrures devraient pouvoir permettre le franchissement de ces deux espèces, avec tout de même une certaine sélectivité.

On peut noter que la configuration du barrage et l'absence de rugosités importantes sur le coursier du seuil ne permettent pas d'offrir des zones privilégiées de passage par reptation pour l'anguille.

Il convient également de préciser que ces valeurs sont les valeurs théoriques obtenues par simulation sur le logiciel CASSIOPEE à partir des dimensions et cotes relevées sur le terrain et sur les plans projet.

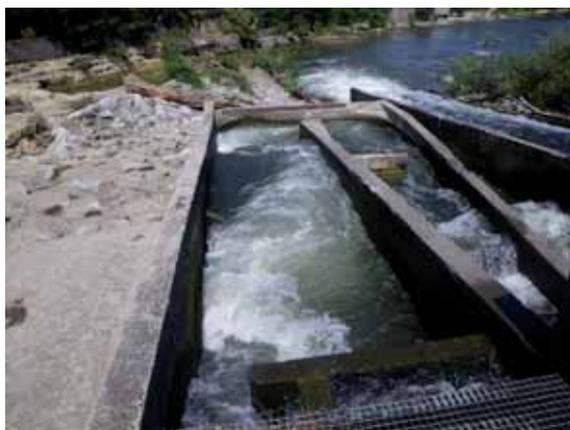
## ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Lors de nos diverses visites, nous avons pu constater sur certaines cloisons, des écarts conséquents entre les chutes théoriques dans l'ouvrage et les chutes réellement mesurées. Ceci est particulièrement notable au niveau de la seconde chute qui était anormalement élevée (de l'ordre de 50 cm). Ce dysfonctionnement est provoqué par le fait que la cloison 3 est détruite. D'après le propriétaire, cette cloison n°3 aurait été vraisemblablement détruite par un tronc venu la percuter lors de déversements importants au barrage.

Nous avons pu constater également d'autres dysfonctionnements :

- un comblement du bassin n°3 et de l'échancrure de la cloison n°4, sans doute lié aux débris de la cloison n°3 détruite,
- l'absence de déflecteurs sur la cloison n°7

L'accumulation de débris et bois en tête de la passe à poissons montre la forte sensibilité de l'ouvrage au colmatage par les déchets flottants. On peut penser au vu de son implantation qu'en période de fortes eaux, l'ouvrage doit être difficilement accessible pour son entretien, ce qui semble être confirmé par le propriétaire.



Absence de la cloison n°3 provoquant des chutes déséquilibrées



Sensibilité de la passe au colmatage (dépôts laissés par les crues)

## ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

- Pourcentage de franchissement

Au cours des cinq années de suivi seules les années 2002, 2003 et 2004 ont vu des saumons marqués se présenter à l'aval du seuil du Moulin du Ramier. Au total ce sont 6 individus qui sont parvenus à le franchir sur les 7 qui se sont présentés au droit de l'ouvrage (taux de franchissement = 86 %).

Le détail est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2002	2003	2004	TOTAL
Individus se présentant au Moulin du Ramier	1	1	5	7
Individus parvenus à l'amont du Moulin du Ramier	0	1	5	6

- Durée de blocage induite par l'aménagement

En raison de l'absence de station de réception au niveau des obstacles à l'amont de Grépiac, seule une durée maximale de blocage a pu être calculée. Ces valeurs de durée maximale doivent être regardées avec précaution.

En 2002, le saumon ayant emprunté l'Ariège et parvenu à l'amont de Grépiac a été bloqué au seuil du Moulin du Ramier. Il a finalement dévalé jusqu'à un pool situé entre les deux aménagements. La durée maximale de blocage est de 23 jours.

A noter qu'en 2003, le saumon étant parvenu à l'amont de Grépiac, a ensuite franchi les 3 ouvrages du Moulin de la Ville, du moulin du Ramier et de Saverdun en moins de 23 jours.

En 2004, la durée moyenne de blocage au droit de l'aménagement du Moulin du Ramier est de 6 jours pour les 5 individus ayant franchi le site.

#### ■ Bilan du diagnostic

**Ainsi de manière générale, le dispositif actuel de par son dimensionnement, offre des conditions hydrauliques satisfaisantes notamment par les salmonidés migrateurs.**

**On peut penser aussi que les anguilles et les lamproies doivent pouvoir passer le site avec tout de même une certaine sélectivité.**

**Pour l'alose, les écoulements dans la passe devraient se révéler assez pénalisants, mais au vu du faible enjeu en amont pour cette espèce, on considèrera qu'il n'y a pas de soucis particuliers pour cette espèce.**

**Il nous paraît par contre nécessaire d'intervenir sur l'ouvrage pour réparer la cloison détruite et vérifier l'état de comblement des orifices de fond.**

**Sur un plan plus général, il nous semble indispensable au vu des problèmes de colmatage par les embâcles qui semblent récurrents sur ce site, de traiter de manière plus durable cet aspect en réalisant des travaux. Pour cela, il pourrait être intéressant :**

- de pouvoir batardeur la passe à poissons (vannage ou rainures à batardeaux),
- de recouvrir à minima la moitié supérieure de la passe par du caillebotis démontable,
- de créer une sorte de déflecteur en amont pour inciter les arbres à transiter par le débit d'attrait.

**Avec un enjeu moindre, il pourrait être intéressant de reprendre les enrochements situés en pied de seuil en rive droite de la passe à canoës-kayaks, de manière à assurer une meilleure liaison entre la rive droite et la rive gauche.**

**L'attractivité du canal de fuite même si elle peut être problématique en eaux moyennes, ne nous semble pas militer tout de même pour un traitement particulier de ce point.**

**En complément et de manière à assurer une bonne gestion du débit réservé, il nous paraît par contre indispensable que les vannes de tête et les turbines soient asservies également au plan d'eau amont.**

**De plus, sur un plan plus réglementaire, mais également pour limiter l'entrée des migrateurs dans le canal de fuite du Ramier, il faudrait que le propriétaire fonctionne avec l'usine du moulin de la Ville et non avec celle du Ramier, dès lors que le débit de l'Ariège est inférieur à 42 m<sup>3</sup>/s.**

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	178.80	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	181.65	m NGF
Cote haut de grille :	181.20	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	15	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	60	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	2.85	m
Longueur totale de la grille :	2.77	m
Longueur immergée totale de la grille :	2.77	m
Longueur immergée active :	2.77	m
Largeur totale du plan de grille :	15.0	m
Surface totale du plan de grille :	42	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	42	m <sup>2</sup>
Surface immergée active :	42	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	20	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.56	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.48	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.28	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On constate que la vitesse normale est légèrement inférieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

Actuellement le site présente trois exutoires de surface pratiqués dans le béton au dessus du plan de grille.

Les poissons qui empruntent ces exutoires rejoignent ensuite le canal de défeuillage de l'usine et sont ensuite évacués par une goulotte. Cette goulotte renvoie les eaux vers le canalet de décharge en aval de la vanne de décharge du canal d'amenée. Une vanne levante positionnée dans le canalet de décharge est censée former un matelas d'eau pour la réception des poissons dans le canalet de décharge. Les poissons sont ensuite évacués vers le TCC de l'Ariège.

Les caractéristiques dimensionnelles de ces ouvrages sont récapitulées ci-après.

- Largeur des exutoires : exutoires central et rive gauche : 0.50 m ; exutoire rive droite : 0.80 m
- Cote de déversement : 181.35 m NGF
- Débit à la RN (équivalent à une cote de 181.65 m NGF dans le canal d'amenée) : 0.50 m<sup>3</sup>/s

La dévalaison doit être assurée toute l'année selon l'arrêté préfectoral.



Vue des exutoires de surfaces (indiqués par des flèches) au droit du plan de grille



Vue du canal de défeuillage



Vue de la restitution au niveau du canal de décharge



Restitution des poissons au TCC : les poissons circulent sur le béton (voir flèche)

### 3.2.3. EFFICACITÉ DU DISPOSITIF DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

Le débit de la dévalaison peut fluctuer avec la variation de la cote de la ligne d'eau. Lorsque la cote du plan d'eau est égal à la Retenue Normale, il entonne un débit d'environ 500 l/s, ce qui représente environ 2.5 % du débit maximum turbiné. Un tel débit est assez faible au vu du retour d'expérience sur l'efficacité des exutoires.

Compte-tenu des conditions d'écoulement dans le canal, les risques de plaquage des poissons sur les grilles sont limités d'autant que l'espacement entre-barreaux est de 3 cm, ce qui permet le passage physique des poissons.

Au vu du débit des exutoires (2.5% du débit maximum turbiné), de l'espacement entre barreaux (3cm), de l'absence de réelles vitesses tangentielles ascendantes au plan de grille et du tirant d'eau assez faible sur les échancrures de dévalaison (30cm à la RN), on peut penser que ces exutoires admettent une **efficacité modérée** de l'ordre de 50 %.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, **la perméabilité de la grille peut être évaluée à 80 % pour des anguilles de 70 cm en raison d'un espacement entre barreaux de 3 cm.**

### 3.2.4. PROBLEMES SUPPLEMENTAIRES A LA DEVALAISON

Précisons également que la restitution des poissons en aval des exutoires n'est pas optimale. En effet, en aval du pseudo-bassin de récupération des poissons, le retour des poissons vers le TCC se fait directement sur le béton. Les tirants d'eau sont faibles (5 cm environ), ce qui peut occasionner des fortes blessures aux poissons (écaillage).



Vu de la restitution vers le TCC

On peut noter également que le 17 mai 2010, en période de dévalaison, la vanne levante permettant de créer un bassin de réception était levée, ce qui limitait fortement le tirant d'eau dans le bassin (pas assez de matelas d'eau entraînant des risques accrus de blessures par choc).

Lorsque la vanne est fermée comme le 23 avril 2010, il n'y a pas de problème majeur sur ce point.



Vanne levante ouverte partiellement (17 mai 2010) et réduisant le tirant d'eau dans le bassin



Vanne levante fermée (23 avril 2010) permettant de créer un bassin de réception suffisant

### 3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers de la turbine hydroélectrique ont été calculés à partir des caractéristiques des groupes installés et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3). Pour le smolt, ils sont tirés de l'étude effectuée par Bosc et Larinier (2000).

Pour l'anguille (taille moyenne de 70 cm), ils ont été évalués à partir des données des caractéristiques hydromécaniques des turbines fournies dans l'étude de Bosc et Larinier.

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 9.7 % (13 % pour la Francis et 7 % pour la Kaplan).**

Pour les anguilles, compte-tenu d'une taille nettement plus importante, **le taux de mortalité lors du passage par l'usine, s'élève à 47 % (33 % pour la Francis et 58 % pour la Kaplan).**

### 3.2.6. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

Il est possible d'estimer un taux de mortalité global de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguilles dévalants.

**Pour le site du Moulin du Ramier, le taux de mortalité générale au droit du site s'élève ainsi à 2.9 % pour les smolts et 4 % pour les anguilles.**

### **3.2.7. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

Au vu du diagnostic il apparaît que l'exutoire présente une efficacité moyenne.

Cette usine étant située dans le TCC de l'usine du moulin de la Ville, il est important d'avoir également une vision globale de la dévalaison à l'échelle de ces deux sites.

Au vu du débit turbiné par cette usine de la Ville, la majorité des poissons transitant à Auterive vont s'engager vers l'usine du moulin de la Ville en cas de faible hydraulité. Par contre, lors de forte hydraulité, les déversements au barrage de la Ville sont plus conséquents et vont ensuite être entonnés par l'usine du Ramier.

On peut constater que l'amélioration de l'efficacité de la dévalaison est moins prioritaire qu'au moulin de La Ville tant pour l'anguille que pour les salmonidés.

Cependant, la restitution des poissons transitant par le dispositif de dévalaison est à améliorer absolument. Pour cela la vanne devra être maintenue fermée pour assurer un bassin de réception aux poissons. A l'aval on aménagera deux murets pour réaliser un canal de liaison entre ce bassin et le TCC avec un tirant d'eau suffisant pour éviter les écaillages de poissons.

L'amélioration de l'efficacité de la dévalaison au droit du site passerait inévitablement par une réduction de l'écartement entre barreaux du plan de grille, de manière à assurer autant que possible une barrière physique pour les poissons.

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

### 4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

Le diagnostic de la franchissabilité montre que globalement le site du Moulin du Ramier ne présente pas de difficultés majeures pour la montaison des poissons.

Cependant, il a été mis en évidence que le fonctionnement actuel n'est toutefois pas optimal et que des aménagements et des modifications de gestion simples au barrage et à l'usine permettraient d'améliorer significativement la situation sans mettre en œuvre de coûts importants.

Ces aménagements sont détaillés ci-après.

#### 4.1.1. AMÉLIORATION DE LA GESTION DES DÉBITS

Actuellement le canal de fuite de l'usine du Ramier est susceptible d'exercer une attractivité importante pour le poisson, particulièrement en eaux moyennes (module) où 58 % du débit à l'aval du barrage du Moulin de la Ville est dérivé au barrage du Ramier et turbiné à l'usine. Du fait de la longueur du canal de fuite (100m environ), les poissons peuvent éprouver des difficultés à regagner le TCC une fois engagés dans le canal de fuite.

Toutefois, l'attractivité du canal de fuite reste limitée ce qui ne milite pas pour l'aménagement d'un dispositif de franchissement spécifique de montaison à l'usine ou d'un canal de liaison entre le canal de fuite et le TCC.

La situation pourra être améliorée par une modification de la gestion des débits turbinés et par la mise en place d'un asservissement à l'usine.

##### ■ **Modification de la gestion des usines du Ramier et de la Ville**

Réglementairement, le propriétaire est tenu de ne pas dériver d'eau vers l'usine du Ramier tant que le débit de l'Ariège au barrage du Moulin de la Ville situé en amont ne dépasse pas 42 m<sup>3</sup>/s.

Actuellement, l'exploitant effectue une gestion inverse en privilégiant de turbiner au Moulin du Ramier plutôt qu'au Moulin de la Ville pour des raisons de rentabilité (possibilité de turbinage de petits débits à l'usine du Ramier contrairement au moulin de la Ville).

En situation future il conviendra que le propriétaire se mette en accord avec le règlement d'eau de ces usines et applique la répartition des débits dérivés indiqués. Cela permettra de limiter les problèmes potentiels d'attractivité du canal de fuite.

##### ■ **Mise en place d'un asservissement**

Actuellement les vannes en tête du canal d'amenée au moulin du Ramier ne sont pas asservies au niveau de la retenue. Il est donc difficile voire impossible d'assurer une restitution correcte du débit réservé dans le TCC à l'aval et ce notamment lors de baisses de débits rapides dues aux éclusées amont. Cette problématique de gestion est d'autant plus difficile que les turbines ne sont même pas asservies au plan d'eau amont.

Il est donc nécessaire de mettre en place tous les asservissements nécessaires (vannages et turbines) de manière à garantir la restitution du débit réservé réglementaire dans le tronçon court-circuité et d'éviter de pénaliser notamment son attractivité.

#### **4.1.2. PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION AU NIVEAU DU BARRAGE**

La passe à poissons existante au barrage présente des conditions hydrauliques dans l'ensemble assez favorables au franchissement des espèces, avec une nuance pour l'alose qui doit éprouver plus de fortes difficultés. Cependant, l'enjeu pour cette espèce en amont d'Auterive ne milite pas pour la conception d'un nouvel ouvrage adapté.

Quelques aménagements peuvent toutefois être envisagés au barrage de manière à améliorer globalement la situation actuelle sans entreprendre de travaux importants. Ces aménagements sont détaillés ci-après.

##### **■ Améliorations au niveau de la passe à bassins**

Les visites effectuées au barrage ont permis d'observer quelques dysfonctionnements dans l'ouvrage (répartition inégale des chutes, encombrement des bassins, etc.). Ces dysfonctionnements principalement la conséquence d'un encombrement de l'ouvrage par des déchets divers, des branches et des troncs.

De par sa position centrale au barrage, la passe est exposée aux troncs charriés par la rivière en cas de crue. Lors des surverses sur l'ouvrage, ces déchets viennent encombrer les bassins, colmater les orifices de fond, etc. Nous avons également constaté la destruction d'une cloison occasionnée à priori par le choc d'un tronc d'arbres en crue.

- Protection du dispositif contre les corps flottants

On préconise donc de mettre en place des protections de la passe pour limiter ces problèmes. La passe sera ainsi couverte par un caillebotis qui limitera les entrées de déchets divers dans l'ouvrage en cas de surverses. Ce caillebotis devra être facilement amovible pour pouvoir accéder aux bassins de la passe en cas de besoin.

En complément on propose d'équiper l'entrée de la passe avec une grille. Ce dispositif permettra de limiter les entrées de déchets flottant dans la passe et de diminuer ainsi les risques de colmatage. Pour rester fonctionnelle, cette grille devra être nettoyée régulièrement. Les barreaux seront amovibles pour pouvoir être retirés en cas de besoin. L'espacement entre le barreaux devra être suffisant pour laisser transiter les poissons. Un écartement de 25 à 30 cm sera un minimum.

Enfin, on propose d'aménager un déflecteur en forme de ^ en amont du bassin de tranquillisation amont de la passe.. Cet ouvrage réalisé en enrochements noyés au béton permettra de dévier les déchets flottants à l'approche de l'ouvrage et d'éviter ainsi qu'ils ne s'accumulent sur et au devant de l'entrée hydraulique de la passe.

En cas de besoin et notamment pour réaliser les travaux d'entretien de la passe il est nécessaire de pouvoir facilement batardeur la passe à poissons de manière à la mettre hors d'eau. Par retour d'expérience, il est préférable d'installer une vanne levante. Cependant, le site étant soumis aux embâcles, il paraît préférable d'installer uniquement des rainures à batardeaux au niveau de l'entrée hydraulique de la passe.

- Reprise des cloisons de la passe

Certaines cloisons de la passe sont plus ou moins endommagées, la troisième étant carrément détruite. Il est donc impératif de procéder à la reprise de l'ensemble des cloisons de la passe. La solidité des bétons sera vérifiée et les cloisons seront reprises ou carrément remplacées si besoin.

Des déflecteurs opérationnels devront équiper chacune des cloisons. Actuellement certains sont abîmés et la cloison n° 7 n'en possède pas. On s'as surera donc que chaque cloison soit pourvue d'un déflecteur fonctionnel, prolongé jusqu'en fond de bassin.

#### ■ Reprise des enrochements en pied de seuil

Lors de déversements au barrage, les enrochements situés en pied de seuil en rive droite de la passe à embarcations ont tendance à concentrer les écoulements déversants et doivent limiter l'accessibilité vers la rive gauche.



Vue du site le 03 mai 2010 (Conditions équivalentes à des eaux moyennes)

On propose de reprendre ces enrochements de manière à améliorer la liaison entre la rive droite et la rive gauche. Ils seront partiellement abaissés pour rester ennoyés en eaux moyennes et éviter que les poissons ne se blessent en tentant de franchir le seuil par ce secteur.

#### 4.1.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	20 K€
Génie civil / reprise cloisons	5 K€
Déflecteur amont	5 K€
Equipements divers (grille, caillebotis...)	10 K€
Asservissement	20 K€
Études diverses, divers et imprévus	20 K€
<b>TOTAL</b>	<b>85 K€</b>

#### 4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON

L'exutoire de dévalaison actuel présente une efficacité moyenne et les dommages à la dévalaison restent conséquents que ce soit pour les smolts ou pour les anguilles.

De plus, le diagnostic a mis en évidence que les conditions de restitution des poissons ne sont pas satisfaisantes et qu'il est impératif de les améliorer.

On propose en priorité d'améliorer la restitution et dans un deuxième temps de réduire l'espacement entre barreaux du plan de grille à 2 cm contre 3 cm actuellement pour réaliser une

barrière (physique et comportementale) plus efficace et améliorer ainsi l'efficacité des dispositifs de dévalaison.

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.

#### 4.2.1. AMELIORATION DE LA RESTITUTION DES POISSONS

##### ■ Maintien d'un bassin de réception en sortie de l'exutoire

Comme indiqué au §3, une vanne positionnée dans le canal de restitution des poissons doit assurer un matelas d'eau en formant un bassin lorsqu'elle est en position fermée.

Il est donc impératif de maintenir cette vanne en position fermée pour garantir la formation du bassin. Les poissons dévaleront ensuite par dessus la vanne avant de rejoindre le TCC.

##### ■ Création d'un chenal de liaison jusqu'au TCC

Actuellement les poissons rejoignent le TCC en dévalant sur le radier béton en pied du déversoir. Les tirants d'eau y sont trop faibles (5 cm environ) et les poissons subissent vraisemblablement des dommages (écaillage, etc.).

On propose donc de concentrer le débit de la dévalaison au sein d'un canalet aménagé grâce à deux petits murets d'une quarantaine de centimètres de hauteur, réalisés sur ce radier béton. La dimension du canalet devra permettre d'assurer un tirant d'eau minimum de 20 cm jusqu'au TCC.

Les principales dimensions de ce canal sont récapitulées ci-dessous :

- Longueur : 10 m environ
- Largeur : 0.75 m
- Pente moyenne : 4%
- Tirant d'eau moyen : 20 cm

#### 4.2.2. MODIFICATION DU PLAN DE GRILLE

Afin d'évaluer la faisabilité technique de la mise en place d'un nouveau plan de grille, nous avons procédé à une comparaison des pertes de charges induites par la réduction de l'espacement entre barreaux par rapport au plan de grille actuel. Les autres caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées.

De manière à assurer une bonne barrière comportementale et/ou physique, nous avons vu qu'il est nécessaire d'avoir un **espacement entre barreaux de 20 mm**.

Pour limiter les pertes de charge et les risques de blocage entre les barreaux de petits corps flottants, nous préconisons d'installer des barreaux de **8 mm d'épaisseur** ayant une forme arrondie. Cependant, sur un plan plus sécuritaire vis à vis des pertes de charges, nous regarderons la faisabilité d'installer des barreaux rectangulaires.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la **formule de Meusburger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille actuel (espacement entre barreaux de 3 cm) et projeté (espacement entre barreaux de 2 cm) en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT = 3 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.23	0.49	0.76
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.016	0.016	0.016
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>
<b>PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT = 2 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.45	0.81	1.19
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.016	0.016	0.016
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>

Les calculs de pertes de charge réalisés avec réduction de l'écartement inter-barreaux, montrent que la réduction de l'espacement n'induit pas d'augmentation significative des pertes de charges au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Afin d'améliorer les conditions de dévalaison, il pourra donc être envisagé d'installer un nouveau plan de grille dont l'espacement entre les barreaux serait égal à 2 cm.

Cette réduction sera effective sur l'ensemble de la hauteur de la grille pour tenir compte du comportement des différentes espèces lors de la dévalaison.

Une reprise du râteau du dégrilleur pourra également être nécessaire.

### **4.2.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS**

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

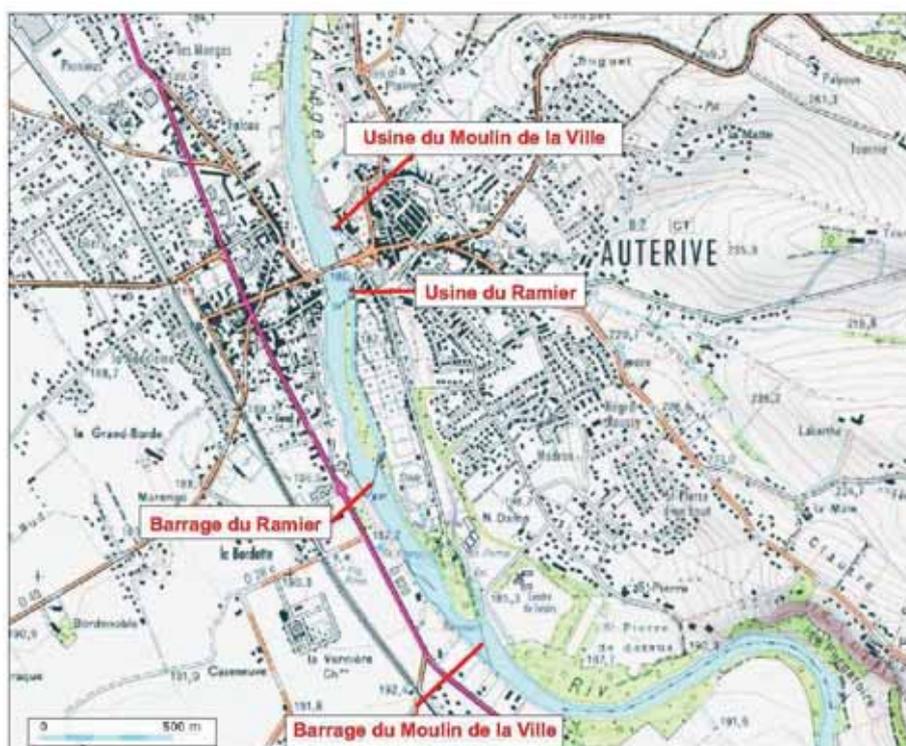
DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Amélioration de la restitution	5 K€
Plans de grille	30 K€
Modification du dégrilleur	2 K€
Études diverses, divers et imprévus	18 K€
<b>TOTAL</b>	<b>60 K€</b>

**AUTERIVE – MOULIN DE LA**  
**VILLE**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

La centrale du Moulin de la Ville est implantée en rive droite sur la commune d'Auterive (31), en aval du pont sur le CD 622 qui traverse l'Ariège. Elle est gérée par la société S.A. Ratié-Clamagirand qui possède également une seconde usine hydroélectrique sur la commune : l'usine du Ramier, située dans le Tronçon Court Circuité par l'usine du Moulin de la Ville.

La figure ci-dessous reprend le positionnement des installations précitées au droit de l'agglomération. Le barrage du Moulin de la Ville est positionné en amont et dérive une partie des eaux de l'Ariège vers l'usine homonyme située la plus en aval. Le barrage du Ramier est quant à lui implanté dans le TCC du Moulin de la Ville à environ 600 m en aval du barrage amont. La restitution des eaux turbinées à l'usine du Ramier se situe en amont immédiat du pont d'Auterive.



L'aménagement hydroélectrique du Moulin de la Ville, est régi par arrêté préfectoral du 22 février 1988.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive droite à la rive gauche on recense successivement :

➤ **La prise d'eau et la vanne de décharge**

La prise d'eau de l'usine s'effectue en rive droite. Le canal d'amenée est contrôlé en tête par 5 vannes qui présentent les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 4 vannes de 1.90 m de largeur + 1 vanne de 1.19 m de largeur
- Cote de seuil des vannages : 182.00 m NGF

Ces vannes sont commandées électriquement depuis l'usine mais elles ne sont pas asservies au niveau d'eau de la retenue.

Le canal d'aménée long d'environ 1.4 km transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique. Il court-circuite un linéaire d'environ 1.8 km entre la prise d'eau et la restitution des eaux turbinées en aval de l'usine.

Le débit maximum prélevé autorisé par l'arrêté de 1988 est de 30 m<sup>3</sup>/s.

Une vanne de décharge (largeur : 3.90 m ; cote du seuil 182.30 m NGF) située à l'amont immédiat des vannes de garde doit être maintenue ouverte en cas de crue.



Vue des vannes de garde



Vue de la prise d'eau et de la sonde de niveau au droit de l'échelle limnimétrique

### ➤ **Le seuil en lui-même**

Le barrage du moulin de la ville est incliné par rapport aux écoulements, l'extrémité amont du seuil se situant en rive gauche. Sa crête présente une altimétrie variable comprise entre 183.84 et 184.21 mNGF.

Le déversoir est équipé de douze pertuis de chasse bâtardeés de 1.30 m de largeur dont les seuils sont calés à 181.90 mNGF.

Il présente en rive gauche une échancrure jouant le rôle de débit d'attrait pour la passe à poissons. Elle permet d'entonner un débit de l'ordre de 6.50 m<sup>3</sup>/s à la RN.

La hauteur de chute au barrage est de l'ordre de 2.00 m en basses eaux.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du seuil sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 243 m,
- Cote d'arase du seuil : variable entre 183.84 et 184.21 m NGF,
- Dimensions de l'échancrure de débit d'attrait (l x h) : 15.0 m x 0.40 m
- Retenue normale (RN) : 183.90 m NGF



Vue du seuil et des pertuis de chasse depuis la rive droite

Echancrure débit d'attrait      Passe à poissons



Vue de l'échancrure de débit d'attrait depuis la rive gauche

### ➤ La passe mixte (poissons et canoës)

La passe à poissons se situe à l'extrémité amont du barrage en rive gauche. Elle est également censée assurer le passage du seuil par les embarcations (canoës-kayaks). Le dispositif de franchissement est composé de 4 grands bassins successifs séparés par des cloisons en béton implantées quasi-perpendiculairement à la crête du seuil. La passe divise ainsi la chute totale en 5 chutes successives.

Des échancrures pratiquées dans les cloisons en béton, assurent la circulation du débit et un tirant d'eau suffisant pour constituer des zones de passage préférentielles pour le poisson. Leur géométrie a été adaptée également pour faciliter le transit des embarcations.

La passe est alimentée par une échancrure dans le barrage large de 4.50 m dans le barrage à proximité de laquelle est positionnée une échelle limnimétrique permettant de contrôler le niveau d'eau dans la retenue. La passe ne présente aucun autre équipement annexe (grilles, etc.).

Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est d'environ 1.50 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (183.90 m NGF).



Vue de la passe



Vue de l'échancrure d'alimentation de la passe

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale du Moulin de la Ville est équipée d'une turbine Kaplan qui turbine un débit maximum de 30 m<sup>3</sup>/s sous 5.50 m de chute (Puissance maximale brute autorisé = 2200 kW). Les eaux turbinées sont restituées à la rivière 150 m environ à l'aval du pont du CD 622. Compte-tenu des pertes de charges dans le canal d'amenée, le niveau normal à l'amont des grilles lorsque la retenue est à la RN (183.90 mNGF) est de 183.24 mNGF.

Les caractéristiques de la turbine, tirées de l'étude Bosc et Larinier (2000), sont les suivantes :

- Type de turbine : KAPLAN
- Débit maximum turbiné : 20 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 5.50 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 2.50 m
- Vitesse de rotation : 166 trs/min

A noter que la turbine est asservie au plan d'eau amont, contrairement aux vannes de tête, ce qui peut poser, vu la longueur du canal d'amenée, des problèmes de restitution de débit réservé lors des baisses rapides de débit de l'Ariège (éclusées amont).

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 8.40 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 70° p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 5 cm mesuré
- Epaisseur / diamètre des barreaux : mesurée de 5 à 8 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille.

L'usine du Moulin de la Ville est actuellement équipée d'un exutoire de dévalaison. Cet exutoire est positionné en rive gauche à l'amont immédiat des grilles. Une goulotte métallique assure ensuite la restitution des poissons en pied de l'usine.



Vue de l'usine depuis la rive droite du canal d'amenée lors de sa vidange en juillet 2010



Vue de l'usine depuis la rive droite de l'Ariège

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site du Moulin de la Ville (Bassin versant égal à 3 320 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

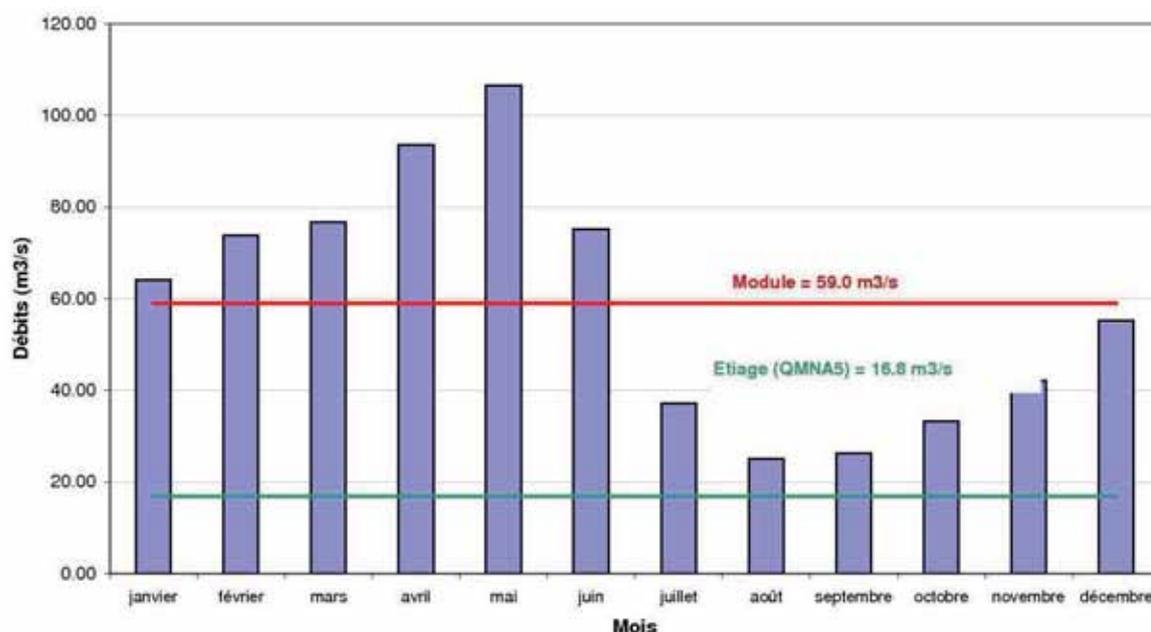
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : 59.0 m<sup>3</sup>/s
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : 16.8 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels au droit du site est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

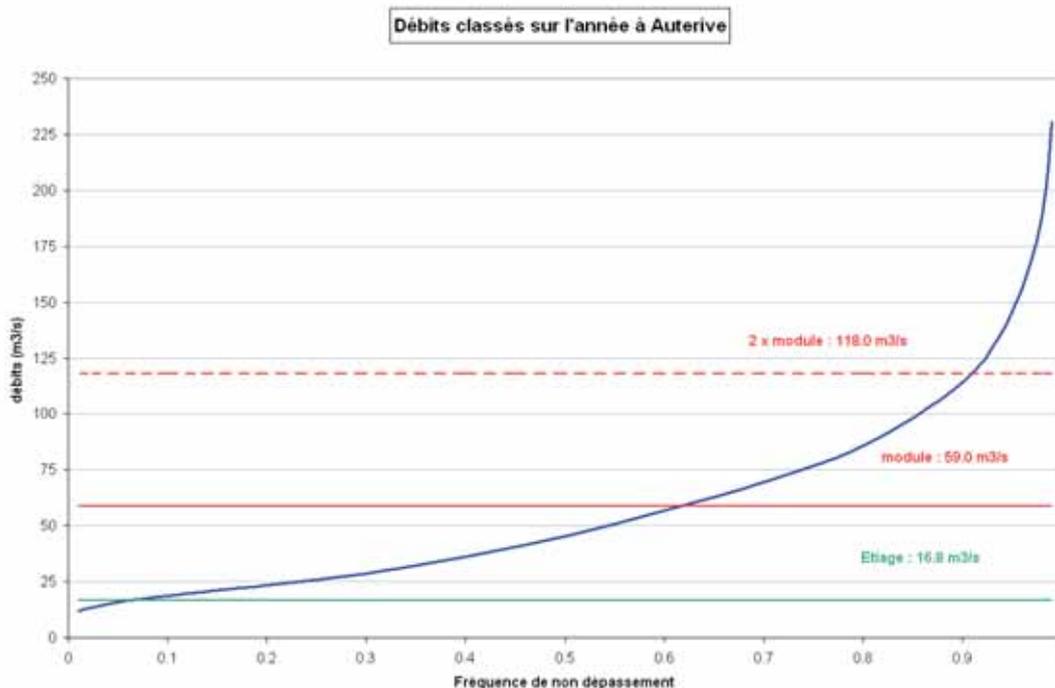
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
64.1	73.8	76.7	93.5	107	75.2	37.2	25.1	26.3	33.2	42.0	55.3



Evolution des débits moyens mensuels au Moulin de la Ville

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
230	188	145	114	86.0	69.7	56.7	45.5	36.1	28.6	23.4	18.6	15.7	13.2	11.9



### Evolution des débits classés sur l'année au Moulin de la Ville

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 360 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 540 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 650 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 910 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantiennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

### 2.2.1. REPARTITION THEORIQUE

Selon l'arrêté préfectoral d'autorisation de 1988, **le débit réservé au barrage est de 12 m<sup>3</sup>/s.**

L'arrêté préfectoral d'autorisation stipule que la restitution de ce débit réservé à la RN est censée être assurée au barrage selon la répartition suivante : 2 m<sup>3</sup>/s par la passe à poissons, 6 m<sup>3</sup>/s par l'échancrure de débit d'attrait, 3.5 m<sup>3</sup>/s par déversement sur la crête du seuil et 0.5 m<sup>3</sup>/s par l'exutoire de dévalaison à l'usine.

En réalité au vu du dimensionnement des échancrures de débit d'attrait et d'alimentation de la passe, les débits entonnés sont respectivement de 6.5 et 1.5 m<sup>3</sup>/s à la RN.

D'après le règlement d'eau et compte-tenu de l'existence de la prise d'eau de l'usine du Ramier dans le TCC du Moulin de la Ville, les conditions de répartition des débits dans le TCC et de fonctionnement de l'usine du Ramier sont les suivants.

	Débit naturel (m3/s) de l'Ariège arrivant au barrage du Moulin de la Ville				
	0 < Q < 3	3 < Q < 15	15 < Q < 42	42 < Q < 62	Q > 62
Débit réservé minimum maintenu en aval du Moulin de la Ville et du Ramier (m3/s)	0 à 3	3 à 12	12	12	> 12
Débit dérivé vers le Moulin de la Ville (m3/s)	0	0 à 3	3 à 30	30	30
Débit dérivé vers le Moulin du Ramier (m3/s)	0	0	0	0 à 20	20

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des usines du moulin de la Ville (Q turbiné max = 30 m3/s) et du Ramier (Q turbiné max = 20 m3/s).

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA5	Module
Q Ariège (m3/s)	64.1	73.8	76.7	93.5	107	75.2	37.2	25.1	26.3	33.2	42.0	55.3	<b>16.8</b>	<b>59.0</b>
Q turbiné au moulin de la Ville (m3/s)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	25.2	13.1	14.3	21.2	30.0	30.0	<b>4.8</b>	<b>30.0</b>
Q dévalaison La Ville (m3/s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>
Q TCC aval seuil de la Ville (m3/s)	33.6	43.3	46.2	63.0	76.1	44.7	11.5 Qrés	24.8	<b>11.5 Qrés</b>	<b>28.5</b>				
Q turbiné au Ramier (m3/s)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	<b>0.0</b>	<b>16.5</b>
Q dévalaison Ramier (m3/s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>
Q TCC aval seuil du Ramier (m3/s)	13.1	22.8	25.7	42.5	55.6	24.2	11.0 Qrés	11.5 Qrés	<b>11.0 Qrés</b>	<b>11.5 Qrés</b>				

### 2.2.2. FONCTIONNEMENT ACTUEL DES USINES DE LA VILLE ET DU RAMIER

La répartition des débits présentée précédemment tient compte des prescriptions réglementaires notamment concernant la restitution du débit réservé dans le TCC de l'Ariège à l'aval du seuil de la ville d'une part, et à l'aval du seuil du Ramier, d'autre part.

**En pratique, l'exploitant gère différemment ces centrales et la priorité de fonctionnement des deux centrales est inversée en basses eaux.**

En période de basses eaux, compte-tenu de faibles débits dans la rivière et d'éventuelles variations journalières de niveaux d'eau liées aux éclusées en amont, l'exploitant préfère arrêter l'usine du Moulin de la Ville et laisser en activité l'usine du Ramier. Compte-tenu de son équipement (2 groupes turbinant respectivement 12 et 8 m3/s), cette centrale lui permet ainsi de

turbiner à un meilleur rendement les faibles débits d'autant que le débit d'armement de la turbine du moulin de la Ville est de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/s. **De plus, l'absence d'asservissement de ces vannes de garde au niveau de la retenue amont, ne lui permet pas de gérer correctement la restitution du débit réservé en cas de baisse de débit, suite à une écluse.**

En période de plus forts débits, la priorité est donnée à l'usine de la Ville dont le débit maximum turbinable est de 30 m<sup>3</sup>/s. Cette turbine est en fonctionnement globalement de décembre jusqu'à mi-juillet. Cependant, en cas de variation de débit notable en période hivernale, sa gestion manuelle des vannes de tête ne lui permet pas de garantir une gestion optimale du débit réservé.

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos reconnaissances de terrain de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit au Moulin de la Ville	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
23/04/2010	62.1 m <sup>3</sup> /s (≈ module)	≈ 30 m <sup>3</sup> /s	184.08	182.09	1.99 m
07/09/2010	25.7 m <sup>3</sup> /s (1.5 x QMNA5)	Non connu	184.02	182.04	1.98 m

Remarque : Les valeurs de niveaux mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau.

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège au Moulin de la Ville	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit exutoire dévalaison Qe (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait Qa (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil Qs (m <sup>3</sup> /s)	Débit TCC aval seuil (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
Étiage (16.8 m <sup>3</sup> /s)	4.8 théorie (Qarmement voisin de 10 m <sup>3</sup> /s)	0.5	1.5	6.5	3.5	11.5	183.90	181.90	2.00 m
Module (59.0 m <sup>3</sup> /s)	30.0	0.5	2.1	8.9	17.5	28.5	184.00	182.10	1.90 m
1,5 x module (88.5 m <sup>3</sup> /s)	30.0	0.5	2.8	12.3	42.9	58.0	184.10	182.25	1.85 m
2 x module (118.0 m <sup>3</sup> /s)	30.0	0.5	3.3	15.2	69.0	87.5	184.20	182.40	1.80 m

### **3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE**

---

#### **3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

##### **3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS**

Le site est équipé d'une succession de prébarrages formant une série de grands bassins. Cet ouvrage est implanté en rive gauche au niveau de l'extrémité amont du barrage.

Cette passe doit permettre également le franchissement de l'obstacle par les canoës.

La prise d'eau d'alimentation s'effectue dans la retenue par une double échancrure dans le barrage. Toutes les échancrures présentent une géométrie identique : doubles échancrures dont la largeur totale (4.50m) permet de faire passer les embarcations. D'après les plans Projet, chaque cloison semble être également équipée d'orifices de fond (0.20m x 0.20m) permettant le dessablage de la passe et sa vidange.

Une échancrure de débit d'attrait également réalisée dans le seuil permet l'injection d'un débit supplémentaire en pied de l'ouvrage de manière à augmenter son attractivité.

**A la cote de retenue normale (183.90 m NGF) la passe et l'échancrure de débit d'attrait transitent respectivement 1.5 m<sup>3</sup>/s et 6.5 m<sup>3</sup>/s.**

Une réhausse sur le barrage en rive gauche évite des déversements d'eau supplémentaires dans le dispositif jusqu'à une cote de la retenue de 184.20 m NGF.

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Longueur développée de l'ouvrage : 26 m
- Dimensions de l'échancrure d'alimentation (l x h) : double échancrure : 2.5 x 0.45 m + 1.50 x 0.20 m
- Nombre de chutes : 5 chutes
- Dimensions des bassins : variables

##### **3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE**

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège à Auterive	Débit TCC Qtcc	Débit seuil Qs	Débit passe à poissons Qpap	Débit d'attrait Qa	Chute max	Type jet	Tirant d'eau moyen	Puissance dissipée max	Attractivité du dispositif (Qpap+Qa)/Qtcc	Attractivité du TCC (Qtcc/Q ariège)
Étiage (16.8 m <sup>3</sup> /s)	11.5 m <sup>3</sup> /s	3.5 m <sup>3</sup> /s	1.5 m <sup>3</sup> /s	6.5 m <sup>3</sup> /s	0.45 m	plongeant	1.20 m	130 W/m <sup>3</sup>	70 %	68 %
Module (59.0 m <sup>3</sup> /s)	28.5 m <sup>3</sup> /s	18.0 m <sup>3</sup> /s	2.1 m <sup>3</sup> /s	8.9 m <sup>3</sup> /s	0.45 m	plongeant	1.30 m	155 W/m <sup>3</sup>	39 %	48 %
1,5 x module (88.5 m <sup>3</sup> /s)	58.0 m <sup>3</sup> /s	43.4 m <sup>3</sup> /s	2.8 m <sup>3</sup> /s	12.3 m <sup>3</sup> /s	0.45 m	plongeant	1.40 m	185 W/m <sup>3</sup>	26 %	66 %
2 x module (118 m <sup>3</sup> /s)	87.5 m <sup>3</sup> /s	68.6 m <sup>3</sup> /s	3.3 m <sup>3</sup> /s	15.2 m <sup>3</sup> /s	0.45 m	plongeant	1.85 m	210 W/m <sup>3</sup>	21 %	74 %

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du TCC au droit de la restitution de l'usine

L'attractivité du tronçon court-circuité a été évaluée au droit de la restitution des débits turbinés à l'usine (voir dernière colonne du tableau précédent). Les valeurs obtenues montrent que globalement le tronçon court-circuité transite près de 70 % du débit total de l'Ariège à l'étiage et 74 % à 2 fois le module.

Au module, la moitié du débit de la rivière transite par le TCC et en situation la plus critique (Q Ariège = 42 m<sup>3</sup>/s environ), le débit du TCC représente environ 30% du débit total de l'Ariège. La largeur de l'Ariège à ce niveau est par contre assez large à la restitution, ce qui peut réduire l'attractivité du TCC. Cependant, au vu de cette répartition de débits et en l'absence de véritable canal de fuite en aval de l'usine du Moulin de la Ville, il est peu probable que les poissons stabulent durablement en sortie du groupe.



Vue de la restitution (Eaux moyennes)



Vue de la sortie du groupe (Eaux moyennes)

#### ■ Attractivité de la passe au barrage

- Attractivité de la rive gauche

La passe ne transite qu'un débit limité compris entre 1.5 et 3.3 m<sup>3</sup>/s suivant les conditions hydrologiques. Cependant compte-tenu de l'apport du débit d'attrait à proximité du pied de la passe le débit total « passe + attrait » représente 70 % du débit total dans le TCC à l'étiage, 39 % au module et 21 % à 2 fois le module.

Aussi de par la répartition des débits au barrage et l'inclinaison du barrage, les poissons devraient se présenter préférentiellement en rive gauche où sont implantés les prébarrages.



Vue aérienne du barrage du Moulin de la Ville

- Attractivité de la passe

Au vu du débit transitant dans l'ouvrage, les poissons doivent se présenter au pied du dispositif sans trop de problèmes majeurs.

On peut toutefois penser au vu du fort débit d'attrait qu'une part des poissons doit essayer de franchir directement le seuil par le débit d'attrait, avec des risques de blessures et d'épuisement surtout si les poissons se présentent tardivement sur le site ou lorsque la température de l'eau est chaude (été).

#### ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

L'étude des conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage ne montre pas de réelles difficultés pour le franchissement des poissons dits « sauteurs » comme les salmonidés. Les puissances dissipées demeurent modérées et les tirants d'eau suffisamment conséquents à la fois pour une dissipation correcte de l'énergie et une prise d'appel pour les poissons.

Les chutes maximales sont de l'ordre de 45 cm sur les quatre cloisons aval et de l'ordre de 25 cm sur la cloison amont. Avec la montée du niveau d'eau, les chutes 4 et 5 se réduisent légèrement, les chutes n° 2 et 3 restent quasiment constantes et égales à 45 cm. Ces valeurs peuvent s'avérer sélectives pour les plus petits individus, truite fario notamment.

Pour les anguilles et les lamproies marines (espèce susceptible d'être présente également sur le site et intégrée au futur classement au L214.17), les jets plongeants et les vitesses d'écoulement au niveau des échancrures sont peu compatibles avec les capacités de franchissement des deux espèces.

De plus, la configuration du barrage (parement vertical avec cassure) et l'absence de rugosités en berge ne permet pas d'offrir en situation normale des zones de passage par reptation pour l'anguille. Les orifices de fond (théoriquement présents d'après les plans projet), sont également susceptibles d'offrir des zones de passage potentielles pour ces espèces, mais cela reste tout de même sélectif.



On peut bien voir les jets plongeants et l'absence de rugosité et de pendage en berge et sur le barrage rendant ainsi le franchissement des anguilles et lamproies marines difficiles

Il convient également de préciser que ces valeurs sont les valeurs théoriques obtenues par simulation sur le logiciel CASSIOPEE à partir de dimensions et cotes relevées sur le terrain et/ou sur les plans projet définitifs.

### ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Lors de nos visites du 23 avril (eaux moyennes) et du 7 septembre 2010 (eaux plutôt basses), nous avons pu constater que les chutes entre bassins diffèrent sensiblement des chutes théoriques. On a pu constater des chutes plus importantes sur 2 cloisons (cloisons 2 et 3), de l'ordre de 60 à 65 cm au lieu des 45 cm théoriques. Les chutes étaient par contre légèrement plus réduites sur les cloisons aval et sur la cloison amont.

Ce déséquilibre provient principalement :

- non seulement d'un certain comblement de la passe qui peut avoir entraîné le colmatage des orifices sur ces 2 cloisons. Ce comblement des bassins accentue également les turbulences dans les bassins et déstabilisent et désorientent les écoulements en approche des cloisons. Les écoulements en approche des cloisons sont ainsi très différents d'un bassin à l'autre et déséquilibrent ainsi les chutes.
- On peut constater sur ces deux cloisons, des écoulements très marqués qui longent les cloisons de la rive gauche à la rive droite. Ils proviennent du fait notamment de la géométrie de la passe, mais aussi de l'absence de chanfreinage au niveau des cloisons. Il existe une forte contraction latérale du jet (pincement). Les écoulements sont ainsi fortement pincés accentuant ainsi les vitesses d'écoulement dans les jets et désorientant les écoulements en aval.



Chutes importantes sur les cloisons amont (conditions à environ 1.5 x QMNA5)



Écoulements latéraux prononcés



Décollement de la lame d'eau

Malgré la réhausse de la crête du seuil en amont de la passe, l'ouvrage semble soumis à des dépôts potentiels de corps flottants. Lors de nos visites, des embâcles (troncs d'arbres) étaient d'ailleurs positionnés au niveau de l'échancrure de débit d'attrait.

L'accessibilité à l'ouvrage (prébarrages et débit d'attrait) est particulièrement difficile puisque compte-tenu de la configuration de la rive gauche (berge abrupte), l'accès à la passe pour son entretien ne peut se faire qu'en traversant sur le seuil depuis la rive droite au moyen de petits engins. Il n'est donc possible d'intervenir qu'en période de basses-eaux ou les déversements sur le seuil sont les plus faibles.

L'accès à pied est possible jusqu'à la prise d'eau de la passe à poissons depuis la rive gauche, mais en cas d'embâcles en partie intermédiaire ou aval de la passe, l'accès est difficile et dangereux notamment en fortes eaux.

Ainsi pour ces diverses raisons, on peut penser que l'ouvrage peut être colmaté facilement par des corps flottants pendant plusieurs jours sans pouvoir intervenir.



Tronc colmatant partiellement l'échancrure de débit d'attrait (conditions proche du module)

## ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

- Pourcentage de franchissement

Au cours des cinq années de suivi des saumons marqués ont été radiopistés au droit du seuil du Moulin de la Ville en 2003 et 2004. Le seul individu engagé sur l'Ariège en 2002 et parvenu à l'amont de Grépiac a en effet été bloqué au barrage du Moulin du Ramier.

Au final la totalité des 6 individus parvenus à l'aval du seuil du Moulin de la Ville, ont réussi à franchir l'obstacle (taux de franchissement = 100 %).

Le détail est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2003	2004	TOTAL
Individus se présentant au Moulin de la Ville	1	5	6
Individus parvenus à l'amont du Moulin de la Ville	1	5	6

- Durée de blocage induite par l'aménagement

En raison de l'absence de station de réception au niveau des obstacles à l'amont de Grépiac, seule une durée maximale de blocage a pu être calculée. Ces valeurs de durée maximale de blocage sont donc à regarder avec précaution.

Ainsi en 2003, le saumon étant parvenu à l'amont de Grépiac, a ensuite franchi les 3 ouvrages du Moulin de la Ville, du moulin du Ramier et de Saverdun en moins de 23 jours.

En 2004, la durée moyenne de blocage au droit de l'aménagement du Moulin de la Ville a été estimée à 4.5 jours.

#### ■ Bilan du diagnostic

**Ainsi de manière générale, le dispositif actuel reste sélectif pour les petits salmonidés mais au vu de la localisation du site en partie aval, cette problématique est assez peu pénalisante. En revanche, il ne doit pas poser de difficultés majeures pour le franchissement des grands salmonidés migrateurs.**

**Pour l'anguille, la grande alose et la lamproie marine, espèces « non sauteuses », les jets plongeants au niveau de la passe à poissons limitent considérablement les potentialités de franchissement du site.**

**Cependant l'enjeu pour l'aloise en amont d'Auterive est faible et l'enjeu actuel pour la lamproie marine reste plutôt modérée également.**

**Il paraît nécessaire d'améliorer les déversements au niveau des cloisons en réalisant un chanfreinage de toutes les arêtes (verticales et horizontales) et en mettant en place des déflecteurs en amont des cloisons.**

**En complément et de manière à assurer une bonne gestion du débit réservé, il nous paraît indispensable que les vannes de tête du canal d'amenée soient asservies au plan d'eau amont.**

**De plus, sur un plan plus réglementaire, mais également pour limiter l'entrée des migrateurs dans le canal de fuite du Ramier, il faudrait que le propriétaire fonctionne avec la turbine du moulin de la Ville et non avec celles du Ramier, dès lors que le débit de l'Ariège est inférieur à 42 m<sup>3</sup>/s.**

**Il serait intéressant d'améliorer le franchissement du site pour l'anguille, ce qui passerait par l'aménagement d'un dispositif adapté en berge gauche. Cet ouvrage pourrait être de type rustique (enrochements).**

**L'aménagement de cette berge serait l'occasion d'aménager un chemin d'accès (à minima piétonnier) le long de la passe, de manière à faciliter l'entretien de l'ouvrage actuellement très difficile.**

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	177.65	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	183.22	m NGF
Cote haut de grille :	182.90	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	8.4	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	70	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	5.57	m
Longueur totale de la grille :	5.59	m
Longueur immergée totale de la grille :	5.93	m
Longueur immergée active	4.84	m
Largeur totale du plan de grille :	8.4	m
Surface totale du plan de grille :	47	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	47	m <sup>2</sup>
Surface immergée active	41	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	30	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.78	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.74	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.27	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On constate que la vitesse normale est supérieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

Précisons également que lors de notre visite de terrain du 23 avril 2010, nous avons pu constater que le coude que forme le canal d'amenée en rive droite quelques dizaines de mètres en amont de l'usine provoque un désaxement des écoulements à ce niveau. Ainsi en approche du plan de grille le courant principal est majoritairement en rive gauche et un courant tangentiel au plan de grille se forme de la rive gauche vers la rive, guidant les poissons à l'opposé de l'exutoire. Une zone de recirculation se forme ensuite en rive droite.

### 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

Actuellement le site présente un exutoire de dévalaison dans le canal d'amenée situé en rive gauche à l'amont de la grille (à proximité de la vanne de dégrèvement).

En aval de l'exutoire, les poissons chutent d'une hauteur d'environ 1 m dans une goulotte de dévalaison métallique large d'environ 2 m et créant un tirant d'eau environ 0.1 m. Le canalet de dévalaison longe le bâtiment de l'usine. Les poissons chutent ensuite au niveau de la sortie des groupes sur une hauteur d'environ 4.5 m.

Les caractéristiques dimensionnelles de cet ouvrage sont récapitulées ci-après.

- Dimensions de l'exutoire (l x H) : 0.80 m x 1.00 m
- Cote de déversement : 182.73 mNGF
- Débit à la RN (équivalent à une cote de 182.23 mNGF) dans le canal d'amenée : 0.50 m<sup>3</sup>/s
- Équipements annexes : 3 barreaux en place et 1 manquant

A noter que la dévalaison doit être assurée toute l'année selon l'arrêté préfectoral.



Vue de l'exutoire lors de la vidange du canal d'amenée



Vue des écoulements (débit maximal turbiné)

### 3.2.3. EFFICACITÉ DU DISPOSITIF DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

Lorsque la cote du plan d'eau est égal à la Retenue Normale, une charge d'environ 55 cm sur l'exutoire, lui permet d'entonner un débit d'environ 500 l/s, ce qui représente environ 1.7 % du débit maximum turbiné.

Au vu des vitesses d'écoulement et du fort espacement du plan de grille (5 cm), le plan de grille ne peut pas jouer le rôle de barrière comportementale ou physique pour les smolts et les anguilles.

De plus, lors de notre visite de terrain du 23 avril 2010, nous avons pu constater que le coude que forme le canal d'amenée en rive droite quelques dizaines de mètres en amont de l'usine provoque un désaxement des écoulements à ce niveau. Ainsi en approche du plan de grille le courant principal est majoritairement en rive gauche et un courant tangentiel au plan de grille se forme de la rive gauche vers la rive droite, guidant les poissons à l'opposé de l'exutoire. Une zone de recirculation se forme ensuite en rive droite.

Ainsi au vu de ces éléments défavorables, l'exutoire de dévalaison existant ne peut en aucun cas assurer une dévalaison correcte des poissons. L'efficacité de l'exutoire existant dans cette configuration ne devrait pas dépasser 10 % pour la dévalaison des smolts.

Cependant, on peut noter que le site présente un canal de défeuillage en tête du plan de grille alimenté par 3 exutoires de 0.3m x 0.25m et d'un exutoire de 1.5m x 0.25m. Une charge d'environ 30 cm est présente sur les échancrures en eaux moyennes, permettant ainsi d'entonner un débit total de l'ordre de 200 l/s environ. Des poissons peuvent emprunter ce canal de défeuillage, ce qui pourrait améliorer légèrement l'efficacité générale de la dévalaison. En prenant en compte ces exutoires supplémentaires, l'efficacité globale ne devrait pas dépasser pour autant 15-20 %.

Au vu de l'espacement du plan de grille, **la perméabilité de la grille peut être considérée comme totale pour des anguilles de 70 cm.**

### 3.2.4. PROBLEMES SUPPLEMENTAIRES A LA DEVALAISON

Précisons également que la restitution des poissons empruntant l'exutoire latéral de dévalaison n'est pas optimale pour plusieurs raisons :

- Les poissons chutent sur environ 1.10m dans le canal de liaison dans un tirant d'eau d'environ 10cm, ce qui va provoquer des risques de chocs et de blessures.
- Le tirant d'eau est d'à peine 10 cm dans le canal de liaison, ce qui risque d'entraîner des risques d'écaillage de poissons.

En ce qui concerne la restitution des poissons empruntant le canal de défeuillage, la chute directe sur le béton et l'absence de chenal marqué (tirant d'eau minimal) permettant une liaison vers l'Ariège ne devrait pas garantir une restitution des poissons sans dommages.



### **3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LA TURBINE**

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers de la turbine hydroélectrique ont été calculés à partir des caractéristiques du groupe installé et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3). Pour le smolt, ils sont tirés de l'étude effectuée par Bosc et Larinier (2000).

Pour l'anguille (taille moyenne de 70 cm), ils ont été évalués à partir des données des caractéristiques hydromécaniques des turbines fournies dans l'étude de Bosc et Larinier.

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 5.8 % par Bosc et Larinier.**

Pour les anguilles, compte-tenu d'une taille nettement plus importante, **le taux de mortalité lors du passage par l'usine, s'élève à 30 %.**

### **3.2.6. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille d'une part,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques d'autre part,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site du Moulin de la Ville, le taux de mortalité générale au droit du site s'élève ainsi à 1.8 % pour les smolts et 11 % pour les anguilles.**

### **3.2.7. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

Les dispositifs existants pour la dévalaison ne permettent pas d'obtenir une efficacité satisfaisante. Les faibles débits transités par les dispositifs de dévalaison et l'écartement important entre les barreaux du plan de grille ne permettent pas de faire dévaler de manière optimale les poissons. De plus la restitution des poissons n'est pas adaptée (faibles tirants d'eau, chute importante).

**Au vu de son implantation et des mortalités susceptibles d'être occasionnées, l'amélioration de la dévalaison est indispensable sur ce site situé en aval des principales zones de grossissement des poissons et principales zones d'alevinage en juvéniles de saumon.**

**Il conviendra donc de procéder à des aménagements conséquents au niveau de l'usine pour restaurer une dévalaison efficace et réduire les mortalités de poissons sur ce site.**

**L'amélioration de la dévalaison ne pourra passer que par une reprise totale du plan de grille dont l'espacement entre barreaux devra être réduit.**

**La restitution des poissons devra également être améliorée et nécessitera la reprise totale des ouvrages de liaison.**

## **4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT**

---

### **4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

#### **4.1.1. AMÉLIORATION DE LA GESTION DES DEBITS**

Actuellement les vannes en tête du canal d'amenée au moulin de la Ville ne sont pas asservies au niveau de la retenue. Il est donc difficile voire impossible d'assurer une restitution correcte du débit réservé dans le TCC à l'aval et ce notamment lors de baisses de débits rapides dues aux éclusées amont.

Il est donc nécessaire de mettre en place tous les asservissements nécessaires de manière à garantir la restitution du débit réservé réglementaire dans le tronçon court-circuité.

#### **4.1.2. AMÉLIORATION DE LA FONCTIONNALITÉ DE LA PASSE**

Les visites sur site ont permis d'observer des déséquilibres sur les chutes dans l'ouvrage qui doivent être dus au comblement partiel de l'ouvrage et à la configuration des écoulements qui provoque un pincement des jets au niveau des échancrures.

Pour améliorer cette configuration on propose de procéder au nettoyage complet de la passe car il est probable que le comblement de l'ouvrage modifie la répartition des chutes.

Les cloisons existantes seront également chanfreinées afin de limiter le décollement de la veine d'eau et l'apparition des zones de contraction, entraînant ainsi une mise en vitesse des écoulements.

Pour améliorer l'entonnement, il pourrait également être intéressant de rajouter des déflecteurs en amont des parois de manière à réorienter les écoulements à l'approche des échancrures. Ces déflecteurs seront par contre difficilement compatibles avec le passage des embarcations.

#### **4.1.3. AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'ENTRETIEN DE L'OUVRAGE**

Actuellement la passe à poissons n'est accessible par des engins que depuis la rive droite en passant par le barrage.

Il est donc impossible d'accéder à l'ouvrage en cas de surverse ce qui limite fortement les fenêtres d'intervention.

En rive gauche la passe est difficilement accessible même à pied.

On propose de rendre plus accessible l'ouvrage à pied en réalisant des aménagements de berge en rive gauche. Le talus sera remanié de manière à créer un accès piétonnier permettant de sortir si besoin les embâcles qui pourraient venir encombrer la passe à poissons.

Ce chemin piétonnier d'environ 1-1.5 m de largeur à aménager en rive gauche le long de la passe pourrait être réalisé en enrochements liaisonnés. Il pourrait être calé en altimétrie, à une cote supérieure d'environ une cinquantaine de centimètres au dessus des cloisons.

La berge entre le chemin et la passe sera également protégé en enrochements liaisonnés et aménagé en berge à une pente de l'ordre de 1h/1v. La réalisation de cette protection en enrochements liaisonnés permettrait ainsi de faciliter en complément le passage des anguilles en berge.

#### 4.1.4. MONTANT ESTIMATIF DES AMÉNAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	15 K€
reprise cloisons	5 K€
Aménagement de la piste en enrochements liaisonnés	15 K€
Asservissement	10 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
<b>TOTAL</b>	<b>65 K€</b>

## 4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON

Le diagnostic de la dévalaison réalisé au Moulin de la Ville a mis en évidence que les ouvrages actuels n'étaient pas efficaces. Les taux de mortalités sont significatifs et notamment sur l'anguille.

De plus, le diagnostic a mis en évidence que les conditions de restitution des poissons ne sont pas satisfaisantes et qu'il est impératif de les améliorer.

Il est donc impératif de procéder à la modification du système de dévalaison actuel qui devra passer inévitablement par une réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille pour réaliser une barrière (physique et comportementale) plus efficace et améliorer ainsi l'efficacité des dispositifs de dévalaison.

Deux scénarios sont éventuellement envisageables concernant notamment la réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille :

- Scénario 1 : il consiste à réduire l'espacement entre barreaux en gardant la configuration actuelle (inclinaison, surface). Cependant, nous avons vu que les vitesses normales au plan de grille sont supérieures aux 0.5 m/s généralement préconisées pour éviter le placage des poissons. Cette réduction serait couplée notamment à une augmentation du débit entonné par l'exutoire latéral actuel.
- Scénario 2 : il consiste à refaire totalement le plan de grille de manière à augmenter sa surface et réduire notamment la vitesse normale au plan de grille et les pertes de charges. Le nouveau plan de grille serait alors incliné longitudinalement dans le sens des écoulements, créant ainsi une vitesse tangentielle ascendante guidant les poissons vers la surface. Cette solution serait alors couplée à l'aménagement d'exutoires de surface en tête du nouveau plan de grille. Ces exutoires seraient alors connectés au canal de défeuillage.

La vitesse normale au plan de grille égale à 0.7 m/s environ au lieu des 0.5 m/s généralement préconisés pour éviter tout placage de poissons nous semble encore tolérable, ce qui milite pour retenir d'ores et déjà le premier scénario au vu du ratio bénéfice-coût.

#### 4.2.1. MODIFICATION DU PLAN DE GRILLE

Le plan de grille actuel présente un espacement entre barreaux trop important (5 cm) pour constituer une barrière efficace au passage du poisson vers les turbines.

De manière à éviter que les poissons dévalants ne passent au travers des grilles, on préconisera de réduire l'espacement inter-barreaux de manière suffisante pour créer une barrière physique et comportementale efficace.

Deux propositions de réduction peuvent être envisageables, à savoir :

- Un plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 2.5-3 cm. Rappelons toutefois qu'un écartement de 3 cm peut assurer une certaine barrière comportementale pour les smolts et les ravalés mais n'est pas suffisant pour l'anguille. Un espacement de 2.5 cm est tout de même préférable pour la dévalaison des smolts
- Un plan de grille refait à une écartement entre barreaux de 1.5-2 cm, ce qui permettrait d'assurer une barrière physique pour les anguilles dévalantes.

Ces modifications vont entraîner une augmentation de l'obstruction des grilles par les barreaux pouvant générer des pertes de charges

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), nous avons apprécié les pertes de charge induites par ces modifications du plan de grille, par la **formule de Meusburger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 5 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.12	0.31	0.53
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.94	0.94	0.94
$V_A^2 / 2g$	0.031	0.031	0.031
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>
<b>PLAN DE GRILLE AVEC ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 3 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.28	0.56	0.86
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.94	0.94	0.94
$V_A^2 / 2g$	0.031	0.031	0.031
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>
<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL AVEC ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 2 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.94	0.94	0.94
$V_A^2 / 2g$	0.031	0.031	0.031
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.04</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>

Les calculs de pertes de charge réalisés pour les deux scénarios d'aménagement montrent que la réduction de l'espacement n'augmente pas de manière excessive les pertes de charge au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Afin d'améliorer les conditions de dévalaison, et compte-tenu de l'absence de vitesses tangentielles pouvant guider efficacement le poisson, il nous paraît donc plus judicieux d'installer un plan de grille dont l'espacement entre les barreaux est égal à 2 cm, ce qui permettra non seulement d'assurer une bonne barrière comportementale pour les smolts et une barrière physique pour les anguilles dévalantes.

Cette réduction sera effective sur l'ensemble de la hauteur de la grille pour tenir compte du comportement des différentes espèces lors de la dévalaison.

Le rateau du dégrilleur devra être repris pour s'ajuster au nouvel espacement.

#### **4.2.2. AUGMENTATION DU DEBIT DE DEVALAISON**

Le débit de dévalaison actuel est de 0.5 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond à 1.7 % du débit maximum turbiné à l'usine.

Ce débit est trop faible pour conférer à l'exutoire une efficacité suffisante et on propose donc de redimensionner l'exutoire latéral pour qu'il entonne un débit plus important.

On préconisera de transiter par l'exutoire de dévalaison un débit proche de 5 % du débit turbiné, soit environ 1.5 m<sup>3</sup>/s.

Le dimensionnement de l'exutoire actuel sera donc repris de la manière suivante :

- Largeur de l'exutoire : 1.50 m
- Cote de déversement : 182.52 mNGF
- Charge sur l'exutoire : 0.70 m
- Équipements annexes : mise en place de barreaux amovibles

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.

### **4.2.3. AMELIORATION DE LA RESTITUTION DES POISSONS**

#### **■ Restitution de la dévalaison**

Avec le débit transitant actuellement par l'exutoire, le tirant d'eau est actuellement trop faible dans la goulotte de dévalaison.

Avec l'augmentation du débit de l'exutoire à 1.5 m<sup>3</sup>/s, le tirant d'eau sera augmenté et les risques d'écaillage seront d'autant diminués.

En revanche on aménagera en amont de la goulotte, en pied de chute, un bassin de réception permettant d'assurer un matelas d'eau suffisant pour éviter tout risque de choc.

L'augmentation de débit impliquera une rehausse des murs latéraux du canalet d'une vingtaine de centimètres et devrait impliquer également un renforcement des structures porteuses du canal (consoles).

#### **■ Restitution du défeuillage**

Une partie des poissons est susceptible de dévaler directement par le système de défeuillage au dessus du plan de grille. Or actuellement la restitution n'est pas optimale pour transiter des poissons. Il n'y a pas de bassin ou de fosse de réception en pied de chute et le tirant d'eau sur le radier béton jusqu'au canal de fuite est insuffisant.

On propose d'améliorer la situation en aménageant un bassin de réception en pied de la chute en aménageant un petit mur sur le radier béton afin de créer un matelas d'eau d'au moins 1 m pour réceptionner les poissons.

Ce bassin sera ensuite prolongé par un canalet d'environ 20 m de longueur qui permettra de garantir un tirant d'eau suffisant (20 cm environ) pour limiter les risques d'écaillage.

Pour garantir ce tirant d'eau, la largeur du canalet devra être assez réduite et d'environ 50 cm.

#### 4.2.4. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Changement du plan de grille	35 K€
Modification du dégrilleur	2 K€
Agrandissement exutoire + reprise chenal de liaison	12 K€
Amélioration restitution des poissons issus du défeuillage	6 K€
Études diverses, divers et imprévus	25 K€
TOTAL	85 K€

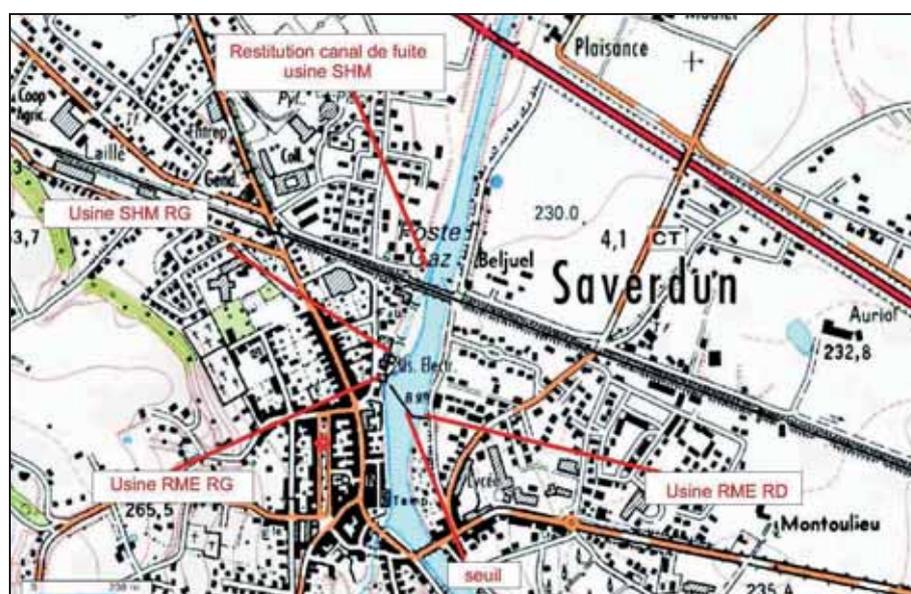
# **SAVERDUN**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

L'ensemble des installations est implanté sur la commune de Saverdun (département de l'Ariège) au cœur du centre-ville.

Le barrage de Saverdun permet d'alimenter **trois usines hydroélectriques** :

- en rive gauche, une usine exploitée par la Régie Municipale d'Electricité (RME) de Saverdun puis en parallèle, l'usine du Moulin exploitée par la Société Hydroélectrique du Moulin (SHM),
- en rive droite, une seconde usine exploitée par la Régie Municipale d'Electricité de Saverdun.



### 1.1. LE SEUIL ET SES EQUIPEMENTS ANNEXES

#### ➤ Le seuil en lui même

Le seuil de Saverdun est un ouvrage de type poids maçonné qui a été réalisé en 1757. La partie amont du seuil se présente quasi-perpendiculairement à l'axe d'écoulement de l'Ariège sur environ 1/3 de sa longueur depuis la rive droite puis il se désoriente en rive gauche. Ce seuil est équipé d'un ouvrage de franchissement à la montaison en rive droite au niveau de l'usine de la Régie Municipale.

La chute au droit du barrage en période de basses-eaux est de l'ordre de 4 m.

Ses principales caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 109 m
- Largeur de la crête : 1.00 m
- Cote d'arase : 222.30 mNGF
- Retenue normale (RN) : 222.30 mNGF



Vue du seuil depuis la rive droite



Vue du seuil depuis la rive gauche

Le seuil est pourvu de vannages de décharge pouvant être sollicités en crue ou dans le cas d'une vidange du bief amont. Il s'agit de deux vannes identiques de 2 x 3 mètres de section. Elles sont implantées en rive gauche en amont immédiat de l'usine RG de la Régie Municipale.



Vue des vannages et du seuil depuis l'aval



Vue des vannes de décharge

### ➤ **La passe à poissons**

La passe à poissons de type « passe à bassins successifs » est implantée en rive droite au niveau de la centrale hydroélectrique de la Régie municipale.

La sortie hydraulique (entrée piscicole) de la passe est située à environ 15 m en aval de la sortie des groupes de la centrale.

La prise d'eau de la passe s'effectue dans le canal d'aménée par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation (en rive droite du canal). Un vannage en tête permet, si besoin, de couper l'alimentation de la passe et de la mettre hors d'eau.

**Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 0.5 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (222.30 m NGF).**



Vue de la prise d'eau de la passe dans le canal d'aménée



Vue de l'entrée piscicole située à proximité de la sortie de l'usine de la Régie municipale

D'après les plans projet de l'époque la passe à poissons est équipée d'un dispositif complémentaire permettant l'injection d'un débit d'attrait. La prise d'eau de ce débit d'attrait est accolée à la prise d'eau de la passe à bassins.

Le débit d'attrait transite ensuite par une conduite  $\varnothing$  500 mm transitant sous la passe à bassins et est réinjecté en aval de la passe à poissons. **Le débit d'attrait théorique est de 700 l/s à la RN.**

Précisons également qu'une chambre de visualisation a été aménagée sur la partie aval de l'ouvrage. A l'heure actuelle, la station de vidéocontrôle n'est plus suivie.



Grilles d'accès à la passe sur sa partie amont



La vitre de visualisation du local de vidéocontrôle

## 1.2. LES CENTRALES HYDROELECTRIQUES

### 1.2.1. L'USINE DE LA REGIE MUNICIPALE SITUÉE EN RIVE GAUCHE

L'usine rive gauche ainsi que la minoterie située en aval avait été bâties suite à la réalisation du barrage en 1757. En 1886, la commune de Saverdun fait l'acquisition de l'usine amont rive gauche. Elle fera l'objet d'un arrêté préfectoral autorisant l'exploitation pour la production d'énergie hydroélectrique (arrêté préfectoral du 16 novembre 1891).

Dans le cadre d'une convention entre la commune d'une part et la famille Mercier propriétaire depuis 1906 de l'usine du Moulin située immédiatement en aval, il a été convenu un partage du débit de l'Ariège à hauteur de 64 % pour la commune et 36 % pour l'usine du Moulin.

L'autorisation d'exploiter le débit pour la production d'hydroélectricité a fait l'objet d'un renouvellement par arrêté préfectoral du 24 mars 1982 dans le cadre de la construction de l'usine en rive droite, appartenant également à la commune.

L'usine rive gauche turbine au fil de l'eau une partie du débit de l'Ariège qu'elle restitue quasi directement en pied du barrage environ 40 m en aval par un canal de fuite court d'une trentaine de mètres. Elle ne fait donc pas l'objet d'une obligation de restitution d'un débit réservé.

Elle est équipée de deux turbines de type FRANCIS de caractéristiques identiques et fournies ci-dessous. Les caractéristiques ont été tirées de l'étude Bosc et Larinier (2000) :

- Débit maximum turbiné : 3.8 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 3.40 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 12
- Diamètre de la roue : 1.80 m
- Vitesse maximale de rotation : 100 trs/min

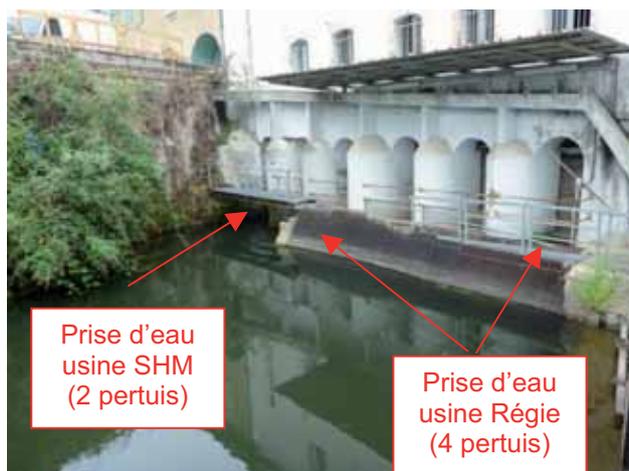
Les prises d'eau des 2 centrales en rive gauche (appartenant à la Régie et à la SHM) sont en parallèles et sont situées au niveau du bâtiment de la Régie municipale. Ce bâtiment comporte 6 pertuis au total.

La prise d'eau de l'usine de la Régie s'effectue par les 4 pertuis les plus à droite. L'entrée de ces 4 pertuis est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

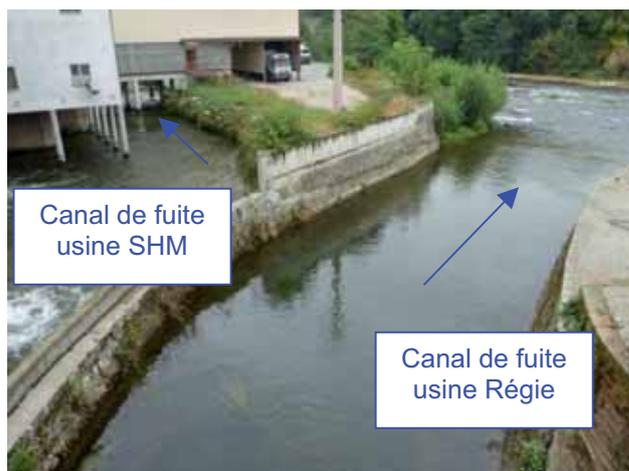
- Largeur du plan de grille : 7.80 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 56° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3.5 cm (3 cm réglementairement)
- Epaisseur des barreaux : 6 mm

L'usine n'est pas pourvu de dispositif de dégrillage. Le défeuillage est effectué manuellement par les agents.

Aucun dispositif de dévalaison n'est actuellement présent au niveaux des grilles de l'usine de la Régie Municipale.



Vue du plan de grille à l'amont de l'usine



Vue du canal de fuite en aval de l'usine

### 1.2.2. L'USINE DU MOULIN EN RIVE GAUCHE

L'usine du Moulin est située en rive gauche, immédiatement à l'aval de l'usine gérée par la Régie Municipale. Acquis en 1906 par la famille Mercier, le bâtiment est équipé de deux turbines dont la vocation première était l'alimentation en électricité de la minoterie.

La Société Hydroélectrique du Moulin a été créée en 1975 pour exploiter la production d'énergie hydroélectrique sur le site.

L'usine du Moulin est régie par un arrêté préfectoral du 27 juillet 2001 qui autorise la production d'hydroélectricité pour une durée de 30 ans.

La prise d'eau de l'usine de la SHM s'effectue par les 2 pertuis les plus en rive gauche. Un canal d'amenée long d'une trentaine de mètre transite ensuite le débit jusqu'aux turbines. Les eaux sont restituées à l'Ariège par un canal de fuite de 230 m de long.

Le partage du droit d'eau a été institué historiquement en 1922 selon la répartition suivante : 64 % du débit attribué à la RME et 36 % attribué à la SHM.

Dans le cadre de l'arrêté préfectoral de 2001, **le débit dérivable maximum vers l'usine de la SHM a été fixé à 7 m<sup>3</sup>/s.**

**Le débit réservé minimum à maintenir en pied du barrage est fixé à 6 m<sup>3</sup>/s.** Les modalités de restitution ont été définies comme suit :

- soit par le fonctionnement des installations de la Régie Municipale qui rejettent en pied de barrage,
- soit par l'arrêt des installations de la SHM en cas d'arrêt des usines de la RME et pour un débit inférieur à 14 m<sup>3</sup>/s.

La SHM et la RME sont ainsi en contact permanent pour connaître le fonctionnement des installations et les éventuels arrêts de turbinage. En cas de passage du niveau amont sous la cote de la RN, une sonde placée dans la retenue en rive gauche, relaie l'information à l'usine et provoque l'arrêt des turbines.



Vue des deux pertuis d'alimentation de l'usine SHM



Vue du canal d'amenée à l'usine

**L'usine de la SHM est équipée de deux turbines** : une KAPLAN qui turbine un débit maximum de 4.2 m<sup>3</sup>/s et une FRANCIS qui turbine environ 2.8 m<sup>3</sup>/s. Le débit maximal turbiné à l'usine est donc de 7.0 m<sup>3</sup>/s (Puissance maximale brute autorisée = 350 kW).

Les caractéristiques des turbines tirées de l'étude Bosc et Larinier (2000) sont fournies ci-dessous :

➤ **Turbine KAPLAN**

- Débit maximum turbiné : 4.2 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 2.80 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : NC
- Vitesse maximale de rotation : NC

➤ **Turbine FRANCIS**

- Débit maximum turbiné : 2.8 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 2.80 m
- Nombre de pales ou d'aubes : NC
- Diamètre de la roue : NC
- Vitesse maximale de rotation : NC

Les turbines sont protégées par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 9 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 68° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3.5 cm (2.5 cm réglementairement)
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique sur rail débarrasse régulièrement l'entrée de la grille des déchets divers (feuilles, troncs, bidons, etc.) pouvant s'accumuler en surface ou en profondeur. Une goulotte alimentée par pompage évacue les déchets vers le TCC.

Un déversoir de sécurité en rive droite du canal d'amenée assure l'évacuation des eaux excédentaires vers le TCC en cas de crues ou de déclenchement des groupes à l'usine.

En 1998, la vanne située en rive droite du canal d'amenée a été équipée d'une goulotte et transformée en exutoire de dévalaison pour le poisson. Elle est maintenue en position ouverte quasiment toute l'année.

**Cet exutoire a été dimensionné pour entonner un débit de l'ordre de 500 l/s à la cote de retenue normale.**



Vue du plan de grille de l'usine



Vue de l'exutoire de dévalaison

Les débits turbinés sont restitués à l'Ariège une trentaine de mètres environ à l'aval du pont SNCF de Saverdun en rive gauche par un canal de fuite d'environ 230 mètres. Le tronçon ainsi court-circuité mesure environ 350 mètres.



Vue du canal de fuite et de la restitution du débit de dévalaison



Vue de la confluence du canal de fuite et de l'Ariège

Précisons également que le bâtiment du moulin présente une troisième chambre d'eau située en rive droite du canal d'amenée et pouvant potentiellement accueillir une turbine. Cette chambre n'est pas équipée et est condamnée par un vannage en tête.

### 1.2.3. L'USINE DE LA REGIE MUNICIPALE EN RIVE DROITE

L'usine située en rive droite et actuellement exploitée par la RME a été bâtie en 1975, plus récemment que les deux autres centrales.

Elle fait l'objet d'un arrêté préfectoral autorisant son exploitation pour la production d'énergie hydroélectrique pour une durée de soixante quinze ans à compter de la date de parution de l'arrêté le 24 mars 1982.

La puissance maximale brute totale autorisée pour les deux usines de la Régie (rive droite et rive gauche) est de 974 kW.

La prise d'eau de cette usine s'effectue dans le bief amont par l'intermédiaire d'un court canal d'amenée qui achemine les eaux jusqu'à l'usine. Une drome flottante protège l'entrée du canal d'amenée de l'intrusion de déchets dérivant (troncs, etc.).

Rappelons comme indiqué précédemment que les prises d'eau d'alimentation de la passe à poissons et de son débit d'attrait s'effectuent dans ce canal d'amenée en rive droite.

L'usine est équipée d'**une seule turbine** dont les caractéristiques tirées de l'étude Bosc et Larinier (2000) sont présentées ci-dessous :

- Type de turbine : KAPLAN
- Débit maximum turbiné : 20 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 3.40 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 2.50 m
- Vitesse maximale de rotation : 100 trs/min

La turbine est protégée par un plan de grille qui présente les caractéristiques suivantes :

- Largeur du plan de grille : 7.50 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille :  $\approx 60^\circ$  par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille :  $90^\circ$
- Espacement entre barreaux : variable de 4 à 6 cm (**3 cm réglementairement**)
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique sur rail débarrasse régulièrement la grille des déchets divers (feuilles, troncs, bidons, etc.) pouvant s'accumuler en surface ou en profondeur. La goulotte de défeuillage alimentée par pompage évacue les déchets directement en pied de seuil. Il n'existe pas de dispositif de dévalaison spécifique au niveau de l'usine rive droite.



Vue du canal d'amenée à l'usine et protégé par une drome flottante



Vue du plan de grille (immergé) en eaux moyennes et de l'évacuation du canal de défeuillage.

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du seuil de Saverdun (Bassin versant égal à 1 760 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

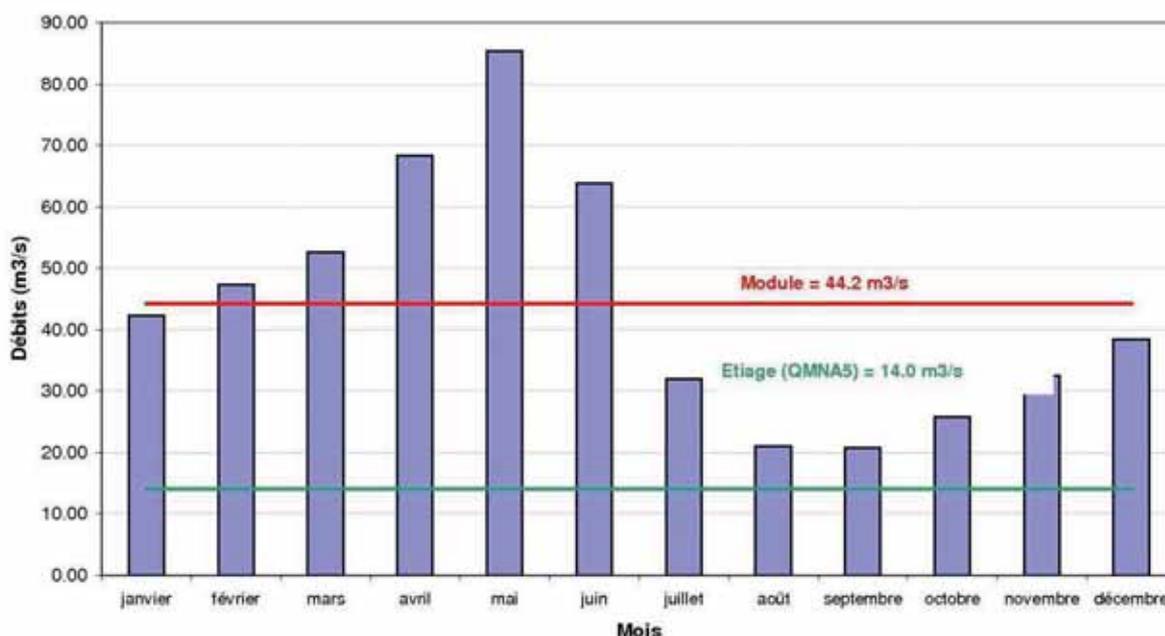
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : 44.2 m<sup>3</sup>/s
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : 14.0 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels à Saverdun est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

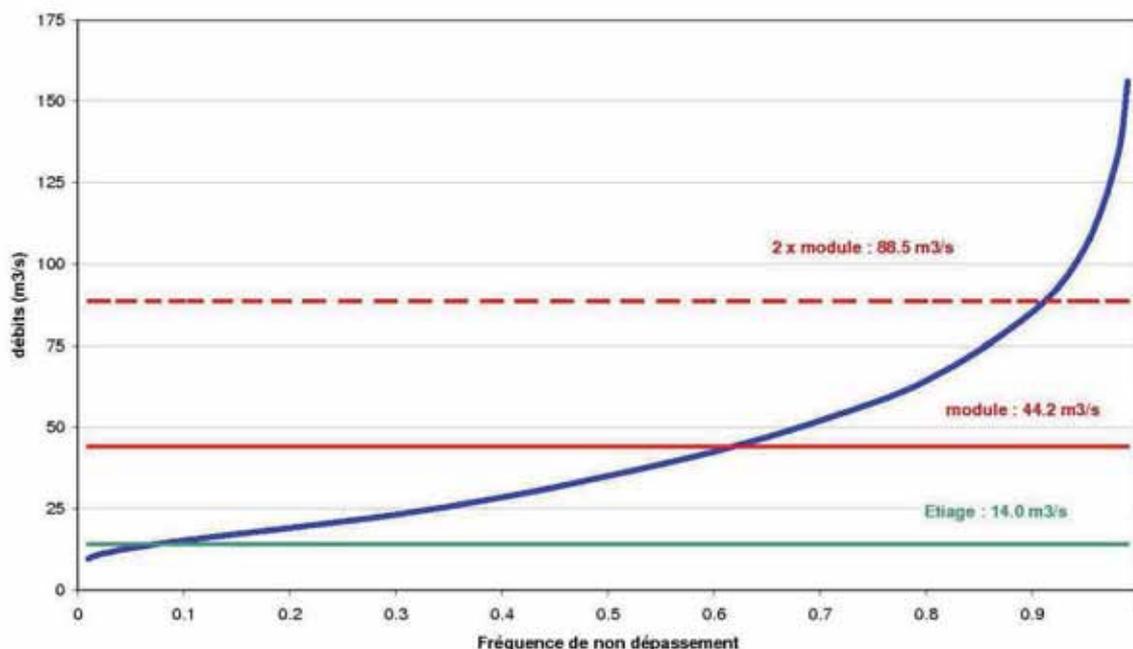
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
42.3	47.3	52.6	68.4	85.4	63.9	32.0	21.0	20.7	25.8	32.5	38.5



Evolution des débits moyens mensuels à Saverdun

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
156.1	132.5	105.1	85.1	64.3	52.0	42.5	34.9	28.5	23.1	18.9	15.1	12.8	10.8	9.5



### Evolution des débits classés sur l'année à Saverdun

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 210 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 290 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 340 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 360 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantiennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

**Le débit réservé devant être maintenu au minimum au pied du barrage de Saverdun est de 6 m<sup>3</sup>/s.**

Rappelons que le partage du droit d'eau entre la Régie Municipale d'Electricité et la Société Hydroélectrique du Moulin est définie par une convention de 1922 qui fixe la répartition à hauteur de 64 % du débit total de l'Ariège pour la RME et 36 % pour la SHM.

De plus l'arrêté préfectoral d'autorisation de la SHM prévoit :

- d'une part que le débit maximum dérivé vers l'usine soit limité à 7 m<sup>3</sup>/s,

- d'autre part que l'usine soit arrêtée dès que la restitution du débit réservé au barrage ne peut être assurée par l'exploitation de la RME (arrêt des groupes par exemple) ou lorsque le débit de l'Ariège est inférieur à 14 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond au débit d'étiage (QMNA5) estimé dans de notre étude hydrologique.

En terme de priorité d'exploitation rive gauche/rive droite pour les usines de la RME, rien n'est précisé dans les différents arrêtés préfectoraux. Néanmoins l'administration avait demandé aux exploitants que la priorité soit donnée à l'usine située en rive droite de manière à exercer le maximum d'attractivité du côté où se situe la passe à poissons. D'après nos contacts auprès de la RME, la priorité est plutôt donnée aux installations rive gauche qui permettent une meilleure production en basses-eaux. La centrale rive gauche peut en effet turbiner de plus petits débits tout en conservant un bon rendement.

Rappelons enfin qu'à la RN, le débit minimum pour la passe à poissons au barrage ainsi que pour l'exutoire de dévalaison situé dans le canal d'amenée de la SHM est de 500 l/s par dispositif. Le débit d'attrait de la passe est quant à lui théoriquement de 700 l/s.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique actuelle des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau, de la réglementation et des caractéristiques des installations.

	Mois												QMNA5	Module
	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.		
Q Ariège (m <sup>3</sup> /s)	38.8	43.1	48.6	64.0	81.6	61.8	31.0	20.2	19.7	24.4	30.8	35.6	14.0	44.2
Q turbiné Régie RD (m <sup>3</sup> /s)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	11.9	11.5	15.7	20.0	20.0	7.9	20.0
Q turbiné Régie RG (m <sup>3</sup> /s)	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	2.3	0.0	0.0	0.0	2.1	6.9	0.0	7.6
Q turbiné SHM (m <sup>3</sup> /s)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.6	6.5	7.0	7.0	7.0	4.4	7.0
Q dévalaison (m <sup>3</sup> /s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Q passe + attrait (m <sup>3</sup> /s)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Q surverse au barrage (m <sup>3</sup> /s)	2.5	6.8	12.3	27.7	45.3	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8

#### Remarques :

(a) Dans cette répartition théorique des débits nous avons tenu compte d'une répartition des débits tel que mentionné dans la convention de 1922. (exemple, à l'étiage Q<sub>turbiné SHM</sub> = 36% [Q Ariège-Q dispositif] = 4.4 m<sup>3</sup>/s).

(b) Nous avons également considéré qu'au sein de la Régie Municipale la priorité d'exploitation était donné à l'usine rive droite conformément aux recommandations de l'administration.

## 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

### ■ Relevés de niveaux d'eau effectués sur le site

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site les 3 mai et 7 septembre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit estimé à Saverdun	Répartition des débits					Niveaux d'eau au barrage		Chute totale
		usine RME RD	usine RME RG	usine SHM RG	dévalaison	passé à poissons	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	
03/05/2010	63.2 m <sup>3</sup> /s (1.4 x module)	Non connu	≈ 2.5 m <sup>3</sup> /s	Non connu	≈ 0.5 m <sup>3</sup> /s	≈ 0.8 m <sup>3</sup> /s	222.56	219.16	3.40 m
07/09/2010	22.2 m <sup>3</sup> /s (1.6 x QMNA5)	≈ 9 m <sup>3</sup> /s	0 m <sup>3</sup> /s	≈ 3 m <sup>3</sup> /s	≈ 0.4 m <sup>3</sup> /s	≈ 0.5 m <sup>3</sup> /s	222.30	218.75	3.55 m

#### Remarques :

(a) Le 3 mai 2010 seul 1 groupe était en fonctionnement à l'usine RME en rive gauche. Le 7 septembre, les 2 groupes de l'usine RME RG étaient arrêtés et 1 groupe était également à l'arrêt à l'usine SHM.

(b) Nous n'avons pas pu constater ou mesurer de débit d'attrait au niveau de la passe à poissons.

(c) Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

### ■ Estimation des variations actuelles de niveaux d'eau

La variation des niveaux d'eau au droit du site en fonction de l'hydrologie de l'Ariège a été estimée à partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site (topographie au niveau du seuil),
- d'un fonctionnement des centrales en accord avec les règlements d'eau,
- et des études antérieures collectées notamment le projet de passe à poissons pour la Régie Municipale en rive droite réalisé par BETERU (1987) et le dossier de renouvellement d'autorisation de la SHM (IDE Environnement, 2000).

Le tableau ci-dessous présente les valeurs obtenues.

Débit Ariège à Saverdun	Débits turbinés (m <sup>3</sup> /s)			Q passe + Q attirait (m <sup>3</sup> /s)	Q dévalaison (m <sup>3</sup> /s)	Q déversé au barrage (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale au barrage
	Qt RME RD	Qt RME RG	Qt SHM RG						
Étiage (14.0 m <sup>3</sup> /s)	7.9	0.0	4.4	0.5 + 0.7	0.4	0.0	222.30	218.30	4.00 m
Module (44.2 m <sup>3</sup> /s)	20.0	7.6	7.0	0.6 + 0.7	0.5	7.8	222.45	218.75	3.75 m
1,5 x module (63.6 m <sup>3</sup> /s)	20.0	7.6	7.0	0.8 + 0.7	0.6	29.6	222.60	219.15	3.45 m
2 x module (88.4 m <sup>3</sup> /s)	20.0	7.6	7.4	0.9 + 0.7	0.7	51.5	222.75	219.40	3.35 m

### **3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE**

---

#### **3.1. DIAGNOSTIC DU SITE À LA MONTAISON**

##### **3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS**

Le site est équipé d'une passe à bassins successifs communicant entre eux par des échancrures pratiquées dans les cloisons. Chaque cloison est pourvue d'un orifice de fond.

La prise d'eau de la passe s'effectue par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation. Ce bassin est situé latéralement au canal d'amenée vers l'usine de la Régie Municipale (en rive droite du canal). La communication entre le bassin et le canal est protégée par des barreaux.

L'alimentation de la passe est complétée par un débit d'attrait supplémentaire (700 l/s à la RN) qui est prélevé en amont de la passe puis rejeté en aval de la passe à poissons.

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Largeur moyenne des échancrures (sauf échancrure aval) : 0.50 m
- Largeur de l'échancrure aval : 0.80 m
- Dimensions des orifices de fond (l x h) : 0.30 m x 0.30 m
- Dimensions moyenne des bassins (L x l) : 3.00 x 1.90 m
- Nombre de chutes : 13 chutes

Il n'a pas été possible de reprendre l'ensemble des cotes des cloisons et des échancrures, la partie amont de la passe étant couverte par le chemin d'accès à l'usine. On se basera donc sur les plans disponibles ainsi que sur les mesures de niveaux d'eau effectués dans la passe pour compléter les mesures et évaluer le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage.

##### **3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE**

Des simulations ont été réalisées avec le logiciel CASSIOPEE afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège Saverdun	Débit passe à poissons Qpap	Débit d'attrait Qa	Débit TCC (Qtcc) (a)	Débit canal de fuite du moulin (Qf) (b)	Chute max	Type jet	Tirant d'eau moyen	P. dissipée moyenne	Attractivité dispositif (Qpap+Qa) /Qtcc	Attractivité RD (usine RD en fonctionnement) (Qt <sub>RD</sub> +Qd+Qa) /Qtcc	Attractivité du TCC (Qtcc/ Q Ariège)
Étiage (14.0 m <sup>3</sup> /s)	0.5 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	9.1 m <sup>3</sup> /s	4.8 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	Peu plongeant	1.60 m	200 W/m <sup>3</sup>	13 %	100 %	65 %
Module (44.2 m <sup>3</sup> /s)	0.6 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	36.7 m <sup>3</sup> /s	7.5 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	Peu plongeant	1.75 m	210 W/m <sup>3</sup>	4 %	58 %	83 %
1,5 x module (63.6 m <sup>3</sup> /s)	0.8 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	58.7 m <sup>3</sup> /s	7.6 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	Peu plongeant	1.90 m	220 W/m <sup>3</sup>	3 %	37 %	89 %
2 x module (88.4 m <sup>3</sup> /s)	0.9 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	80.7 m <sup>3</sup> /s	7.7 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	Peu plongeant	2.05 m	230 W/m <sup>3</sup>	2 %	27 %	91 %

(a) Le débit total dans le TCC est la somme du débit turbiné aux usines de la Régie, du débit de la passe et du débit d'attrait ainsi que des déversements sur le seuil.

(b) le débit dans le canal de fuite du Moulin correspond à la somme du débit turbiné à l'usine de la SHM et du débit de dévalaison.

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du canal de fuite de la SHM

Le canal de fuite de l'usine de la SHM est susceptible d'exercer une attractivité significative en période d'étiage ou d'eaux moyennes puisqu'il transite respectivement près de 35 % et 20 % du débit total de l'Ariège.

Au vu de ce débit conséquent pouvant transiter par ce canal de fuite, il est probable qu'une **part non négligeable des individus s'engage dans ce canal de fuite** et remonte jusqu'au pied des groupes au droit du Moulin.

La configuration des écoulement au niveau de la sortie du canal de fuite (pincement du jet, pente du canal) font que le jet en sortie du canal est très marqué accentuant ainsi l'attractivité du canal.



Vue de la confluence du canal de fuite et de l'Ariège

Il n'existe à l'heure actuelle aucun dispositif de franchissement à l'usine SHM permettant aux poissons ayant emprunté ce canal de fuite de passer en amont (l'arrêté préfectoral de 2001 mentionnait la nécessité de réaliser une étude pour évaluer l'intérêt d'équiper cette branche d'un

dispositif de montaison). Au vu de la longueur conséquente du canal de fuite (275 m environ), les poissons ayant empruntés le canal de fuite devraient perdre un certain temps dans ce canal, ce qui peut être problématique pour des poissons se présentant tardivement ou en période estivale (température de l'eau).

### ■ Attractivité de la passe à poissons

- Attractivité de la rive droite

Dans le cas où l'usine RG de la Régie est en fonctionnement et que l'usine rive droite est arrêtée (cas de figure rencontré actuellement en période de basses-eaux pour les raisons évoquées précédemment), les poissons auront tendance à se concentrer vers la rive gauche, à l'opposé de l'entrée de la passe.

Malgré l'apport du débit d'attrait, le dispositif de montaison en rive droite ne peut pas bénéficier d'une bonne attractivité en ne considérant que les débits propres à l'ouvrage. Ainsi, à l'étiage, le débit dans les dispositif est de l'ordre de 13 % du débit total dans le TCC mais chute rapidement à des valeurs inférieures à 5 % du débit du TCC pour une hydrologie de l'Ariège du module à 2 fois le module.

Lorsque la centrale rive droite est en exploitation, les débits turbinés auront tendance à attirer le poisson en rive droite plutôt qu'en rive gauche. Comme le montre le tableau précédent (voir colonne « attractivité de la rive droite »), la proportion du débit total du TCC transitant en rive droite, au niveau du barrage sera de l'ordre de 100% à l'étiage et jusqu'à 27 % à 2 fois le module. Dans cette configuration, on peut penser que le poisson devrait s'engager préférentiellement vers la rive droite.

- Attractivité de la passe

Le débit transitant par le dispositif de franchissement en rive droite est satisfaisant si l'on tient compte de la valeur théorique du débit d'attrait. En effet le rapport  $(Q_{pap}+Q_a)/Q$  total en rive droite (soit le débit des dispositifs additionné au débit turbiné), représente environ 15 % à l'étiage, 6.5 % au module et 8 % à 2 fois le module.

Cependant, le débit d'attrait en sortie de passe est toutefois peu visible, ce qui doit limiter son attractivité. Il est en effet réinjecté en aval de la passe, en rive droite.

De plus, lors des reconnaissances de terrain, la chute aval de la passe était très faible (< 5 cm), limitant ainsi le jet en sortie et donc l'attractivité générale de l'ouvrage. Cette faible valeur est d'ailleurs confirmée par simulation hydraulique sous Cassiopée (voir ci-après).



Vue de l'entrée de la passe : le débit d'attrait est à peine visible et la chute aval est très faible

## ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

L'étude des conditions hydrauliques au sein même de la passe ne révèle pas de sources potentielles de difficultés pour le franchissement de l'ensemble des espèces.

Dans l'ensemble les chutes sont de l'ordre de 30 cm, mise à part la chute aval qui reste réduite notamment à partir de 1.5 fois le module où elle est alors inférieure à 5 cm. Ces hauteurs de chutes sont dans tous les cas compatibles avec les capacités de franchissement des espèces cibles.

Ces résultats hydrauliques confirmées par les observations à la station de contrôle montrent que l'ensemble des espèces devraient pouvoir franchir l'ouvrage sans trop de difficultés.

Les suivis réalisés par MIGADO à la station de contrôle vidéo en 1998 et 1999 ont permis notamment de constater des passages de petits cyprinidés (ablettes, goujons) ayant des capacités de franchissement plutôt limitées.

Il convient également de préciser que ces valeurs sont les valeurs théoriques obtenues par simulation sur le logiciel CASSIOPEE à partir de dimensions et cotes relevées sur le terrain.

## ■ Fonctionnalité du dispositif

Certaines cloisons présentent des signes de dégradation du béton (érosion au niveau de cloisons, fissure importante sur le bajoyer gauche sur la partie aval de la passe, etc.). Ces défauts ont été constatés dans la partie visible. La configuration avec une partie souterraine (quasiment les 2/3 de l'ouvrage) implique également des difficultés d'accès et de vérification de l'état de l'ouvrage et d'éventuels phénomènes de colmatage ou d'encombrement.

L'entrée hydraulique de la passe et surtout du débit d'attrait au niveau du canal d'aménée ont tendance à se colmater facilement malgré la présence de la drome flottante à l'entrée du canal. Ce colmatage induit des pertes de charge au niveau de la grille (réduction du débit entonné par l'ouvrage et le débit d'attrait). Les pertes de charges étaient d'environ 10 cm lors des reconnaissances de terrain.

Il semblerait qu'il y a quelques années, un éboulement de la berge en rive droite soit venue masquer la sortie du débit d'attrait, ce qui pourrait expliquer notamment cette faible visibilité du débit d'attrait en aval de la passe.



Bajoyer gauche de la passe fissuré

## ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

### ○ Pourcentage de franchissement

Des remontées de saumon marqués au seuil de Saverdun ont été observées lors des campagnes de suivi en 2003 et en 2004.

Au total ce sont 6 individus ayant franchi le seuil du Moulin de la Ville à Auterive qui sont ensuite parvenus au droit de Saverdun. Sur ces 6 saumons, seuls 3 poissons ont finalement réussi à franchir l'obstacle **soit un taux de franchissement de 50 %**.

Pour l'année 2004, sur 5 poissons présents à l'aval, seuls 2 sont passés à l'amont de l'ouvrage (taux de franchissement = 40%).

Le détail est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2003	2004	TOTAL
Individus se présentant à Saverdun	1	5	6
Individus parvenus à l'amont de Saverdun	1	2	3

### ○ Durée de blocage induite par l'aménagement

En raison de l'absence de station de réception au niveau des obstacles à l'amont de Grépiac, seule une durée maximale de blocage a pu être calculée. Ces valeurs sont donc à prendre avec précaution.

Ainsi en 2003, le saumon étant parvenu à l'amont de Grépiac, a ensuite franchi les 3 ouvrages du Moulin de la Ville, du Moulin du Ramier et de Saverdun en moins de 23 jours. On ne peut pas connaître le temps qu'il a passé au pied de Saverdun.

En 2004, les deux individus ayant franchi le seuil l'ont fait dans des délais variables (maximum de 7 jours pour un des individus et entre 37 et 56 jours pour le second). Concernant les poissons n'ayant pas franchi l'obstacle, ils sont restés bloqués au moins entre 6 et 126 jours avant de redévaler ou de mourir au pied du seuil.

## ■ Bilan du diagnostic

Au bilan, au vu de la répartition des débits sur le site de Saverdun, la remontée des poissons vers le barrage ne doit pas présenter de difficultés majeures pour des débits conséquents de l'Ariège. En période de basses eaux et d'eaux moyennes, le canal de fuite de l'usine du moulin exerce une attractivité significative pour le poisson qui peut se retrouver bloqué en pied des groupes.

Au vu de la longueur du canal de fuite, cet aspect est problématique, ce qui milite pour réaliser un ouvrage à ce niveau. L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation de la chute de l'usine du moulin, avait d'ailleurs déjà soulevé cet aspect et mentionnait la réalisation d'une étude visant à évaluer l'utilité et la faisabilité d'installer un ouvrage de montaison en rive gauche dans un délais de 2 ans à compter de sa date de parution.

L'aménagement d'un nouveau dispositif dans ce canal de fuite pourrait également être équipé d'une deuxième entrée débouchant dans le canal de fuite de l'usine de la Régie, ce qui permettrait également d'assurer le franchissement des poissons bloqués en pied des groupes en RG au barrage.

Tant qu'aucun dispositif ne sera aménagé sur cette rive gauche, il sera impératif de donner la priorité d'exploitation à l'usine rive droite pour maximiser l'attractivité vers l'ouvrage actuel.

L'ouvrage de franchissement actuel présente des conditions hydrauliques acceptables pour le poisson.

Cependant, il serait intéressant d'améliorer l'attractivité du dispositif en vérifiant (ou reprenant) le débouché aval du débit d'attrait qui semble être masqué par des restes d'éboulement de berge.

De plus, il semble nécessaire de reprendre l'échancrure aval et les quelques cloisons en amont immédiat de manière à créer une chute aval attractive (25-30 cm) quelles que soient les conditions.

On profitera des ces travaux pour reprendre les bétons dégradés (cloisons, bajoyers).

L'ouvrage et notamment la prise d'eau du débit d'attrait sont assez sensibles au colmatage par les déchets flottants, ce qui milite pour un entretien accru (rappelons également que lors des visites, des pertes de charge d'une dizaine de centimètres ont pu être mesurées au niveau de la prise d'eau de la passe notamment en raison d'un léger colmatage).

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DES USINES

A partir des caractéristiques des plans de grille, les conditions d'écoulement au droit de chaque usine ont été étudiées.

#### ➤ Usine RME rive droite

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	218.55	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	222.3	m NGF
Cote haut de grille :	222.33	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	7.5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	60	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	3.75	m
Longueur totale de la grille :	4.36	m
Longueur immergée totale de la grille :	4.33	m
Largeur totale du plan de grille :	7.5	m
Surface totale du plan de grille :	33	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	32	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	20	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.71	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.62	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.36	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est supérieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

Il n'y a pas de vitesse tangentielle latérale au plan de grille.

➤ **Usine RME rive gauche**

■ **Caractéristiques du plan de grille**

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

<b>CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :</b>		
Cote du radier :	219.05	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	222.3	m NGF
Cote haut de grille :	222.85	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	7.8	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	56	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	3.25	m
Longueur totale de la grille :	4.58	m
Longueur immergée totale de la grille :	3.92	m
Largeur totale du plan de grille :	7.8	m
Surface totale du plan de grille :	36	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	31	m <sup>2</sup>

■ **Conditions d'écoulement au droit du plan de grille**

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

<b>CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)</b>		
Débit turbiné :	7.6	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.30	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.25	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.17	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est inférieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

Il n'y a pas de vitesse tangentielle latérale au plan de grille.

➤ **Usine SHM rive gauche**

■ **Caractéristiques du plan de grille**

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

<b>CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :</b>		
Cote du radier :	220.27	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	222.1	m NGF
Cote haut de grille :	222.9	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	9	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	68	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	1.83	m
Longueur totale de la grille :	2.84	m
Longueur immergée totale de la grille :	1.97	m
Largeur totale du plan de grille :	9.0	m
Surface totale du plan de grille :	26	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	18	m <sup>2</sup>

■ **Conditions d'écoulement au droit du plan de grille**

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

<b>CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)</b>		
Débit turbiné :	7	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.64	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.59	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.24	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

A noter que le site comporte 3 chambres d'eau. La chambre d'eau située en rive droite est aujourd'hui condamnée. La plan de grille réellement actif présente donc une surface immergée inférieure à 18 m<sup>2</sup>. La surface immergée réellement considérée est de l'ordre de 12 m<sup>2</sup>, ce qui entraîne des vitesses normales de l'ordre de 0.6 m/s soit une valeur supérieure aux 0.5 m/s préconisés pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

Il n'y a pas de vitesse tangentielle latérale au plan de grille.

### **3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS**

**Il n'y a actuellement aucun dispositif de dévalaison au niveau des usines appartenant à la Régie Municipale, tant en rive gauche qu'en rive droite.**

Le seul ouvrage spécifique est situé au droit de l'usine de la SHM. Il s'agit d'un exutoire de 1.10 m de large dont la cote de déversement est calée à 221.65 mNGF (source dossier de renouvellement d'autorisation, IDE Environnement, 2000).

Cet exutoire est ouvert toute l'année. Il est positionné en rive droite du canal d'amenée au niveau de la vanne de décharge contre à proximité du plan de grille. En 1998, une goulotte de dévalaison a été aménagée en aval de cet exutoire de manière à assurer la restitution des poissons vers le canal de fuite de l'usine SHM.

Précisons également que l'exutoire est situé en amont de la chambre d'eau condamnée de l'usine.



Vue du canal de fuite et de la restitution du débit de dévalaison



Vue de l'exutoire de dévalaison au niveau de la vanne de décharge du canal d'amenée

### 3.2.3. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

#### ■ La centrale rive droite de la Régie municipale

Il n'y a actuellement aucun dispositif spécifique de dévalaison en rive droite au niveau de l'usine de la Régie. En période de fortes eaux, le plan de grille est noyé et une surverse se crée par dessus le plan de grille (environ 20 cm à 1.5 fois le module). Cette surverse débouche dans le canal de défeuillage qui rejoint ensuite le TCC.

Cette surverse reste toutefois trop modérée pour permettre de garantir une bonne dévalaison du poisson, d'autant que les vitesses normales au plan de grille sont fortes (0.6 m/s) et que l'espacement entre barreaux du plan de grille est important (4 à 6 cm). Au final, l'efficacité générale du site à la dévalaison des smolts (défeuillage) peut être estimée à 10 % environ.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, la perméabilité des grilles peut être considérée comme totale pour des anguilles de 70 cm (Notons tout de même qu'avec un espacement entre barreaux égal à l'écartement réglementaire de 3 cm, la perméabilité serait de l'ordre de 80%).

#### ■ La centrale rive gauche de la Régie municipale

Au niveau de l'usine de la Régie rive gauche il n'y a pas de dispositif de dévalaison. Lorsque l'usine de la SHM située à l'aval immédiat est en fonctionnement, le débit entonné par les deux pertuis rive gauche sous le bâtiment de la RME exerce un attrait notable et susceptible d'orienter préférentiellement les poissons vers le canal d'amenée de la centrale du moulin. Des courants tangentiels au plan de grille de la régie municipale se forment permettant ainsi de guider les poissons dévalants vers l'usine du moulin.

Ainsi, on peut considérer que l'attraction du canal d'amenée de l'usine du moulin à la dévalaison des smolts est significative et qu'environ 80 % des poissons sont susceptibles de s'engager par les deux pertuis rive gauche et ce malgré un espacement des barreaux du plan de grille plus important que celui fixé par arrêté (3.5 cm au lieu de 3 cm).

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, la perméabilité des grilles peut être considérée comme totale pour des anguilles de 70 cm (Notons tout de même qu'avec un espacement entre barreaux égal à l'écartement réglementaire, la perméabilité serait de l'ordre de 80%).

#### ■ La centrale rive gauche de la SHM

Au niveau de l'usine de la SHM, l'exutoire de dévalaison est implanté en rive droite du canal d'amenée. Cet exutoire situé latéralement au plan de grille présente une échancrure d'environ 1.10 m et un tirant d'eau d'environ 0.5 m en eaux moyennes.

Son débit fluctue suivant la cote de la ligne d'eau. Lorsque la cote du plan d'eau est égale à la Retenue Normale, il entonne un débit d'environ 400 l/s, ce qui représente environ 7.2 % du débit maximum turbiné.

Ce débit entonné est plutôt conséquent, ce qui est à plutôt favorable. Cependant, l'espacement entre barreaux (3.5 cm) et la configuration des écoulements dans le canal d'amenée (pas d'écoulements tangentiels au plan de grille voire inverses du fait de l'absence de turbine au niveau de la chambre d'eau en rive droite et de la configuration du canal d'amenée en amont) sont par contre défavorables pour garantir une bonne efficacité. L'efficacité du dispositif ne devrait pas dépasser 50 % sur un tel site.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, la perméabilité des grilles peut être considérée comme totale pour des anguilles de 70 cm (Notons tout de même qu'avec un espacement entre barreaux égal à l'écartement réglementaire de 2.5 cm, la perméabilité serait de l'ordre de 20 %).

#### ■ Bilan au droit du site

Les valeurs d'efficacité de l'exutoire et de perméabilité estimées au droit des sites sont récapitulées ci-dessous.

Usine	SHM RG	RME RG	RME RD
Efficacité globale à la dévalaison des smolts	50 %	80 % (vers usine SHM)	10 %
Perméabilité du plan de grille pour les anguilles	100 %	100 %	100 %

### 3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3). Pour le smolt, ils sont tirés de l'étude effectuée par Bosc et Larinier (2000).

Pour l'anguille et par défaut de connaissance des données des caractéristiques hydromécaniques, nous avons considéré, à l'usine rive gauche du moulin, une mortalité 3.8 fois plus importante pour les anguilles (70cm de taille) que celles estimées pour les smolts dans l'étude de Bosc et Larinier (taille smolt de 18-19cm).

Les taux de mortalité sont récapitulés pour chaque usine dans le tableau suivant :

Usine	Usine SHM RG	Usine RME RG (Francis)	Usine RME RD (Kaplan)	Total usines Saverdun
Mortalité smolts	8 %	8 %	5 %	6 %
Mortalité anguilles	30 %	22 %	31 %	29 %

**A partir d'un calcul au prorata des débits turbinés à chaque usine, il est possible d'estimer un taux de mortalité par passage dans les turbines à l'échelle du site de Saverdun qui s'élèverait à 6 % pour les smolts et 29 % pour les anguilles.**

### **3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation au droit de chaque site :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille d'une part,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques d'autre part,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguilles dévalants.

**Pour le site de Saverdun le taux de mortalité générale au droit du site s'élève à 2 % pour les smolts et 16 % pour les anguilles.**

### **3.2.6. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

Le site de Saverdun s'avère pénalisant pour la dévalaison des poissons puisqu'aujourd'hui, les efficacités des exutoires ne sont pas suffisantes.

La position du site sur l'axe, à l'aval de zones de production et d'alevinage milite pour l'aménagement d'une dévalaison efficace de manière à limiter l'impact des installations de Saverdun sur les populations dévalantes.

Ces améliorations passeront nécessairement par la création d'un exutoire efficace à l'usine RME en rive droite et par la réduction des écartements entre barreaux des trois plans de grille. Ces réductions d'espacements entre barreaux pourront passer par une reprise totale de la surface des plans de grille.

## **4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT**

---

### **4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

Le diagnostic de la franchissabilité a mis en évidence que la montaison sur le site de Saverdun n'est aujourd'hui pas satisfaisante et incompatible avec les enjeux salmonidés migrateurs sur le cours d'eau.

Les problématiques identifiées sont par ordre d'importance :

- l'attractivité du canal de fuite de l'usine du moulin associée à l'absence de dispositif de franchissement en rive gauche,
- un défaut d'attractivité de la passe en rive droite.

Ces dysfonctionnement pénalisent fortement la remontée des poissons (retards voire blocages permanents, etc.).

Des aménagements importants sont donc nécessaires pour améliorer significativement la situation d'autant que la majeure partie des sites de fraie et de grossissement des juvéniles sont situés en amont.

Les aménagements envisagés sont détaillés ci-après.

#### **4.1.1. AMÉNAGEMENT D'UN DISPOSITIF DE MONTAISON EN RIVE GAUCHE**

##### **4.1.1.1. Caractéristiques générales de l'aménagement**

###### **■ Type d'ouvrage**

On propose donc d'aménager un ouvrage de franchissement en rive gauche. Cet ouvrage aura pour vocation d'assurer le franchissement des poissons remontés jusqu'au barrage en rive gauche, mais également ceux bloqués dans le canal de fuite de l'usine du Moulin. Pour cela, le dispositif sera équipé de deux entrées piscicoles.

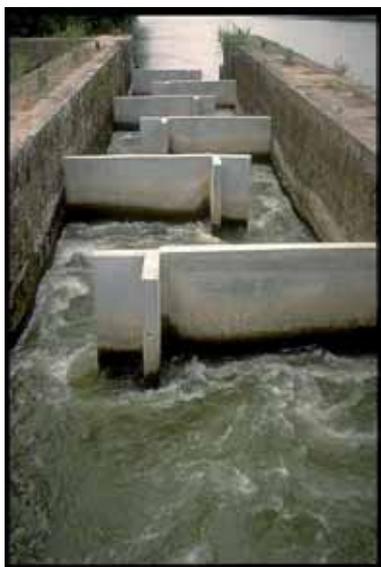
Eu égard à la hauteur de chute (4 m en étiage) et aux variations de niveaux d'eau, l'ouvrage aménagé consistera en une passe à bassins successifs en génie civil. La communication entre les bassins se fera par l'intermédiaire de cloisons pourvues chacune d'une échancrure latérale et d'un orifice de fond (passe similaire à celle implantée en rive droite) ou d'une échancrure centrale.

Le choix définitif du type d'ouvrage devra être adapté à la configuration et à l'exiguité du site. Sans levé topographique précis du site, il est difficile de choisir un type d'ouvrage :

- passe à échancrure centrale = jet plongeant = passe à salmonidés = bassins profonds
- ou passe à échancrures latérales = jet moins plongeant = passe moins sélective = bassin plus long.

En première approche et sans levés topographiques, on retiendra une passe à échancrures latérales et à orifices de fond. Dans tous les cas, on cherchera surtout à compacter au maximum la passe.

En complément on préconisera de réaliser une rugosité de fond dans les bassins et dans les orifices de fond (type plots evergreen, ...) de manière à améliorer les possibilités de franchissement pour l'anguille.



Passé à échantures latérales et à orifices de fond



Passé à jet plongeant (échanture centrale)

### ■ Débit dans l'ouvrage

L'ouvrage devra transiter un débit suffisamment important pour être attractif et guider efficacement le poisson.

La passe aménagée sera donc calée pour entonner un débit d'environ 500 l/s. Chaque entrée piscicole dans les canaux de fuite restituera ainsi un débit de l'ordre de 250 l/s.

Au niveau du canal de fuite de l'usine du moulin, le débit de dévalaison délivré par l'exutoire (400 l/s à la RN) jouera le rôle de débit d'attrait.

### ■ Dénivellation entre les bassins

Le principe de la passe à bassins consiste à diviser la hauteur à franchir en plusieurs chutes qui forment une série de bassins communiquant entre eux par une fente verticale. La dénivellation entre les bassins doit prendre en compte les possibilités de nage et de saut des poissons.

L'ouvrage devra rattraper un dénivelé maximal à l'étiage de l'ordre de 4.00 m entre le niveau de la retenue et le niveau aval dans le canal de fuite de l'usine de la Régie et de 3.30 m avec le niveau du canal de fuite de l'usine du Moulin.

La chute totale sera donc décomposée en chutes intermédiaires de 30 cm environ au sein de l'ouvrage. Au total, la passe formera ainsi une série de 12 chutes côté moulin et de 10 chutes côté usine.

### ■ Entrée hydraulique du dispositif

L'entrée hydraulique s'effectuera dans le bief amont par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation. Elle sera positionnée dans le canal d'aménée vers l'usine hydroélectrique de la minoterie.

La prise d'eau sera orientée latéralement au sens d'écoulement de manière à limiter le colmatage par l'action du courant. Elle sera équipée d'une grille pour éviter l'entrée de déchets flottants. L'espacement entre barreaux sera d'au moins 30 cm pour permettre le passage des grands salmonidés.

#### ■ Entrées piscicoles

L'ouvrage aménagé sera pourvu de deux entrées piscicole. La première entrée sera positionnée au niveau du canal de fuite de l'usine du Moulin. La seconde entrée sera implantée au niveau de la restitution des turbines de l'usine de la Régie.

Les cloisons aval seront pourvues d'une échancrure centrale pour concentrer le jet afin d'optimiser l'attractivité de la chute. Elles seront également pourvues de rainures permettant si besoin de batarder la passe.

Le niveau en aval dans le canal de fuite de l'usine de la Régie est très variable suivant le débit de l'Ariège et suivant le fonctionnement de l'usine. Ainsi, il est fort probable que passé un certain débit de l'Ariège, le niveau devienne plus élevé que celui dans le canal de fuite du moulin (aux alentours de 1.5-2 fois le module).

Cette variation notable devra être prise en compte pour éviter qu'un écoulement ne se forme du canal de fuite de l'usine de la régie vers le canal de fuite du moulin. La séparation entre les deux branches devra donc s'effectuer suffisamment en amont quitte à créer un bassin supplémentaire coté moulin.

#### 4.1.1.2. Dimensionnement sommaire de l'ouvrage

Les caractéristiques de l'ouvrage pourraient être les suivantes :

- Type : Passe à bassins à échancrures latérales et orifices de fond
- Débit dans le dispositif à l'étiage : 0.5 m<sup>3</sup>/s à la RN
- Largeur des échancrures : 0,40-0.50 m
- Dimensions des orifices de fond : 0.30 m x 0.30 m
- Nombre de chutes : 12 chutes au total
- Chute entre bassins : 33 cm
- Longueur intérieure des bassins : 3.00 - 4.00 m
- Largeur intérieure des bassins : 1.75 - 2.25 m
- Tirant d'eau minimum dans les bassins : 1,25 - 1.50 m
- Puissance dissipée dans les bassins = 150 -175 W/m<sup>3</sup> à la RN

#### 4.1.2. AMÉLIORATION DE LA PASSE EN RIVE DROITE

Conformément, au diagnostic réalisé précédemment, nous proposons d'améliorer l'attractivité de la montaison en reprenant notamment le calage des échancrures de manière à assurer une chute aval de l'ordre de 25-35 cm et ce quel que soit le débit et le fonctionnement de la turbine.

En complément, on tachera de vérifier le débouché aval du débit d'attrait qui est peu visible et qui semble être masqué.

La reprise de la cloison aval et du débouché aval du débit d'attrait devra vraisemblablement être faite par des plongeurs.

De plus, on profitera également des travaux pour restaurer les cloisons et bajoyers abimés.

#### 4.1.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMÉNAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
<b>PASSE RIVE GAUCHE</b>	
Installation de chantier	15 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	30 K€
Démolitions et terrassements	15 K€
Génie civil, y compris fondations	160 K€
Équipements (caillebotis, grille...)	10 K€
Plus value pour difficultés d'accès	15 K€
Études diverses, divers et imprévus	80 K€
<b>Sous total Passe Rive gauche</b>	<b>325 K€</b>
<b>PASSE RIVE DROITE</b>	
Installation de chantier	10 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	10 K€
Reprise calage cloisons aval et vérification sortie débit d'attrait	10 K€
Reprise des bétons de la passe	10 K€
Études diverses, divers et imprévus	25 K€
<b>Sous total Passe Rive droite</b>	<b>65 K€</b>
<b>TOTAL</b>	<b>390 K€</b>

#### 4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON

Le diagnostic de la dévalaison réalisé à Saverdun a mis en évidence que la dévalaison sur le site n'est pas satisfaisante.

En effet sur les 3 usines réparties au barrage, seule l'usine du Moulin en rive gauche est équipée d'un exutoire de dévalaison, lequel présente une efficacité moyenne estimée à environ 50 %.

De plus les plans de grille présentent des espacements entre barreaux trop importants et non conformes avec les valeurs mentionnées dans les règlements d'eau. Cela ne permet pas de créer de barrière efficace pour éviter le passage des poissons vers les turbines d'autant que les conditions d'écoulement au droit des usines, notamment les vitesses d'approches, sont particulièrement défavorables.

Il est donc impératif d'aménager des dispositifs de dévalaison fonctionnels et efficaces et de revoir la configuration des prises d'eau d'autant que le site de Saverdun est situé à l'aval d'importantes zones de production de juvéniles et que les installations hydroélectriques du site sont particulièrement meurtrières.

Les aménagements proposés sont détaillés ci-après.

#### **4.2.1. AMENAGEMENTS AU DROIT DE L'USINE DE LA REGIE EN RIVE DROITE**

##### **4.2.1.1. Modification du plan de grille actuel**

Le plan de grille actuel présente un espacement entre barreaux trop important (4 à 6 cm mesurés) pour constituer une barrière efficace au passage du poisson vers les turbines.

Il est donc impératif de procéder à une réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille pour réaliser une barrière (physique et comportementale) plus efficace et assurer ainsi une dévalaison correcte par le futur dispositif de dévalaison.

Deux scénarios pourraient éventuellement être envisageables concernant notamment la réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille :

- Scénario 1 : il consiste à réduire l'espacement entre barreaux en gardant la configuration actuelle (inclinaison, surface). Cependant, nous avons vu que les vitesses normales au plan de grille sont supérieures aux 0.5 m/s généralement préconisés pour éviter le placage des poissons. Cette réduction serait couplée notamment à l'aménagement d'un exutoire latéral en rive gauche.
- Scénario 2 : il consiste à refaire totalement le plan de grille de manière à augmenter sa surface et réduire notamment la vitesse normale au plan de grille et les pertes de charges. Le nouveau plan de grille serait alors incliné longitudinalement dans le sens des écoulements, créant ainsi une vitesse tangentielle ascendante guidant les poissons vers la surface. Cette solution serait alors couplée à l'aménagement d'exutoires de surface en tête du nouveau plan de grille. Ces exutoires seraient alors connectés à un nouveau canal de défeuillage.

La vitesse normale au plan de grille égale à 0.6 m/s environ au lieu des 0.5 m/s généralement préconisés pour éviter tout placage de poissons nous semble encore tolérable, ce qui milite pour retenir d'ores et déjà et si c'est possible (pertes de charges acceptables), le premier scénario au vu du ratio bénéfice-coût.

De plus dans le scénario 1, on peut penser qu'au vu de la largeur du plan de grille plutôt modérée (7.5 m), que l'exutoire latéral attire les poissons, à condition bien sur que le débit de l'exutoire soit suffisant (5 % du débit turbiné minimum) et que l'écartement entre barreaux soit minimal pour assurer une barrière quasi-physique.

Pour cela, il paraît d'ores et déjà nécessaire si le premier scénario est retenu de mettre en place une grille avec des barreaux espacés de 20 mm. Un tel espacement permettrait alors d'assurer une bonne barrière comportementale pour les smolts et une barrière physique pour les anguilles de 70 cm.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la **formule de Meusburger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille actuel et projeté en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

On considérera également que les barreaux du plan de grille sont rectangulaires et ont une épaisseur de 8 mm.

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 5 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.12	0.31	0.53
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.026	0.026	0.026
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>
<b>PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 2 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.026	0.026	0.026
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>

Les calculs réalisés montrent que la réduction de l'espacement à 2 cm n'augmente pas de manière significative les pertes de charge au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Ce plan de grille devra impérativement s'accompagner d'un dégrilleur efficace pour éviter le colmatage de la grille. Le dégrilleur actuel devrait pouvoir être conservé à condition que son

rateau soit adapté au nouvel espacement. Toutefois, et de manière à être plutôt pessimiste, on propose d'installer un nouveau dégrilleur fixe.

#### **4.2.1.2. Aménagement d'un exutoire latéral de dévalaison**

La centrale rive droite n'est actuellement pas équipée d'un dispositif de dévalaison. On propose donc d'aménager un exutoire au niveau de la prise d'eau de l'usine qui sera complété par un système de restitution (goulotte) des poissons vers le canal de fuite.

##### **■ Débit de fonctionnement**

L'exutoire aménagé devra entonner un débit suffisant pour être attractif pour le poisson. On préconise un débit de fonctionnement de 1 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond à 5 % du débit maximal turbiné à l'usine.

##### **■ Implantation et dimensionnement de l'exutoire**

L'idéal serait de privilégier l'implantation de deux exutoires de surface au-dessus du plan de grille. Cette configuration est la plus favorable pour l'efficacité des dispositifs.

Les poissons transitant par les exutoires seraient alors collectés par le canal de défeuillage qui nécessiterait d'être réaménagé (abaissement du radier béton du canal), de manière à garantir un tirant d'eau suffisant (charge sur exutoire = 0.4-0.5 m).

Cependant cette abaissement du canal va réduire la surface de filtration et augmenter les pertes de charges, ce qui militerait alors pour la réalisation du deuxième scénario pour réduire ces pertes (augmentation de la surface du plan de grille en inclinant le plan de grille longitudinalement).

Aussi pour être en accord avec ce scénario minimal, le (ou les) exutoires de dévalaison sera (ont) implanté(s) latéralement dans le bajoyer du canal d'amenée à l'usine.

Une goulotte (ou deux goulottes si deux exutoires) sera aménagée en sortie pour transiter les poissons vers le canal de fuite.

Les caractéristiques dimensionnelles de l'exutoire sont précisées ci-dessous :

- Largeur de l'exutoire : 1.20 m
- Cote de déversement : 221.70 m NGF
- Charge sur l'exutoire : 0.65 m
- Débit de l'exutoire à la RN (222.30 m NGF) : 1 m<sup>3</sup>/s

Dans le cas où l'aménagement de deux exutoires latéraux serait envisageable (validation à partir de plans topographiques détaillés) : un de chaque côté du canal d'amenée, les exutoires entonneraient alors 500 l/s chacun (largeur = 0.85 m; charge = 0.5 m).

Pour chaque option (1 ou 2 exutoires), on aménagera une goulotte de dévalaison qui acheminera les poissons en pied de l'usine au niveau du canal de fuite. L'aménagement d'un exutoire en rive droite permettrait non seulement d'améliorer la dévalaison générale mais permettrait en plus de venir déverser les poissons en sortie de passe à poissons, ce qui permettrait d'améliorer l'attractivité générale de la passe.

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence

positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.

## 4.2.2. AMENAGEMENTS AU DROIT DE L'USINE DE LA REGIE EN RIVE GAUCHE

### 4.2.2.1. Modification du plan de grille actuel

Le plan de grille actuel présente un espacement entre barreaux trop important (3.5 cm mesurés) pour constituer une barrière efficace au passage du poisson vers les turbines.

De manière à éviter que les poissons dévalants ne passent au travers des grilles, on préconisera de réduire l'espacement inter-barreaux de manière suffisante pour créer une barrière physique et comportementale efficace. Deux propositions d'améliorations ont été étudiées à savoir :

A refaire le plan de grille, on propose de réduire l'écartement entre barreaux à 2 cm, ce qui permettrait d'assurer une barrière physique pour l'anguille.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la **formule de Meusburger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

Les calculs ont été effectués en considérant des barreaux rectangulaires de 6 mm d'épaisseur comme ceux installés actuellement.

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 3.5 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.15	0.36	0.60
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.83	0.83	0.83
$V_A^2 / 2g$	0.005	0.005	0.005
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>
<b>PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 2 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.40	0.73	1.08
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.83	0.83	0.83
$V_A^2 / 2g$	0.005	0.005	0.005
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>

Les calculs de pertes de charge montrent que la réduction de l'espacement n'augmente pas de manière significative les pertes de charge au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

On préconisera donc d'installer un plan de grille présentant un espacement entre barreaux de 2 cm ce qui permettra de réaliser une barrière physique et comportementale efficace pour le poisson y compris l'anguille.

Cette réduction sera effective sur l'ensemble de la hauteur de la grille pour tenir compte du comportement des différentes espèces lors de la dévalaison.

#### **4.2.2.2. Mise en place d'un dégrilleur**

De manière à assurer la fonctionnalité de la prise d'eau il faudra aménager un dégrilleur automatique pour nettoyer le plan de grille aménagé.

Actuellement la centrale rive gauche n'en est pas équipée et le nettoyage de la grille doit se faire manuellement ce qui n'est pas aisé et peut poser des problèmes de sécurité.

Le déclenchement du dégrilleur sera commandé par un asservissement qui détectera les pertes de charge à l'usine.

Un canalet de défeuillage serait alors associé au dégrilleur et permettrait d'évacuer les déchets flottants vers le TCC .

#### **4.2.3. AMENAGEMENTS AU DROIT DE L'USINE DU MOULIN EN RIVE GAUCHE**

##### **4.2.3.1. Modification du plan de grille actuel**

Le plan de grille actuel présente un espacement entre barreaux trop important (3.5 cm mesurés) pour constituer une barrière efficace au passage du poisson vers les turbines.

De manière à éviter que les poissons dévalants ne passent au travers des grilles, on préconisera de réduire l'espacement inter-barreaux de manière suffisante pour créer une barrière physique et comportementale efficace.

A noter que réglementairement, le plan de grille du moulin doit comporter un espacement entre barreaux de 2.5 cm au lieu de 3.5 cm comme actuellement.

Aussi, à refaire le plan de grille, on propose de réduire l'écartement entre barreaux à 2 cm, ce qui permettrait d'assurer une barrière physique pour l'anguille.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la **formule de Meusburger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

Les calculs ont été effectués en considérant des barreaux rectangulaires de 8 mm d'épaisseur comme ceux installés actuellement.

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 3.5 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.21	0.45	0.72
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.93	0.93	0.93
$V_A^2 / 2g$	0.021	0.021	0.021
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>
<b>PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT ENTRE BARREAUX = 2 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.93	0.93	0.93
$V_A^2 / 2g$	0.021	0.021	0.021
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>

Les calculs de pertes de charge montrent que la réduction de l'espacement n'augmente pas de manière significative les pertes de charge au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

#### 4.2.3.2. Evaluation de l'efficacité de l'exutoire après aménagement

Une fois les modifications réalisées sur le plan de grille il pourra être intéressant de réaliser des mesures précises des conditions d'écoulement (vitesses d'approche, courants tangentiels, etc.) afin d'évaluer l'amélioration de l'efficacité de l'exutoire existant avec son débit actuel (500 l/s).

A l'issue de ces observations et mesures hydrauliques, on pourrait alors envisager d'une part de modifier l'exutoire existant pour entonner davantage de débit, et/ou d'autre part d'installer dans le canal d'aménée un épi permettant de rediriger les écoulements et d'éviter les zones de recirculation observées en rive gauche du canal d'aménée, du côté opposé à l'exutoire.

Une plaque horizontale située sous l'exutoire (tels que les aménagements aux usines ONDULIA) pourrait également s'avérer utile.

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.

#### 4.2.4. MONTANTS ESTIMATIFS DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
USINE RME RD	
Installation de chantier	5 K€
Changement du plan de grille	45 K€
Changement du dégrilleur	80 K€
Aménagement exutoire + chenal de liaison	35 K€
Études diverses, divers et imprévus	35 K€
Sous total	200 K€
USINE RME RG	
Installation de chantier	5 K€
Changement du plan de grille	30 K€
Dégrilleur+ canal défeuillage	80 K€
Études diverses, divers et imprévus	20 K€
Sous total	135 K€
USINE SHM RG	
Installation de chantier	10 K€
Changement du plan de grille	20 K€
Modification du dégrilleur	5 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
Sous total	50 K€
TOTAL	385 K€

# PEBERNAT

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La centrale hydroélectrique de Pébernat est située sur la rivière Ariège à hauteur de la commune de Bonnac au nord de Pamiers. Elle a été mise en service en 1950 et est régie par le décret de concession du 10 février 1967 (avenant à la convention du 13 mars 1923).

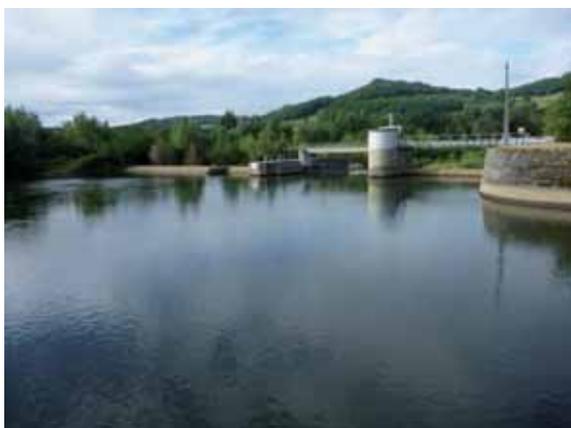
La prise d'eau est située au lieu-dit « La Cavalerie » sur la commune de Pamiers. Elle dérive un débit maximal de 50 m<sup>3</sup>/s qui transite par un canal d'amenée long d'environ 4.7 km. Le tronçon court-circuité est quant à lui d'une longueur d'environ 6 km.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

Le site de Pébernat a été aménagé en 1950. Le barrage permet de dériver une partie des eaux de l'Ariège vers l'usine de Bonnac située environ 6 km en aval.

On recense ainsi successivement depuis la rive gauche :

- Le barrage,
- Le chenal de dérivation, long d'environ 300 m et contrôlé en tête par une vanne toit, qui permet de restituer les eaux vers le TCC en cas de fermeture du canal d'amenée,
- La prise d'eau et le canal d'amenée dont l'entrée est protégée par une grille. Quatre vannes sont présentes en tête du canal d'amenée.



Vue du barrage depuis la rive droite



Vue de la retenue

#### ➤ Le seuil en lui-même

Le seuil de Pébernat se présente perpendiculairement au lit de l'Ariège. Cet ouvrage totalise une longueur de 83 m environ. Il présente de la rive gauche à la rive droite :

- Deux déversoirs (de longueurs respectives de 33 et 10.2 m) calés à la cote de retenue normale (RN) soit 264.75 m NGF et séparés par une pile maçonnée stabilisant le barrage,
- La passe à poissons située quasiment en position centrale sur le barrage,

- Deux clapets mobiles d'environ 15 m chacun pour 1.50 m de hauteur et calés à la cote de la RN en position haute et s'abaissant progressivement avec l'augmentation du débit de l'Ariège pour maintenir la cote du plan d'eau.

A l'inverse lorsque le débit de l'Ariège s'abaisse, le niveau amont de la retenue descend en dessous de la RN et le clapet gauche asservi s'abaisse de manière à garantir la restitution du débit réservé (400 l/s complémentaires aux 700 l/s transitant par la passe à poissons).

La cote de retenue normale est de 264.75 m NGF.

La hauteur de chute moyenne au barrage est de l'ordre de 2.30 m.



Vue des clapets mobiles du barrage et de la passe à poissons en arrière-plan)



Vue des déversoirs en rive gauche du barrage

### ➤ La passe à poissons

La passe à poissons est située en position centrale du barrage, entre les clapets mobiles en rive droite et les déversoirs fixes en rive gauche. Le dispositif de franchissement est composé de 6 bassins successifs et d'un bassin de tranquillisation à l'amont.

La passe est alimentée par une ouverture, pratiquée dans le bajoyer droit de la passe, de 1 m de largeur pour 1.5 m de hauteur dont le seuil est calé à la cote 262.50 m NGF. Cette ouverture est protégée par quatre barreaux amovibles et peut être batardée par l'abaissement d'un vannage situé à ce niveau.

Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est d'environ 770 l/s à la cote de retenue normale (264.75 m NGF).

La passe à poissons est équipée d'un local de visualisation. Ce dispositif a été utilisé de 1997 à 1999 pour quantifier les passages de poissons au sein de l'ouvrage.



Vue de la passe depuis la rive droite



Vue de l'entrée hydraulique de la passe dans la retenue

### ➤ **Le chenal de dérivation**

Le chenal de dérivation est un canal bétonné évacuateur de crue contrôlé en tête par deux vannes :

- une vanne toit de 18.4 m de large pour 2.35 m de hauteur
- une vanne secteur de décharge de 7 m de largeur pour 3.65 m de hauteur

Ces ouvrages doivent permettre d'évacuer une crue de 600 m<sup>3</sup>/s.



Vue du canal de dérivation

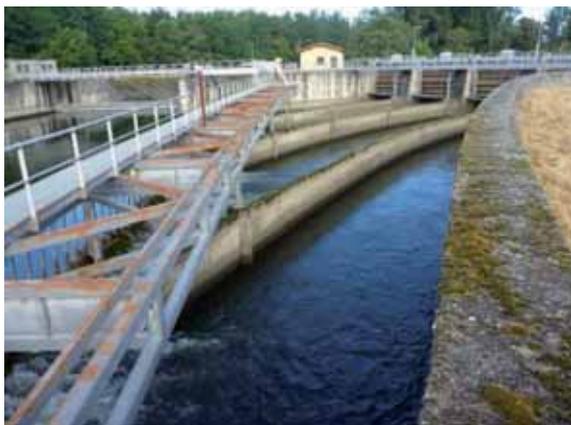


Vue de la vanne toit en tête du chenal

### ➤ **La prise d'eau**

Les eaux dérivées s'engagent dans un chenal de prise (partie amont du canal d'amenée) de 330 m de longueur où s'effectue un dessablage des eaux, via un canal de purge. Le canal d'amenée à proprement parlé, prend son origine à ce niveau et achemine sur 4.4 km environ les eaux dérivées vers l'usine.

Le seuil de prise est calé à la cote de 263.14 m NGF. L'entrée du canal d'amenée est contrôlée en tête par 4 vannes à tablier de 4.85 m de largeur pour 2.60 m de hauteur.



Vue de la prise d'eau



Vue de la grille située en tête du canal d'amenée



Vue des vannages en tête du canal d'amenée



Vue du canal d'amenée depuis la prise d'eau

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale de Pébernat est équipée de deux groupes Kaplan identiques. Le débit maximum turbiné à l'usine est de 50 m<sup>3</sup>/s sous 23 m de chute (Puissance maximale brute autorisée = 10 900 kW). Les eaux turbinées sont restituées à la rivière par un canal de fuite de 180 mètres environ. **La cote de niveau d'eau maintenue au devant des grilles pour une cote au barrage égale à la RN est de l'ordre de 262.80 mNGF.**

A noter que la centrale s'arrête de turbiner dès lors que le niveau aval dans le canal de fuite atteint 242.60 m NGF (niveau correspondant à la crue annuelle).

Les caractéristiques des turbines tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000), sont les suivantes.

- Type de turbine : KAPLAN
- Débit maximum turbiné par chaque groupe : 25 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 23 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 6

- Diamètre de la roue : 2.0 m
- Vitesse de rotation : 300 trs/min

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 14.0 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 75.5° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 4.5 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 10 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille.

Le bassin de mise en charge prolonge au droit de l'usine le canal d'amenée en s'élargissant et en s'approfondissant.

En cas d'arrêt des turbines, les eaux s'écoulent par un déversoir latéral de 110 m de long environ, situé en rive droite du canal d'amenée, puis débordent dans un canal de décharge latéral. Les eaux sont ensuite reprise par une conduite munie en sortie d'un bassin brise-charge permettant de dissiper l'énergie. Les eaux sont ensuite restituées au canal de fuite de l'usine par une échancrure.

L'usine est également équipée d'un dispositif de dévalaison en rive droite du canal d'amenée dont les dimensions et le fonctionnement sont détaillés au § 3.2.

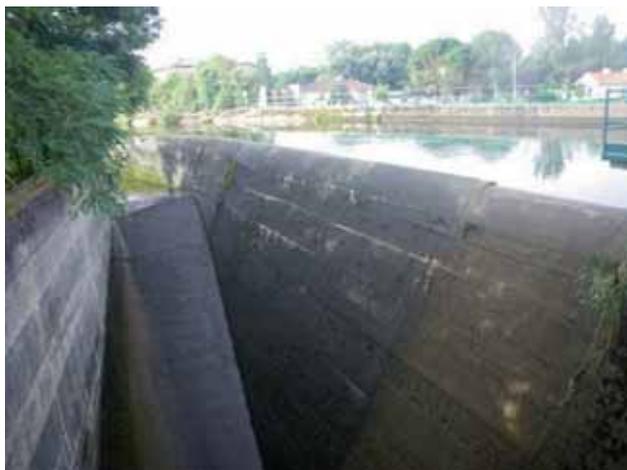
**Le débit de l'exutoire de dévalaison à l'usine est de 1 m<sup>3</sup>/s à a Cote d'Exploitation. Le clapet de dévalaison est ouvert uniquement du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin.**



Vue de l'usine de Pébernat



Vue du dégrilleur automatique



Vue du déversoir latéral



Vue du canal de fuite de l'usine

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site du Moulin du Ramier (Bassin versant égal à 1 630 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

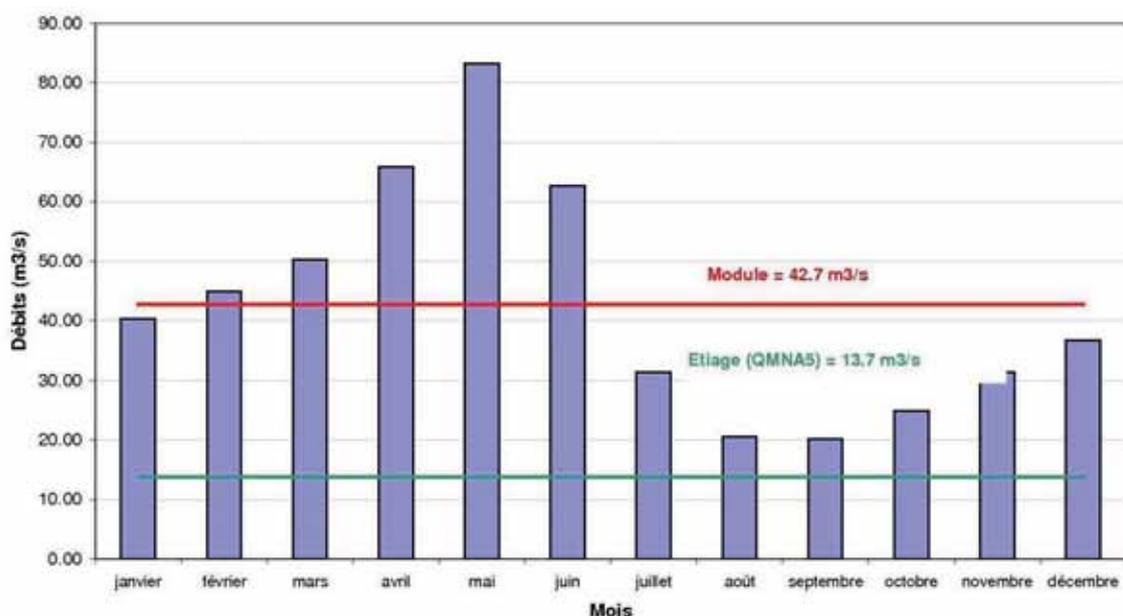
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : 42.7 m<sup>3</sup>/s
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : 13.7 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels au droit du site est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

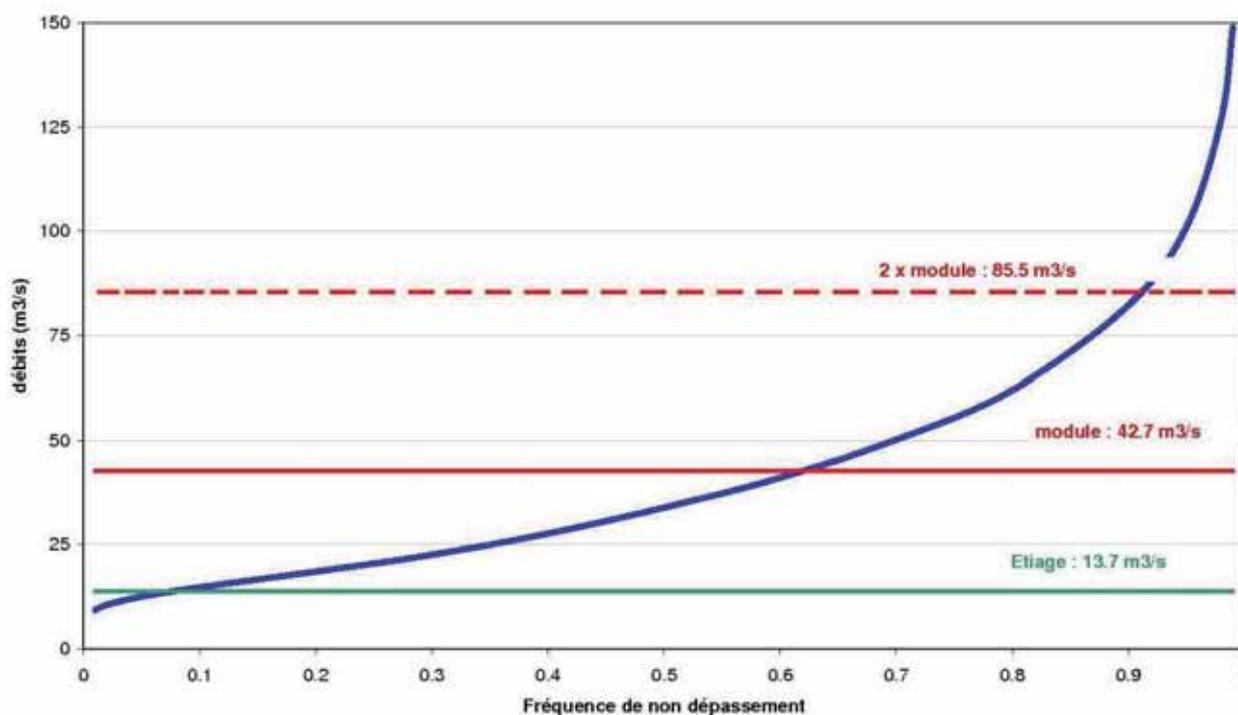
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
40.2	44.8	50.2	65.9	83.2	62.7	31.4	20.5	20.1	25.0	31.5	36.8



Evolution des débits moyens mensuels à Pébernat

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
148.9	127.0	101.1	82.2	62.0	50.2	41.0	33.8	27.7	22.5	18.5	14.7	12.5	10.5	9.3



### Evolution des débits classés sur l'année à Pébernat

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 200 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 270 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 320 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 420 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

Initialement le débit minimal à maintenir dans le TCC précisé dans le décret de concession de 1967 était de 400 l/s. Suite à la loi Pêche, le débit réservé a été revu à la hausse et **actuellement le débit réservé à maintenir à l'aval du barrage est de 1.2 m<sup>3</sup>/s** soit l'équivalent du 1/40<sup>ème</sup> du module.

Dans le cadre de la LEMA, il devra passer au 1/10<sup>ème</sup> du module à l'horizon 2014.

La restitution de ce débit réservé à la RN est assurée au barrage selon la répartition suivante : environ 800 l/s par la passe à poissons et 400 l/s par déversement sur le clapet le plus proche de la passe.

**Précisons également que le débit alloué au fonctionnement de l'exutoire de dévalaison à l'usine est de 1 m3/s. Le clapet de dévalaison est ouvert uniquement du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin.**

Lors de l'augmentation du débit de l'Ariège, l'évacuation des eaux se fait en priorité par les clapets du barrage plutôt que par les vannes toits et le canal de dérivation.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site de Pébernat en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques de l'usine ( $Q_{\max}$  turbiné = 50 m3/s).

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA5	Module
Q Ariège (m3/s)	40.2	44.8	50.2	65.9	83.2	62.7	31.4	20.5	20.1	25.0	31.5	36.8	13.7	42.7
Q turbiné (m3/s)	39.0	43.6	49.0	50.0	50.0	50.0	30.2	19.3	18.9	23.8	30.3	35.6	12.5	41.5
Q dévalaison (m3/s)	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q passe à poissons (m3/s)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Q TCC (m3/s)	1.2 (Qrés)	1.2 (Qrés)	1.2 (Qrés)	14.9	32.2	11.7	1.2 (Qrés)							

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

Des relevés de ligne d'eau au droit du barrage de Pébernat ont été effectués lors de nos visites sur site le 22 juillet 2009 et 8 septembre 2010 (voir tableau ci-dessous).

Date des levés	Débit de l'Ariège à Pébernat	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
22/07/2009	22.7 m3/s ( $\approx 1.7 \times$ QMNA5)	(Q Ariège – Qrés) $\approx 21.5$ m3/s	263.90	262.70	1.20 m
08/09/2010	18.2 m3/s ( $\approx 1.3 \times$ QMNA5)	(Q Ariège – Qrés) $\approx 16.0$ m3/s	264.00	262.70	1.30 m

Remarque : Les valeurs de niveaux mentionnées ont été recalées par rapport au NGF par différences d'altimétrie avec l'échelle limnimétrique installée dans la retenue amont.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- d'un débit turbiné maximal de 50 m3/s à l'usine,
- d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivantes :

Débit Ariège à Pébernat	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit exutoire dévalaison Qe (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil (m <sup>3</sup> /s)	Débit TCC aval barrage (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.7 m <sup>3</sup> /s)	12.5	0.0 *	0.7	0.5	1.2	≈263.60	≈262.70	0.90 m
Module (42.7 m <sup>3</sup> /s)	40.5	1.0	0.7	0.5	1.2	≈264.20	≈262.70	1.50 m
1,5 x module (64.0 m <sup>3</sup> /s)	50.0	1.0	0.8	12.2	13.0	≈264.75	≈262.90	1.85 m
2 x module (85.4 m <sup>3</sup> /s)	50.0	1.0	0.8	33.6	34.4	≈264.75	≈263.15	1.60 m

\* l'exutoire de dévalaison a été considéré fermé pour les conditions d'étiage (ouverture réglementaire d'avril à juin)

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement de type **passé à bassins successifs**. Les cinq premières cloisons amont sont équipées de fentes verticales. Les deux cloisons aval sont pourvues d'échancrures rectangulaires. Cet ouvrage est implanté en position centrale au barrage de la Cavalerie.

Précisons également que des ouvertures ont été réalisées dans chacune des quatre cloisons amont. Ces ouvertures sont contrôlées par des vannes commandées électriquement et fonctionnant en « tout ou rien ». Elles permettent selon leur ouverture ou leur fermeture d'ajuster le débit et les chutes au sein de la passe de manière à s'adapter aux marnages (variations de la cote de la ligne d'eau) dans la retenue.

La prise d'eau d'alimentation s'effectue dans la retenue via un bassin de tranquillisation amont dont l'entrée est protégée par une grille. Un caillebotis posé sur la totalité du linéaire de la passe la protège de l'intrusion de corps flottants en cas de crue.

Un débit d'attrait complémentaire transite par le clapet situé en rive droite immédiate de la passe.

**Les débits théoriques de fonctionnement, à la RN, de la passe et du débit d'attrait sont respectivement d'environ 0.7 et 0.5 m<sup>3</sup>/s.**

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Longueur développée de l'ouvrage : environ 25 m
- Nombre de chutes : 13 chutes de 0.30 m (chute aval = 0.35m)
- Dimensions des fentes verticales : l = 0.3 m sur cloisons 1 à 5
- Dimensions des échancrures : l = 1.5 m sur cloisons 6 et 7
- Dimensions des ouvertures de fond : 1x1 m sur cloisons 1 et 2 ; 1x0.8 m sur cloisons 3 et 4
- Nombre de bassins : 6
- Dimensions des bassins (L x l) : 3.00 m x 3.00 m

Il n'a pas été possible de reprendre l'ensemble des cotes des cloisons et des échancrures, la passe étant protégée par un caillebotis. On s'est donc basé sur les plans disponibles ainsi que sur les mesures de niveaux d'eau effectués dans la passe pour en apprécier le fonctionnement hydraulique.



Vue des cloisons à l'amont du local de visualisation



Vue de la partie aval de la passe

A noter que la passe à poissons de Pébernat est équipée d'un local de visualisation mis en service après conception de la passe et qui a été utilisé de 1997 à 1999 pour suivre les remontées de poissons migrateurs.



Vue du local de visualisation



Vue de la vitre de visualisation

### **3.1.2. PRINCIPES GENERAUX DE FONCTIONNEMENT DE LA PASSE ACTUELLE**

En fonctionnement théorique normal, la cote de la retenue doit être maintenue à la RN soit 264.75 mNGF.

Dans ces conditions le débit théorique de fonctionnement de la passe est de l'ordre de 770 l/s, débit qui est complété par un débit d'attrait supplémentaire de 400 l/s déversant sur le clapet situé en rive droite de la passe.

En cas de montée des eaux les clapets s'abaissent pour tenir la RN, l'excédent de débit est déversé vers le TCC.

En période d'eaux basses à moyennes, la retenue de Pébernat peut subir un marnage significatif, conséquence du fonctionnement par éclusées des centrales de Ferrières et Labarre.

Pour compenser les variations de niveaux d'eau, des vannettes ont été installées sur les 4 premières cloisons amont de l'ouvrage.

Lorsqu'elles sont abaissées ces vannettes condamnent des orifices de fond pratiqués dans les cloisons. En fonction des variations du niveau amont enregistrées à la chambre de réglage située au droit du chenal de dérivation, une consigne est donnée pour procéder à l'ouverture des vannettes, de manière à garantir le débit et des conditions hydrauliques acceptables dans la passe.

Les consignes d'ouverture sont présentées ci-dessous. Rappelons que les vannes fonctionnent « en tout ou rien » c'est à dire que l'ouverture ou la fermeture est totale.

Niveau retenue	Configuration des vannettes
264.75 m NGF	4 vannes fermées
264.50 m NGF	Ouverture V1 (amont) ; V2, V3 et V4 fermées
264.20 m NGF	Ouverture V1 + V2 ; V3 et V4 fermées
263.90 m NGF	Ouverture v1 + v2 +V3 ; V4 fermée
263.60 m NGF	Ouverture des 4 vannes

### 3.1.3. ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES DÉBITS SUR LE SITE

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits sur le site de Pébernat suivant les conditions hydrologiques de l'Ariège.

On considère ici et en l'état actuel, que de manière générale, l'exutoire est fermé en période principale de montaison (d'où un débit de dévalaison nul).

Débit Ariège à Pébernat	Débit turbiné Qt (m3/s)	Débit passe à poissons Qp (m3/s)	Débit seuil (m3/s)	Débit TCC aval barrage Q tcc (m3/s)	Attractivité de la passe au barrage Qp/Qtcc	Attractivité du canal de fuite (Qt/Q ariège)
Étiage (13.7 m <sup>3</sup> /s)	12.5	0.7	0.5	1.2	58 %	91 %
Module (42.7 m <sup>3</sup> /s)	41.5	0.7	0.5	1.2	58 %	95 %
1,5 x module (64.0 m <sup>3</sup> /s)	50.0	0.7	13.3	14.0	5 %	78 %
2 x module (85.4 m <sup>3</sup> /s)	50.0	0.7	34.7	35.4	2 %	59 %

### 3.1.4. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique théorique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Les conditions hydrauliques ont été appréciées au sein de l'ouvrage en fonction des marnages de la retenue et du fonctionnement des vannettes amont permettant d'alimenter l'ouvrage.

Débit Ariège à Pébernat	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute	Consigne	Débit passe à poissons	Chute max dans la passe	Chute aval	Tirant d'eau min	Puis. diss max (W/m3)
Étiage (13.7 m <sup>3</sup> /s)	263.60	262.70	0.90 m	V1+V2+V3+V4 ouvertes	0.6 m3/s	0.31 m	0.34 m	1.25 m	128
	263.90	262.70	1.20 m	V1+V2+V3 ouvertes	0.7 m3/s	0.32 m	0.37 m	1.47 m	145
Module (42.7 m <sup>3</sup> /s)	264.20	262.70	1.50 m	V1 + V2 ouvertes	0.7 m3/s	0.32 m	0.39 m	1.49 m	156
	264.50	262.70	1.80 m	V1 ouverte	0.7 m3/s	0.32 m	0.39 m	1.49 m	160
1,5 x module (64.0 m <sup>3</sup> /s)	264.75	262.90	1.85 m	Toutes vannes fermées	0.7 m3/s	0.30 m	0.24 m	1.54 m	141
2 x module (85.4 m <sup>3</sup> /s)	264.75	263.15	1.60 m	Toutes vannes fermées	0.7 m3/s	0.30 m	0.11 m	1.66 m	120

Au delà du module, l'abaissement d'un seul ou des deux clapets permet de gérer l'augmentation de débit au barrage et de tenir la cote de retenue normale.

### 3.1.5. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du TCC au droit de la restitution de l'usine

L'attractivité du canal de fuite de Pébernat a été analysée au droit de la restitution des débits turbinés à l'Ariège (voir dernière colonne du tableau fourni au § 3.1.3). Les valeurs obtenues montrent que la majeure partie du débit du cours d'eau est dérivée et turbinée à l'usine de l'étiage à 2 fois le module. Il s'en suit que l'attractivité du TCC au droit de la restitution des débits turbinés est très limitée.

A l'étiage et au module, le débit du TCC est ainsi inférieur à 10% du débit du cours d'eau. Au-delà, la part de débit transitant dans le TCC augmente pour avoisiner environ 40 % du débit total à 2 fois le module.

Au regard de ces valeurs, on peut d'ores et déjà comprendre que l'attractivité du tronçon court-circuité ne peut être que très limitée.

De plus, la configuration de la restitution accentue le phénomène d'attractivité du canal de fuite. En effet, au droit de la restitution, le TCC est nettement plus large et les vitesses d'écoulement y sont donc très nettement inférieures à celles du canal de fuite. De plus la position « perchée » du canal de fuite engendre une mise en vitesse des écoulements en sortie de canal accentuant l'attractivité de celui-ci.



Précisons que des essais ont été menés pour tenter d'améliorer la situation à savoir i) la réduction de la section hydraulique du TCC par l'aménagement d'un épi en fin du TCC dans le but d'augmenter les vitesses, et ii) l'installation d'une barrière électrique dans le canal de fuite pour empêcher la remontée des poissons.

Cependant ces installations n'ont pas permis d'améliorer significativement la situation. Malgré l'augmentation des vitesses dans le TCC, le canal de fuite reste le plus attractif en raison de forts débits transités. De plus, la barrière électrique s'est avérée inefficace puisque les poissons franchissent tout de même la barrière et se retrouvent ensuite piégés dans le canal de fuite.



Vue de la barrière électrique non fonctionnelle à l'heure actuelle

### ■ Attractivité de la passe au barrage

La répartition des débits au niveau du barrage a été appréciée (voir avant-dernière colonne du tableau précédent du § 3.1.3).

Au vu des résultats obtenus, la passe doit bénéficier d'une bonne attractivité pour des conditions hydrologiques allant de l'étiage au module. En effet elle transite la majeure partie du débit du TCC.

Dès l'apparition de déversements plus importants sur les clapets, l'attractivité du dispositif doit diminuer nettement. Le débit dans le dispositif ne représente plus que 2 % du débit total à deux fois le module.

Cependant au vu de la chute aval et du jet en sortie de passe, l'attractivité de la passe ne devrait pas poser de problèmes majeurs.



Vue de la sortie de la passe le 8 septembre 2010.

### ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

L'étude des conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage ne montre pas de réelles difficultés pour le franchissement des poissons dits « sauteurs » comme les salmonidés notamment. Les puissances dissipées demeurent modérées et les tirants d'eau suffisamment conséquents à la fois pour une dissipation correcte de l'énergie et une prise d'appel pour les poissons.

Les chutes maximales observées sont de l'ordre de 30 cm au sein de l'ouvrage. La chute aval est quant à elle de l'ordre de 35-40 cm en conditions de basses eaux et d'eaux moyennes.

La chute aval peut donc s'avérer sélective pour l'anguille et la lamproie, espèces non sauteuses et ne supportant pas les jets plongeants.

On peut noter que la configuration du barrage et l'absence de rugosités importantes sur le coursier du seuil ne permettent pas d'offrir des zones privilégiées de passage par reptation pour l'anguille, d'autant qu'en cas de débits conséquents, les débits déversés transitent en priorité par les clapets

Il convient également de rappeler que ces valeurs sont des valeurs théoriques et ont été obtenues par simulation sur le logiciel CASSIOPEE à partir des dimensions et cotes relevées sur le terrain et sur les plans projet.

### ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Lors de notre visite sur le site de la Cavalerie en septembre 2010 nous n'avons pas observé de dysfonctionnements particuliers de l'ouvrage. On peut noter cependant que nous avons relevé une chute aval de l'ordre de 55 cm (en conditions proches de l'étiage) soit une valeur nettement supérieure à la valeur théorique de 35-40 cm.

Au sein de l'ouvrage, les chutes mesurées sont globalement cohérentes avec les valeurs théoriques. La répartition est toutefois légèrement différente. Un déséquilibre des chutes a été notée au niveau des chutes aval (chute entre les deux bassins aval un peu faible et chute au niveau de la vitre de visualisation un peu forte).

Ainsi, dans les conditions d'observations de septembre 2010, la chute aval doit se révéler un peu sélective pour les salmonidés (truite commune), et très difficilement franchissable pour les autres espèces (anguille et lamproie notamment).

## ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

- Taux de franchissement

Des remontées de saumons marqués ont été observées à Pébernat en 2003 et 2004 lors des campagnes de suivi.

Au total ce sont 3 individus ayant franchi le seuil de Saverdun qui sont ensuite parvenus au droit de Pébernat. Sur ces 3 saumons, 2 poissons ont finalement réussi à franchir l'obstacle.

Le détail est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2003	2004	TOTAL
Individus se présentant à Pébernat	1	2	3
Individus parvenus à l'amont de Pébernat	1	1	2

- Durée de blocage induite par l'aménagement

En raison de l'absence de station de réception au niveau de l'obstacle, seule une durée maximale de blocage a pu être calculée. Ces valeurs sont donc à prendre avec précaution.

Ainsi en 2003, le saumon parvenu sur la zone de Pébernat a présenté une durée de blocage maximale sur site de l'ordre de 40 jours. Il s'est en effet présenté pour la première fois le 25 septembre et a passé l'ouvrage fin octobre avec des conditions de débit de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/s à Auterive (< Module). Durant le temps passé au droit du site de Pébernat, le saumon marqué a été le plus souvent détecté au droit du canal de fuite à l'usine, plus précisément en amont de la barrière électrique alors en fonctionnement.

En 2004, sur les deux individus parvenus à Pébernat, un seul est parvenu à l'amont au terme d'une durée de blocage estimée à 74 jours environ. Ce poisson s'est présenté à Pébernat au niveau de l'usine vers le 21 septembre. Il a été régulièrement repéré dans le canal de fuite en amont de la barrière électrique jusqu'au 12 novembre et a finalement été repéré au barrage le 15 novembre.

Le second saumon marqué parvenu à Pébernat a été détecté dans le canal de fuite de l'usine le 6 décembre après avoir franchi le seuil de Saverdun (au plus tard le 29 novembre). Etant donné des temps de transferts assez courts entre ces deux obstacles il est vraisemblable que ce poisson ait passé la majeure partie de ce temps au niveau de Pébernat dans le canal de fuite. Il n'a pas emprunté le TCC et a finalement redévalé.

Les résultats de ces campagnes révèlent, bien que l'effectif de saumons marqués repérés sur site soit réduit, que l'ouvrage de Pébernat induit des blocages importants ayant pour conséquence des retards à la migration.

Les temps de stabulation sont vraisemblablement majoritairement passés dans le canal de fuite de l'usine et même en amont de la barrière électrique. Cela confirme que le TCC n'est pas suffisamment attractif et que les poissons s'orientent majoritairement vers le canal de fuite. Une fois engagés, ils éprouvent des difficultés à redévaler pour s'orienter ensuite vers le TCC. Il est par ailleurs probable que la barrière électrique mise en place ait exercé l'effet inverse en bloquant finalement les poissons en amont une fois qu'ils l'ont eu franchi.

## ■ Bilan du diagnostic

De manière générale, le dispositif actuel de par son dimensionnement, offre des conditions hydrauliques plutôt favorables pour le passage des salmonidés.

La passe est en revanche plus sélective sur sa partie aval pour l'anguille et la lamproie en raison d'une chute aval importante et d'un jet de type plongeant.

Une reprise des échancrures aval devra être envisagée pour améliorer le franchissement de ces 2 espèces en approfondissant notamment les échancrures et en réduisant leurs largeurs, de manière à créer des jets plutôt de surface (en place des jets plongeants).

La problématique majeure concernant la montaison au droit du site reste l'attractivité du canal de fuite. De par sa configuration et l'importance du débit turbiné en comparaison du débit véhiculé dans le TCC, les poissons s'engagent de préférence dans le canal de fuite où ils vont se retrouver bloqués au pied de l'usine en sortie des groupes.

Les différentes solutions (barrière électrique, épi en enrochements en sortie de TCC) mises en œuvre pour tenter de limiter l'entrée des poissons dans le canal de fuite se sont avérées insuffisantes.

Pour améliorer de manière significative la montaison au droit du site de Pébernat, il nous apparaît inévitable de concevoir un dispositif spécifique de montaison à l'usine pour les poissons remontant dans le canal de fuite. Un ouvrage de type ascenseur sur le même modèle que ceux équipant les centrales de Saint-Criq et Castet nous semble l'ouvrage le plus adapté en raison de la forte chute à l'usine (> 20m). A noter que cette solution avait déjà été étudiée, dans les années 1990, jusqu'au stade AVP par EDF.

Dans le cas où cette solution ne serait pas envisagée, l'amélioration de la montaison passerait alors par l'accroissement du débit transitant dans le TCC, de manière à inciter les poissons à s'engager dans celui-ci. On peut d'ores et déjà penser qu'un débit réservé égal au 1/10<sup>ème</sup> du Module ne sera pas suffisant et qu'un débit d'à minima de 15-20 m<sup>3</sup>/s serait nécessaire.

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	255.6	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	262.8	m NGF
Cote haut de grille :	263.8	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	14	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	75.5	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	7.20	m
Longueur totale de la grille :	8.47	m
Longueur immergée totale de la grille :	7.44	m
Largeur totale du plan de grille :	14.0	m
Surface totale du plan de grille :	119	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	104	m <sup>2</sup>

### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	50	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.50	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.48	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.12	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On constate que la vitesse normale est légèrement inférieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

## 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

### ■ L'exutoire

Actuellement le site de Pébernat est équipé d'un exutoire de dévalaison en rive droite du canal d'amenée à l'usine, à l'amont immédiat du plan de grille dans le bassin de mise en charge. L'ouverture de l'exutoire est contrôlée en tête par un vannage.

L'exutoire a été implanté en 1991 et fonctionnel à partir de 1993.

Ce dispositif est en fonctionnement du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin. Il transite un débit de 1 m<sup>3</sup>/s à la retenue normale à l'usine soit 262.80 m NGF.

Les caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage sont récapitulées ci-après.

- Largeur de l'exutoire : 1.00 m
- Cote de déversement : 262.15 m NGF
- Débit à la RN (équivalent à une cote de 262.80 m NGF dans le canal d'amenée) : 1.00 m<sup>3</sup>/s



Vue de l'exutoire dans la retenue



Vue de l'exutoire en fonctionnement

### ■ Le dispositif de restitution des poissons

Le schéma ci-dessous présente le circuit de dévalaison actuellement emprunté par les smolts.

Les poissons transitent par le bassin de mise en charge (1) qui empruntent l'exutoire (2) chutent ensuite de 9 m dans une fosse de réception (3). Ils empruntent alors une conduite souterraine Ø 2300 mm longue de 43 m (4) qui débouche dans un bassin brise-charge (5). Ce bassin brise-charge communique avec le canal de fuite de la centrale (6) par une échancrure (1.0 m x 0.55 m) et un seuil déversant.

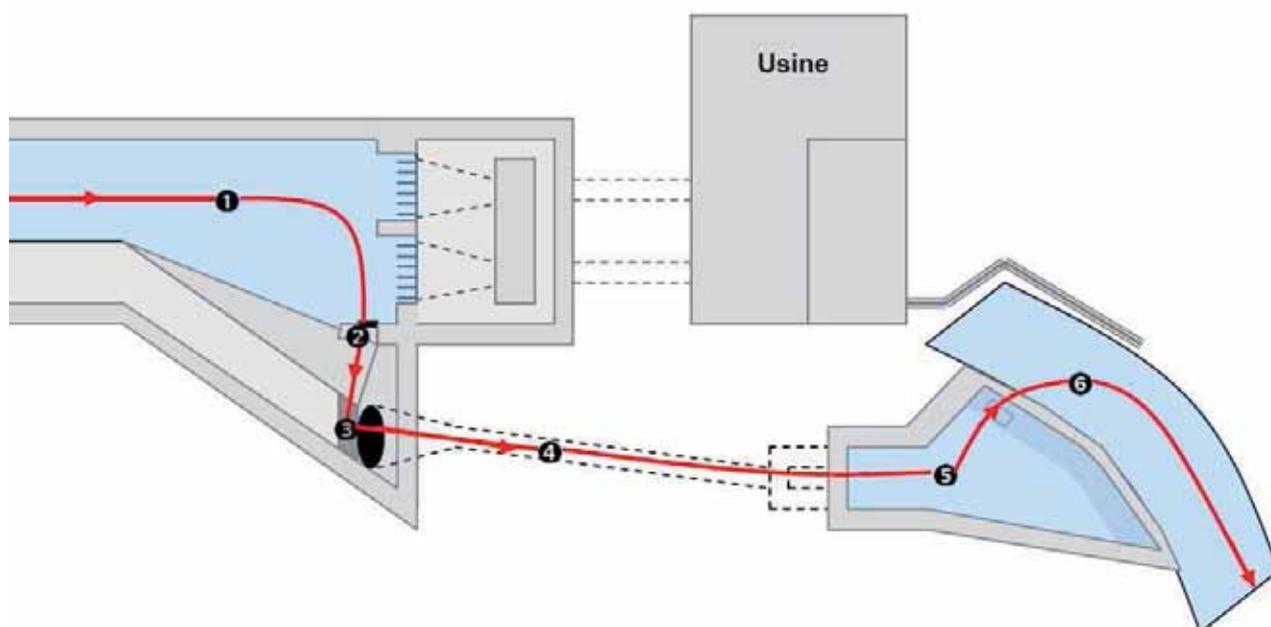
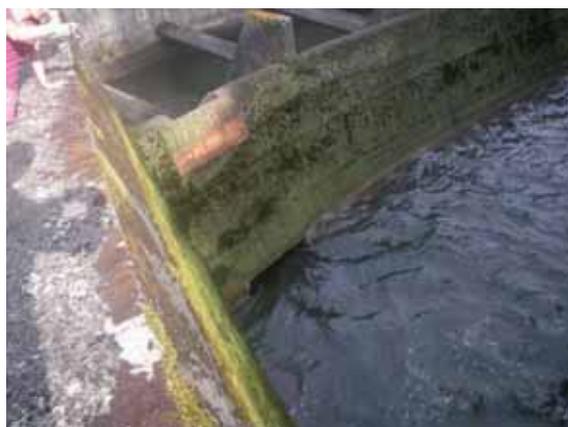


Schéma du circuit de dévalaison actuel (Source EDF).



Vue de la fosse de réception et de la conduite souterraine en aval de l'exutoire



Vue du bassin brise-charge au droit de sa connexion avec le canal de fuite de l'usine

### 3.2.3. EFFICACITÉ DU DISPOSITIF DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

Des suivis de l'efficacité de l'exutoire ont été entrepris par EDF-DTG en collaboration avec des bureaux d'études en 1995, 1996 et 1998 (Bessy et Andrieu, 1996 ; Segura et Lauters, 1996 ; Lauters et Segura, 1998).

En 1995 et 1996, l'efficacité de l'ouvrage a été évaluée par piégeage de smolts en sortie du bassin brise-charge avant restitution au canal de fuite. Les tests ont été effectués sur des smolts sauvages ainsi que sur des lots de smolts de pisciculture, marqués et lâchés dans le canal d'amenée et directement injectés dans la glissière en aval de l'exutoire. L'objectif était également d'apprécier les conditions de transfert de ces poissons en aval de l'exutoire jusqu'à leur restitution vers le canal de fuite.

En 1998, le suivi de l'efficacité de l'exutoire a été réalisé par marquage par transpondeurs et émetteurs radios des smolts. La détection des poissons se faisait directement à l'aval immédiat de l'exutoire.

Le taux d'efficacité de l'exutoire a été évalué à 30 % en 1995. En 1996, le taux d'efficacité a été apprécié à une valeur proche de 40 % avec une variabilité observée suivant les lots de smolts de 5 à 40%. Lors de ces deux années de suivi l'exutoire de dévalaison était alimenté avec un débit de 300 l/s soit environ 1/3 de son débit actuel de fonctionnement.

En 1998, un troisième suivi de l'efficacité de l'exutoire a été mené au droit de l'usine. Le débit de fonctionnement de l'exutoire était cette année là de 1m<sup>3</sup>/s (débit actuel). Les résultats de l'étude montrent pour ce suivi un **taux d'efficacité de 68 %**.

Concernant l'efficacité de l'exutoire pour les smolts de salmonidés, on conservera un **taux d'efficacité de 68 %**, valeur obtenue en 1998 pour un débit d'alimentation de l'exutoire de 1 m<sup>3</sup>/s.

On peut noter que le site présente plusieurs éléments défavorables à l'efficacité de l'exutoire :

- Le suivi de 1998 a permis d'identifier également que les conditions hydrodynamiques à l'approche du plan de grille ne sont pas très favorables au fonctionnement de l'exutoire avec notamment un courant tangentiel orienté vers la rive opposée et des zones de reflux en rive droite et rive gauche marquées (suivi au colorant et mesures au courantomètre Doppler).

- Un plan de grille très large réduisant les possibilités de trouver l'exutoire pour les poissons se trouvant en rive gauche,
- Un espacement entre barreaux du plan de grille assez élevé (4.5 cm),
- Un débit transitant par l'exutoire plutôt faible correspondant à 2% du débit maximum turbiné.

**En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, la perméabilité de la grille pour des anguilles de 70 cm peut être considérée comme totale** compte-tenu de l'espacement entre barreaux de 4.5 cm.

### **3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES**

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers de la turbine hydroélectrique ont été calculés à partir des caractéristiques du groupe installé et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 20 %** par Bosc et Larinier (2000).

Pour les anguilles, compte-tenu d'une taille nettement plus importante, **le taux de mortalité lors du passage par la turbine est estimé à 60 %, soit une valeur 3 fois supérieure** au taux de mortalité pour les smolts.

### **3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille d'une part,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques d'autre part,

il est possible d'estimer un taux de mortalité global de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Pébernat, le taux de mortalité général au droit du site s'élève ainsi à 4.6 % pour les smolts et 40 % pour les anguilles.**

### **3.2.6. PROBLEMES SUPPLEMENTAIRES A LA DEVALAISON**

#### **■ Restitution des poissons à l'aval de l'exutoire**

La restitution des poissons en aval de l'exutoire n'est actuellement pas satisfaisante et plusieurs problèmes ont pu être observés notamment lors des campagnes de suivi de dévalaison :

- Une fois l'exutoire de dévalaison franchit, les poissons chutent de 9 m environ dans une fosse de réception étroite et peu profonde. Le matelas d'eau à la réception est trop faible et les risques de blessures sont importants. De plus le jet est pour partie orienté vers le mur et certaines sections et angles saillant sont susceptibles d'occasionner des blessures. La fosse de réception a été approfondie entre 1995 et 1996 mais le tirant d'eau est encore insuffisant.

- La pente de la conduite qui transite depuis la fosse vers le bassin brise-charge est importante, ce qui occasionne des vitesses d'écoulement fortes et des tirants d'eau faibles pouvant entraîner des blessures aux poissons dévalants. Des individus blessés ou morts avaient d'ailleurs été récupérés dans le bassin brise-charge lors des études expérimentales après injection en entrée de conduite.

- Enfin, lors du suivi de 1995, les temps de séjour des smolts dans le bassin brise-charge ont été anormalement long pour certains sujets pouvant induire des complications sur la migration d'avalaison et l'état sanitaire des poissons. L'important volume d'eau dans le bassin semblait être la cause du problème. La réduction du volume par l'aménagement d'une échancrure a permis d'améliorer la situation mais les poissons stabulent encore plus ou moins longuement dans le bassin.



Vue de la chute en sortie de l'exutoire : les poissons peuvent se blesser à la réception ou lors de la chute contre le béton



Vue de la fosse de réception : la profondeur est trop faible pour assurer un matelas d'eau suffisant

### ■ Période d'ouverture de l'exutoire

Le fonctionnement actuel de la dévalaison à l'usine de Pébernat consiste à ouvrir l'exutoire du 1<sup>er</sup> avril au 30 juin soit lors de la dévalaison des smolts de salmonidés.

Cette fenêtre d'ouverture ne coïncide pas avec la période de dévalaison des géniteurs de salmonidés après la reproduction (ravalés) qui se situe plus tôt (janvier à mars).

De plus, cette période d'ouverture ne coïncide pas non plus à la période de dévalaison des anguilles argentées (octobre à janvier).

### 3.2.7. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DEVALAISON

La dévalaison au droit du site de Pébernat ne peut aujourd'hui être jugée satisfaisante. Même si l'exutoire de surface existant semble offrir une efficacité correcte avec ce débit d'alimentation (68 %) lorsqu'il est suffisamment alimenté ( $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

**Il conviendra en priorité à procéder à des modifications de la restitution des poissons en aval de l'exutoire.** Actuellement un certain nombre de dysfonctionnements sont susceptibles de provoquer des retards à la dévalaison et des blessures voire des mortalités sur les effectifs

transitant via l'exutoire. Les principaux problèmes sont une chute trop importante en aval de l'exutoire dans une fosse de réception sous-dimensionnée ainsi que des risques de blessures dans la conduite en raison de vitesses fortes.

**Nous préconisons donc l'aménagement d'un nouveau dispositif de restitution des poissons** qui veillera à limiter les chutes et les risques de choc et de blessures (parois lisses, pas de changement de direction brusques). Par conception ce dispositif devra être facile d'entretien et son implantation sera au préalable réfléchi en tenant compte de l'installation potentielle d'un ouvrage de montaison à l'usine.

Même si les études de suivi de dévalaison réalisées entre 1995 et 1998 semblent montrer que la grille joue un rôle de barrière comportementale au passage des smolts, l'espacement entre barreaux du plan de grille est trop important (4.5 cm) pour assurer une barrière physique pour les anguilles.

EDF ayant pour projet de revoir le système de dégrilleur et le plan de grille, il sera nécessaire de profiter de cette intervention pour réduire l'espacement entre barreaux du plan de grille. Un espacement entre barreaux réduit à 2 cm permettrait d'améliorer inévitablement l'efficacité de l'exutoire que ce soit pour les smolts mais également pour les anguilles argentées.

La mise en place d'un deuxième exutoire en rive gauche pourrait être intéressant pour récupérer les poissons se présentant en rive gauche ou ceux qui empruntent le courant tangentiel vers la gauche. Cependant, ce deuxième exutoire ne nous semble pas forcément utile à l'heure actuelle et tant que les travaux précédents n'ont pas été réalisés et testés. Il serait par contre judicieux dans le dimensionnement des futurs ouvrages, de prévoir d'ores et déjà la possibilité d'augmenter le débit de dévalaison (augmentation du débit de l'exutoire actuel ou par mise en place d'un exutoire en rive droite).

De plus, nous préconisons également d'ouvrir la dévalaison toute l'année de manière à prendre en compte la dévalaison des ravalés et des anguilles.

## **4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT**

---

### **4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

#### **4.1.1. ÉTUDE DES SOLUTIONS ENVISAGEABLES**

Le diagnostic de la franchissabilité montre que globalement la passe à poissons située au barrage est sélective, particulièrement en période d'eaux basses à moyennes. On préconisera de procéder à l'aménagement de la partie aval de la passe et notamment de modifier la configuration des deux cloisons aval de manière à obtenir une meilleure répartition des chutes dans l'ouvrage mais également pour modifier la configuration des jets (on privilégiera les jets de surfaces aux jets plongeants). Ces reprises apportées à l'ouvrage existant devront tenir compte de la modification du débit réservé qui sera restitué au pied du seuil.

La problématique majeure à la montaison sur le site de Pébernat est l'importante attractivité du canal de fuite qui bloquent les poissons pour des durées plus ou moins importantes au pied des groupes de l'usine.

Une des solutions envisageable serait d'améliorer l'attractivité du TCC. Pour cela il faudrait lui faire transiter un débit important. Actuellement, le débit réservé délivré à l'étiage au barrage est de 1.2 m<sup>3</sup>/s. Ce débit sera vraisemblablement porté au 1/10<sup>ème</sup> du module (soit environ 4.5 m<sup>3</sup>/s) avant 2014 dans le cadre de la LEMA. Ce débit ne devrait toutefois pas être suffisant pour conférer une attractivité suffisante du tronçon court-circuité.

Pour améliorer significativement les choses, le tronçon court-circuité devrait entonner un débit d'à minima 15-20 m<sup>3</sup>/s en période de montaison. Cette augmentation du débit dans le tronçon court-circuité permettrait non seulement d'en améliorer l'attractivité mais également d'augmenter la qualité et la fonctionnalité des habitats sur un linéaire important (le TCC représente un linéaire de près de 6.5 km).

Cette solution nous semble cependant peu envisageable en première approche, notamment pour des raisons économiques (perte de production). Cependant, une étude de faisabilité basée surtout sur une étude économique spécifique mériterait tout de même d'être effectuée.

On privilégiera donc une seconde solution consistant à réaliser un nouvel ouvrage de franchissement localisé à l'usine. Ce scénario avait d'ailleurs déjà été étudié par les ingénieurs d'EDF dans les années 1990.

Il s'agirait de réaliser un ascenseur à poissons qui viendrait collecter les poissons engagés dans le canal de fuite pour les remonter jusque dans le canal d'amenée de l'usine. Un système de passe à bassins complémentaire en génie civil, assurerait la liaison entre le canal de fuite et la cuve de l'ascenseur.

En terme de rapport bénéfice/coût et en l'absence de plans topographiques précis du site, cette solution nous paraît plus pertinente qu'une passe à bassins qui nécessiterait la réalisation d'environ 70 bassins et l'achat de terrains en rive droite du canal de décharge.

La solution de l'ascenseur est développée sommairement ci-après et reprend les principaux éléments de l'Avant projet d'EDF des années 1990.

## **4.1.2. RÉALISATION D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT À L'USINE**

### **4.1.2.1. Caractéristiques générales de l'aménagement**

#### **■ Type d'ouvrage**

L'ouvrage serait constitué :

- d'une passe à bassins à échancrures latérales reliant le canal de fuite (au plus près de la restitution des turbines) au pied de l'ascenseur,
- de l'ascenseur proprement dit,
- d'un canal de rejet dans le bassin de mise en charge de la centrale.

#### **■ Principe de fonctionnement**

##### **➤ Passe à bassins**

La passe à bassins successifs pourrait être alimentée par un débit de l'ordre de 300 l/s pris dans le canal d'amenée de l'usine. Une conduite assurera le transit du débit d'alimentation jusque dans une chambre de diffusion prévue pour dissiper l'énergie.

Le débit circulera ensuite dans la cuve de l'ascenseur créant ainsi un courant qui attirera les poissons.

Dans le bassin aval, sera injecté un débit d'attrait complémentaire pris par gravitation depuis le canal d'amenée (ou par refoulement de pompes depuis le canal de fuite comme proposé à l'époque par EDF). Le débit d'attrait sera de l'ordre de 700 l/s-1 m<sup>3</sup>/s portant ainsi le débit total en sortie de passe à 1-1.3 m<sup>3</sup>/s environ (soit 2% du débit maximum turbiné à l'usine).

Une vanne asservie au niveau dans le canal de fuite permettra de réguler les niveaux dans la passe et de conserver une chute pour attirer le poisson vers la passe à bassins.

##### **➤ Ascenseur à poissons**

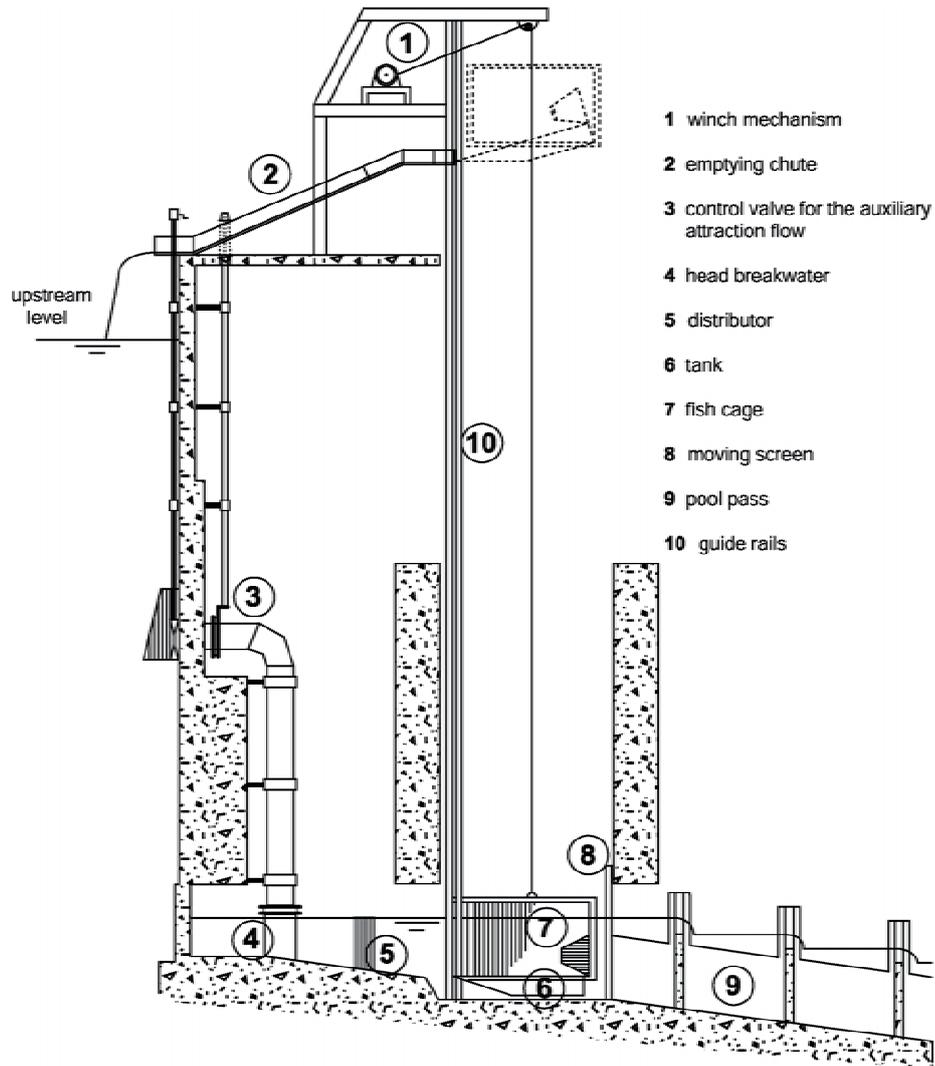
L'ascenseur pourrait être du même type que ceux construits à Poutès sur l'Allier ou Saint Cricq sur le gave d'Ossau.

L'ascenseur serait constitué d'une cuve surmontée d'une nasse et qui est régulièrement relevée par un treuil. Les poissons remontant dans la passe d'amenée, transiteront jusqu'à la cuve attirés par le courant du débit d'alimentation de la passe. Un dispositif anti-retour bloquera les poissons dans la cuve jusqu'au relevage.

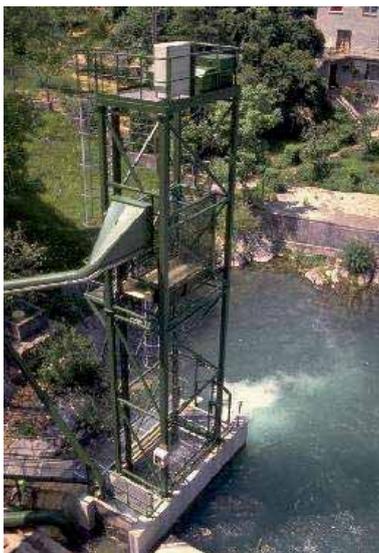
Une grille amovible positionnée à l'entrée de l'ascenseur bloquera les poissons en haut de la passe pour éviter les entrées au cours des phases de mouvement de l'ascenseur.

Les poissons remontés seront ensuite déversés dans une goulotte alimentée par une prise d'eau dans le canal d'amenée qui restituera les poissons jusque dans le bassin de mise en charge.

De manière générale, les aménagements préconisés ici sont en accord avec les principes et dimensionnements proposés à l'époque par EDF.



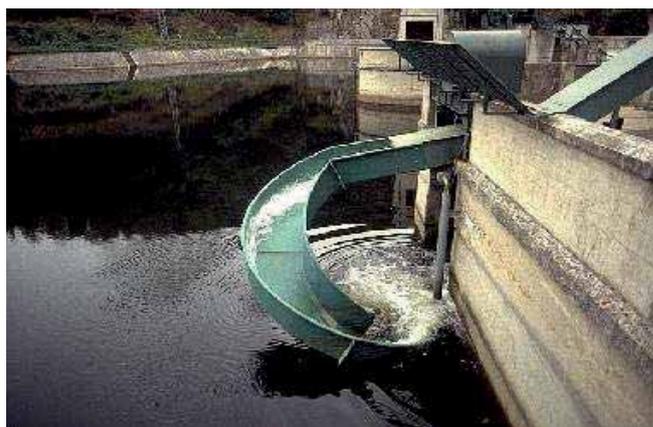
Coupe transversale d'un ascenseur à cuve intégrée (ascenseur de Poutes sur l'Allier)  
 source : Travade et Larinier (1992)



Ascenseur de Castet sur le gave d'Ossau



Cuve de l'ascenseur de St Cricq sur le gave d'Ossau



Goulotte restitution des poissons

## ■ Dimensionnement sommaire des aménagements

### ➤ Passe à bassins d'amenée

Chaque cloison de la passe à bassins sera équipée d'une échancrure latérale de 0.40 m et d'un orifice de fond.

La passe à bassins permettrait de rattraper environ 3 m de chute de manière à ce que la cuve de l'ascenseur ne soit pas sous l'influence du niveau aval. Ainsi, la cote de la ligne d'eau au niveau de la cuve de l'ascenseur serait de l'ordre de 244.00 mNGF, permettant d'assurer une revanche d'environ 1 m par rapport à la ligne d'eau haute dans le canal de fuite (222.80 mNGF).

Les principales caractéristiques de la passe sont présentées ci-dessous :

- Type : Passe à bassins à échancrures latérales et orifices de fond
- Débit d'alimentation de la passe : 0.30 m<sup>3</sup>/s environ
- Largeur des échancrures : 0.40 m
- Dimensions des orifices de fond : 0.20 m x 0.20 m
- Nombre de chutes : 10 chutes environ
- Chute entre bassins : 30 cm maximum
- Longueur intérieure des bassins : 2.50 - 3.00 m environ
- Largeur intérieure des bassins : 1.50 –2.00 m environ

### ➤ Ascenseur à poissons

L'ascenseur à cuve intégrée pourrait avoir les caractéristiques suivantes :

- Hauteur de levage : 23 m environ (cote haute voisine de 267 mNGF)
- Dimension de la cuve : 1.30 m x 2.40 m
- Tirant d'eau dans la cuve : 0.40 m
- Volume de la cuve : 1.25 m<sup>3</sup>
- Anti-retour : 1.00 m x 1.30 m se réduisant à 0.20 m x 0.80 m sur 60-70 cm

Le cycle de l'ascenseur pourrait être d'environ 3 heures en période normale. La durée du cycle serait par contre réduite à environ 1 heure en période de migration (juillet à décembre).

La restitution des poissons au canal d'amenée de l'usine s'effectuera par une goulotte PVC D300mm d'environ 40 m de longueur.

On préférera une restitution directe dans le canal d'amenée plutôt que dans un canal de liaison comme installé à Castet sur le gave d'Ossau (système qui a montré quelques limites).

#### **4.1.3. ADAPTATION DE LA PASSE AUX NIVEAUX D'EAU**

En fonction du débit de l'Ariège et du débit turbiné à l'usine, le niveau dans le canal de fuite peut être soumis à d'importantes fluctuations.

En conditions hydrologiques normales et suivant le fonctionnement des turbines à l'usine le niveau dans le canal de fuite peut ainsi varier entre 241.70 m NGF et 242.80 mNGF.

La vanne asservie aura pour vocation de compenser ces variations de niveau en adaptant les niveaux d'eau au sein de la passe.

#### **4.1.4. MONTANT ESTIMATIF DES AMÉNAGEMENTS**

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	15 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	15 K€
Terrassements	15 K€
Génie civil de la passe à bassins	90 K€
Structure métallique de l'ascenseur, y compris système de relevage	200 K€
Système de restitution des poissons	50 K€
Équipements divers	75 K€
Études diverses, divers et imprévus	180 K€
<b>TOTAL</b>	<b>640 K€</b>

## **4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON**

Les tests d'efficacité réalisés sur le dispositif de dévalaison de Pébernat entre 1995 et 1998, ont montré que l'exutoire existant bénéficiait d'une bonne efficacité (évaluée à 68 %).

Malgré une bonne efficacité de l'exutoire, la dévalaison à l'usine de Pébernat n'est pas encore optimale pour deux raisons :

- D'une part, les conditions de restitution des poissons en aval de l'exutoire ne sont pas du tout satisfaisantes actuellement. Pour rappel, la chute en sortie de l'exutoire est importante (près de 9 m) et la fosse de réception est totalement sous-dimensionnée. Le circuit de restitution en aval de cette fosse n'est pas non plus optimal avec des conditions hydrauliques peu favorables notamment dans la galerie d'amenée jusqu'au bassin brise-charge (fortes vitesses, etc.).

- D'autre part, l'espacement entre barreaux du plan de grille est actuellement de 4.5 cm, valeur trop importante pour réaliser une barrière efficace et empêcher le passage des poissons vers les turbines notamment pour l'anguille.

On propose donc de procéder de manière prioritaire à la reprise du circuit de dévalaison suivi par les poissons depuis l'exutoire jusqu'au canal de fuite.

On propose également de réduire l'espacement entre barreaux du plan de grille à 2 cm contre 4.5 cm actuellement.

On préconise également l'aménagement d'un dispositif d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, qui fonctionnera en permanence en période de dévalaison des smolts. Différentes études effectuées lors de suivis d'efficacité de dispositifs de dévalaison ont en effet montré l'influence positive de la lumière sur l'efficacité des ouvrages pour cette espèce. En dehors de cette période, l'éclairage devra être éteint.

#### **4.2.1. AMELIORATION DE LA RESTITUTION DES POISSONS**

L'amélioration de la restitution des poissons que nous détaillons sommairement ci-après est globalement en accord avec l'Avant Projet Sommaire d'EDF d'Avril 2011 (Boucard, 2011).

##### **■ Synoptique de la restitution aménagée**

Les poissons qui transiteront par l'exutoire (A) seront collectés par une goulotte métallique (B) positionnée au-dessus du canal de décharge de l'usine et qui les acheminera jusqu'à un bassin de réception (C) implanté en rive droite de ce canal de décharge.

Le bassin de réception assurera un matelas d'eau suffisant pour réceptionner dans de bonnes conditions les poissons à leur chute depuis la goulotte de dévalaison. Le niveau d'eau dans le bassin sera maintenu par une vanne levante.

Le circuit de dévalaison opérera un changement de direction à 90° au niveau de ce bassin de réception.

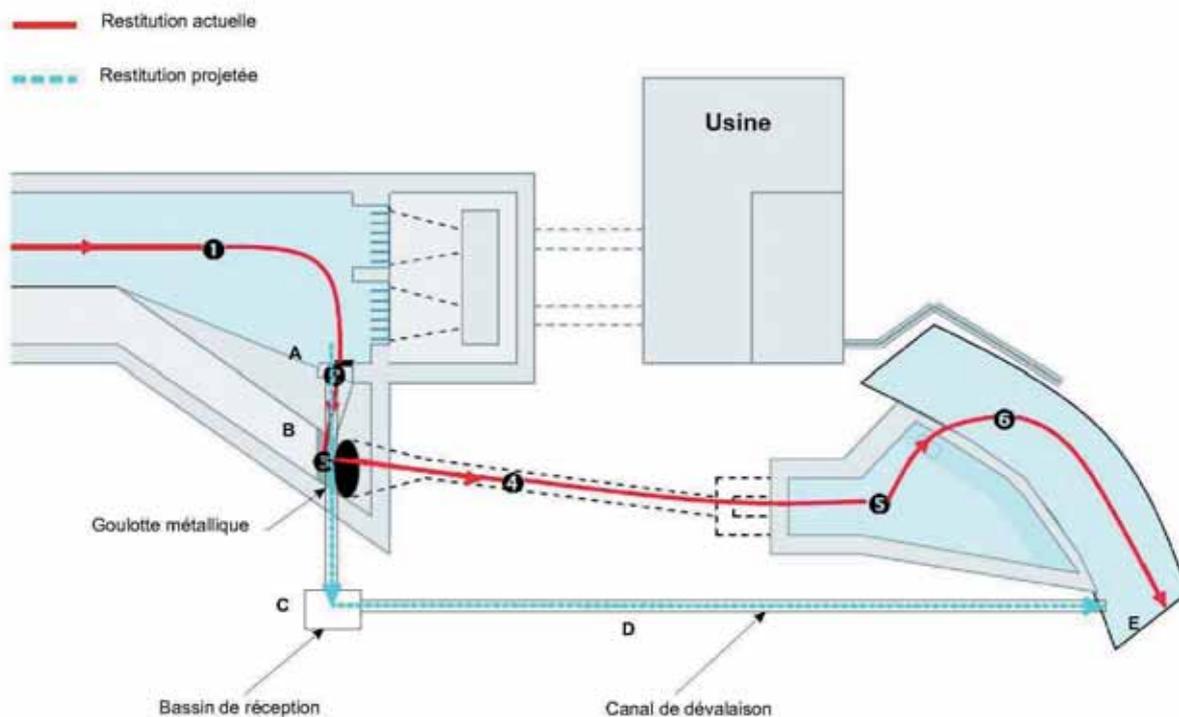
Les poissons dévaleront ensuite par déversement au-dessus d'une vanne levante et seront repris par un canal de dévalaison rectiligne (D). Ce canal sera implanté en rive droite, le long du bassin brise-charge existant. Il assurera le transfert des poissons depuis le bassin de réception jusqu'au canal de fuite (E) selon une trajectoire rectiligne.

L'objectif est ainsi de ne pas réaliser de changement de direction dans les zones d'écoulement rapide (goulotte, canal) de manière à éviter tout dommage sur les poissons

La chute aval en fin de goulotte sera également orientée parallèlement aux butons existant dans le canal de fuite, de manière à éviter les chocs de poissons sur ces éléments.

Cette solution permettra d'éviter le transit des poissons par le bassin brise-charge dans lequel il avait été montré que les poissons pouvaient avoir des difficultés à sortir.

Le croquis ci-dessous illustre schématiquement le circuit emprunté.



### ■ Répartition des chutes et récupération du dénivélé total

Aujourd'hui en fonctionnement normal, le dénivélé maximal entre le niveau amont dans le bassin de mise en charge et le niveau aval dans le canal de fuite est de 21.10 m, pour des conditions de fonctionnement normales à l'usine.

Le dénivélé sera rattrapé de la manière suivante :

- 2 chutes respectivement d'environ 1 et 5 m entre la goulotte et le bassin de réception et entre le canal de dévalaison et le canal de fuite
- le canal de dévalaison en aval du bassin de réception rattrapera un dénivélé de près de 13 m environ
- le dénivélé restant sera rattrapé par la goulotte franchissant le canal de décharge et par les chutes en sortie de l'exutoire et du bassin de réception.

### ■ Dimensionnement des organes du système de dévalaison

#### ➤ Goulotte métallique

- Longueur : 14 m environ
- Largeur : 1.00 m
- Pente moyenne : 3.6 %
- Tirant d'eau moyen : 25 cm
- Dénivélé : 0.50 m + 0.65 m de chute en sortie de l'exutoire

➤ **Bassin de réception**

- Longueur : 5.00 m
- Largeur : 4.00 m
- Tirant d'eau moyen : 1.50 m
- Volume d'eau : 30 m<sup>3</sup>
- Chute dans le bassin : 1.25 m
- Puissance dissipée par le bassin : 860 W/m<sup>3</sup>

➤ **Canal de dévalaison**

- Longueur : 85 m environ
- Largeur : 0.65 m
- Pente moyenne : 15 %
- Tirant d'eau moyen : 20-25 cm
- Dénivelé : 12.8 m + chute de 0.90 m en sortie du bassin
- Chute aval : 5.0 m (lorsque le niveau du canal de fuite est à la cote mini d'exploitation soit 241.70 m NGF).

L'ensemble des aménagements ici préconisés sont globalement en accord avec les propositions d'EDF exposées dans l'avant projet sommaire d'avril 2011 de reprise de la dévalaison.

#### **4.2.2. MODIFICATION DU PLAN DE GRILLE ACTUEL**

De manière à éviter que les poissons dévalants ne passent au travers des grilles, on préconisera de réduire l'espacement inter-barreaux de manière suffisante pour créer une barrière physique et comportementale efficace. Deux propositions d'améliorations ont été étudiées à savoir :

Proposition 1 : plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 3. Rappelons toutefois qu'un écartement de 3 cm peut assurer une certaine barrière comportementale pour les smolts et les ravalés mais n'est pas suffisant pour l'anguille.

Proposition 2 : plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 2 cm (ce qui permettrait d'assurer une barrière physique pour l'anguille)

Pour chaque proposition, les caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées. Les pertes de charge induites par ces aménagements ont été calculées et comparées à la situation actuelle.

##### **■ Estimation des pertes de charges actuelles**

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la **formule de Meusbürger** suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT = 4.5 CM)			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.20	0.44	0.70
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.97	0.97	0.97
$V_A^2 / 2g$	0.013	0.013	0.013
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>
PLAN DE GRILLE AVEC UN ESPACEMENT DE 3 CM			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.27	0.55	0.84
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.97	0.97	0.97
$V_A^2 / 2g$	0.013	0.013	0.013
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>
PLAN DE GRILLE AVEC UN ESPACEMENT DE 2 CM			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.97	0.97	0.97
$V_A^2 / 2g$	0.013	0.013	0.013
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>

## ■ Bilan

Les calculs de pertes de charge réalisés semblent montrer que la réduction de l'espacement entre barreaux n'augmente pas de manière significative les pertes de charge théoriques au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Afin d'améliorer les conditions de dévalaison, et compte-tenu de l'absence de vitesses tangentielles pouvant guider efficacement le poisson, il nous paraît plus judicieux d'installer un plan de grille dont l'espacement entre les barreaux est égal à 2 cm, ce qui permettra non seulement d'assurer une bonne barrière comportementale pour les smolts et une barrière physique pour les anguilles dévalantes. Ce plan de grille devra impérativement s'accompagner d'un dégrilleur efficace pour éviter le colmatage de la grille.

Cette réduction sera effective sur l'ensemble de la hauteur de la grille pour tenir compte du comportement des différentes espèces lors de la dévalaison.

#### **4.2.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS**

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	15 K€
Changement du plan de grille	90 K€
Changement du dégrilleur	100 K€
Goulotte de dévalaison	15 K€
Bassin de transition	20 K€
Conduite de dévalaison	45 K€
Équipements divers	30 K€
Études diverses, divers et imprévus	85 K€
<b>TOTAL</b>	<b>400 K€</b>

# DIGUE DU FOULON

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La digue du Foulon aussi appelée barrage de Cailloup, est située sur la commune de Pamiers (09) au sud-ouest de la ville.,

L'ouvrage, déjà recensé sur des documents d'époque napoléonienne, a été édifié pour l'alimentation des canaux de la ville de Pamiers. Ces canaux avaient historiquement pour fonction première la défense de la ville, puis ils furent utilisés pour le transport de marchandises et de nombreux artisans étaient installés sur leur cours (tanneurs, teinturiers, foulons, etc.).

L'ouvrage consiste en un barrage de type poids d'une longueur en crête d'environ 225 m. La cote normale de la retenue est de 283.18 mNGF. Cependant les plans topographiques réalisés en 2000 montrent que la cote de la crête varie en réalité entre 282.91 et 283.08 mNGF avec une partie centrale restant arasée à 283.18 mNGF.



Vue de la digue depuis la rive gauche aval



Vue de la digue depuis la rive droite aval

De la rive droite à la rive gauche on recense successivement :

➤ **La prise d'eau des canaux de Pamiers**

La prise d'eau comporte deux vannes de 3m de larges. Elle est capable d'entonner un débit de 4m<sup>3</sup>/s dans un canal de 7 m de large alimentant les canaux de Pamiers.

Les vannages sont protégés par une drome flottante qui permet de dévier les corps flottants vers le barrage.



Vue des vannages en tête de la prise d'eau



Drome flottante (protection des vannages)

### ➤ **Le seuil en lui-même**

Le seuil du Foulon est un barrage poids réalisé en enrochements liaisonnés. Il possède une forme légèrement incurvée et se présente de manière inclinée par rapport à l'axe d'écoulement de l'Ariège, l'extrémité aval se situant en rive droite au niveau de la prise d'eau d'alimentation des canaux.

La chute au droit du seuil avoisine 2.20 m en basses-eaux.

Ses principales caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 225 m
- Largeur de la crête : variable de 0.6 à 1.8 m
- Cote d'arase : 283.18 m NGF (variations locales sur la crête)



Vue de la partie aval du seuil



Vue de la partie amont du seuil

### ➤ **La passe à embarcations**

La passe à embarcations consiste en une échancrure d'environ 2.10 m de largeur et calée à la cote de 282.55 mNGF. Cette échancrure permet d'assurer un tirant d'eau suffisant pour le

passage des embarcations. Elle permet aussi de jouer le rôle de débit d'attrait pour la passe à poissons accolée. Un mur bajoyer sépare la passe à embarcations de la passe à poissons. A la RN, elle entonne environ 1.6 m<sup>3</sup>/s.



Vue de l'échancrure de débit d'attrait  
(entrée de la passe à embarcations)



Vue depuis l'aval, de la passe à embarcations accolée à la passe à poissons

### ➤ La passe à poissons

A l'extrémité rive gauche du site se trouve la passe à poissons. Il s'agit d'une passe à bassins successifs de type passe à échancrure latérale. Elle est alimentée par une prise d'eau située à proximité de l'échancrure de débit d'attrait dans la retenue.

On dénombre une succession de 7 bassins qui communiquent entre eux par des cloisons munies d'échancrures latérales alternées. L'ensemble permet de décomposer la chute totale en une succession de **8 chutes**. A la RN, elle entonne un débit de l'ordre de 780 l/s.



Vue de la partie amont de la passe à poissons



Vue de la passe à poissons depuis l'extrémité amont

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit de la digue du Foulon (Bassin versant égal à 1 610 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

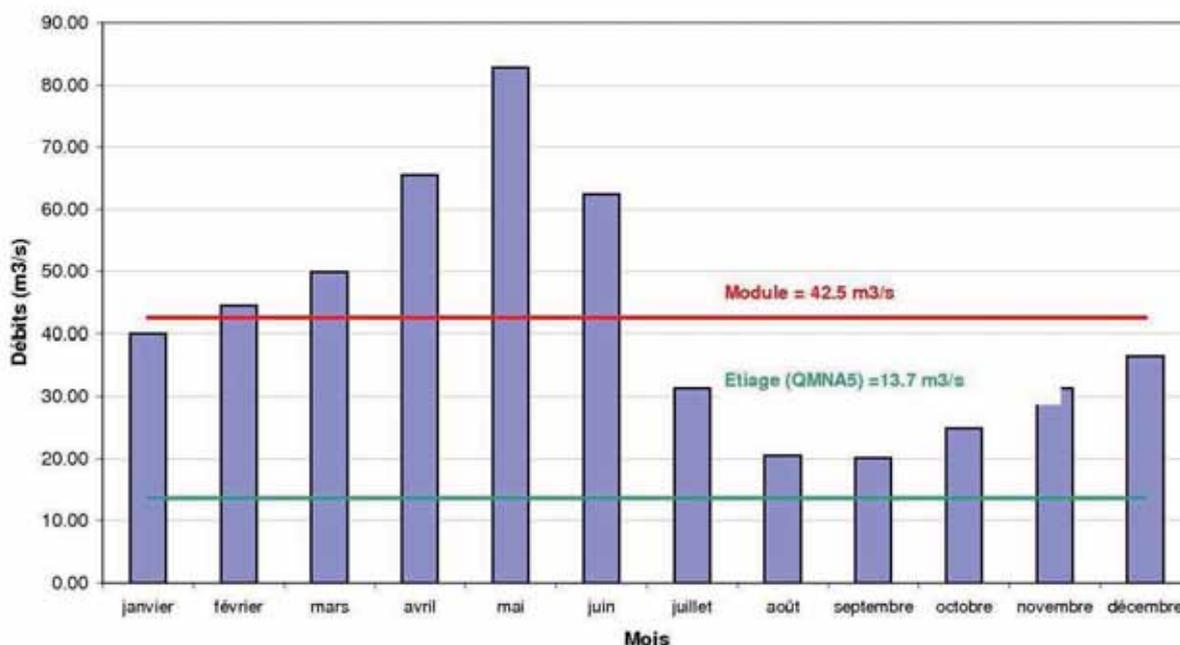
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : **42.5 m<sup>3</sup>/s**
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : **13.7 m<sup>3</sup>/s**

L'évolution des débits moyens mensuels à la digue du Foulon est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

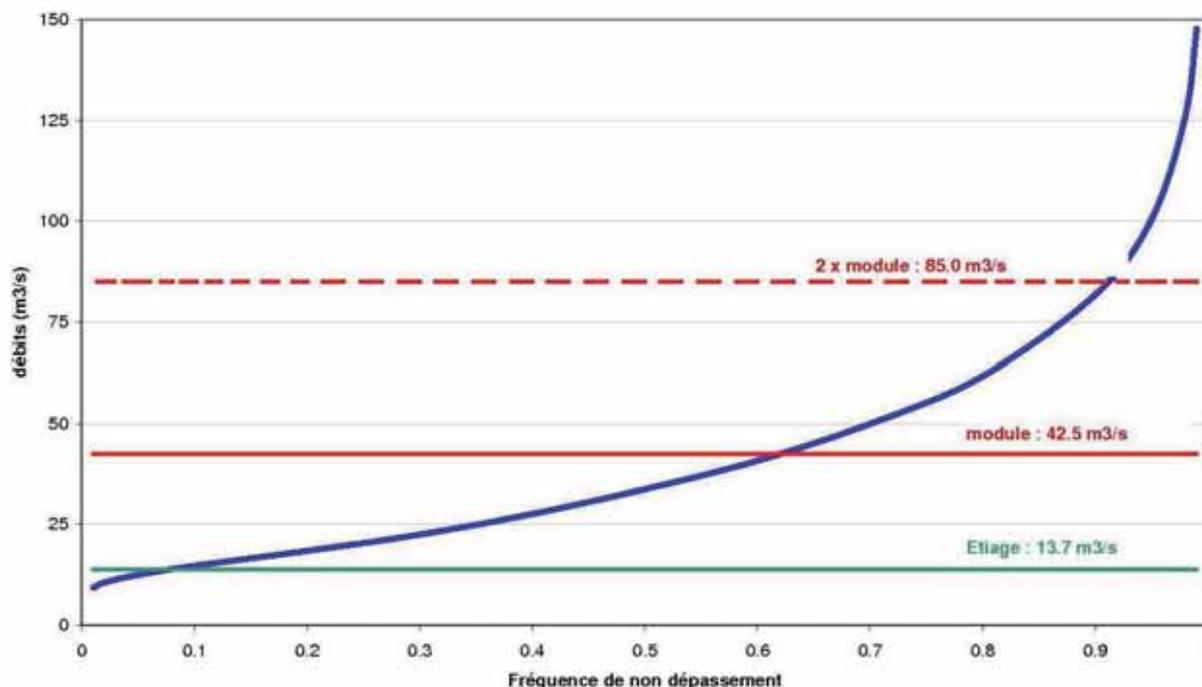
Débits moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
39.9	44.5	49.9	65.5	82.8	62.5	31.3	20.4	20.0	24.9	31.3	36.5



**Evolution des débits moyens mensuels à la digue du Foulon**

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
147.8	126.1	100.5	81.7	61.7	49.9	40.8	33.7	27.5	22.4	18.4	14.7	12.4	10.5	9.2



### Evolution des débits classés sur l'année à la digue du Foulon

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 200 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 265 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 315 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 415 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantiennale.

## 2.2. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site les 28 avril et 6 septembre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit à Pamiers	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
28/04/2010	64.2 m <sup>3</sup> /s (1.5 x module)	283.48	281.33	2.15 m
06/09/2010	22.2 m <sup>3</sup> /s (1.6 x QMNA5)	283.24	281.07	2.17 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- et des données antérieures disponibles (plans topographiques),

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège à Pamiers	Débit seuil (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait (m <sup>3</sup> /s)	Débit Canaux Pamiers (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.7 m <sup>3</sup> /s)	7.28	0.78	1.64	4.00	283.19	281.01	2.17 m
Module (42.5 m <sup>3</sup> /s)	35.2	0.95	2.38	4.00	283.35	281.19	2.16 m
1,5 x module (63.8 m <sup>3</sup> /s)	55.7	1.08	2.98	4.00	283.47	281.33	2.15 m
2 x module (85 m <sup>3</sup> /s)	76.1	1.27	3.63	4.00	283.59	281.46	2.14 m

Remarque : les niveaux d'eau amont et aval ont été estimés pour les conditions de débit de l'étiage à 2 x le module à partir d'une loi hauteur/débit calée sur les relevés effectués sur le terrain.

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement piscicole conçu en 1989. Il s'agit d'une passe à bassins successifs en béton localisée en rive gauche.

L'alimentation s'effectue par une prise d'eau (bassin de tranquillisation) dans la retenue. Une grille à barreaux protège l'entrée de la prise d'eau des corps flottants. L'entrée piscicole s'effectue en pied d'ouvrage par une échancrure pratiquée dans la cloison aval. Les bassins de la passe communiquent par des échancrures latérales alternées.

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Nombre de chutes : 8 chutes de 0.27 m en moyenne
- Dimensions moyennes des bassins (L x l) : 2.90 m x 3.10 m
- Dimensions moyennes des échancrures (l x h) : 1.05 m x 1.20 m
- Dimension de l'échancrure amont (l x h) : 0.50 m x 1.40 m

Le dispositif est complété par une échancrure de débit d'attrait adjacente à la passe et réalisée directement dans le seuil. Elle permet également la descente du seuil par les canoës.

##### 3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE

Des simulations ont été réalisées avec le logiciel CASSIOPEE afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège à Pamiers	Débit TCC (Qtcc)*	Débit seuil (Qs)	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit d'attrait (Qa)	Attractivité du dispositif (Qpap+Qa)/Qtcc	Chute max	Tirant d'eau moyen	Type de jet	Puissance dissipée max
Étiage (13.7 m <sup>3</sup> /s)	9.70 m <sup>3</sup> /s	7.28 m <sup>3</sup> /s	0.78 m <sup>3</sup> /s	1.64 m <sup>3</sup> /s	25 %	0.51 m	1.00 m	Plutôt surface	500 W/m <sup>3</sup>
Module (42.5 m <sup>3</sup> /s)	38.5 m <sup>3</sup> /s	35.2 m <sup>3</sup> /s	0.95 m <sup>3</sup> /s	2.38 m <sup>3</sup> /s	9 %	0.48 m	1.10 m	Plutôt surface	500 W/m <sup>3</sup>
1,5 x module (63.8 m <sup>3</sup> /s)	59.8 m <sup>3</sup> /s	55.7 m <sup>3</sup> /s	1.08 m <sup>3</sup> /s	2.98 m <sup>3</sup> /s	7 %	0.46 m	1.20 m	Plutôt surface	495 W/m <sup>3</sup>
2 x module (85 m <sup>3</sup> /s)	81.0 m <sup>3</sup> /s	76.1 m <sup>3</sup> /s	1.27 m <sup>3</sup> /s	3.63 m <sup>3</sup> /s	6 %	0.44 m	1.30 m	Plutôt surface	493 W/m <sup>3</sup>

\* Qtcc = Q Ariège – Q canaux (4 m<sup>3</sup>/s)

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du bras rive gauche et problème de liaison entre les deux bras

Lors des visites de terrain nous avons pu observer la présence de quatre îlots à l'aval immédiat de la digue, formant ainsi un réseau de bras alimentés par les déversements au barrage.



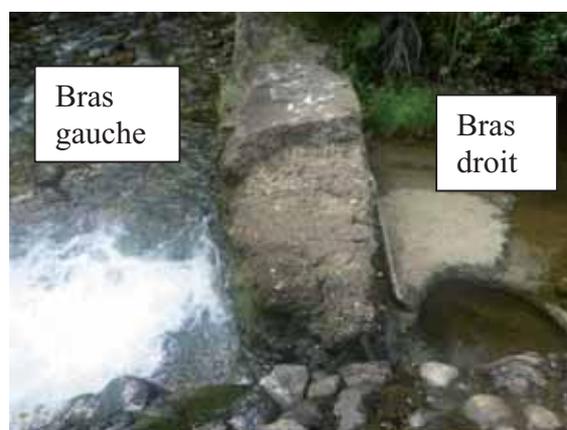
Vue des îlots en aval de la digue du Foulon (extrait Géoportail IGN)

La présence de ces îlots pose des problèmes pour l'accessibilité à l'ouvrage. Plus particulièrement, le deuxième îlot recensé depuis la rive droite s'étend jusqu'au pied de la digue. A cet endroit subsiste un muret en enrochements maçonnés, qui relie l'atterrissement à la digue. Il constitue ainsi une **barrière physique infranchissable** pour les poissons qui se présentent en pied du seuil rive droite et qui ne peuvent accéder à la passe qu'en redévalant pour s'engager dans le bras gauche.

Ce phénomène est d'autant plus problématique que **le bras rive droite entonne un débit conséquent estimé en période de basses-eaux à environ 55% du débit total du tronçon court-circuité**. Il est donc fort probable qu'un nombre significatif de poissons s'engage dans ce bras et se retrouve bloqué en pied de seuil.



Vue du muret en pied de digue au niveau de l'îlot



Vue du muret depuis la digue (il crée une séparation infranchissable entre les deux bras)

## ■ Attractivité de la passe

- Attractivité de la rive gauche

L'étude du fonctionnement de la passe à poissons existante montre qu'elle entonne un débit de l'ordre de 800 l/s en conditions d'étiage et jusqu'à 1.3 m<sup>3</sup>/s environ à 2 fois le module.

Associée à un débit d'attrait assez conséquent, la rive gauche est relativement bien attractive, puisque le débit total (passe + attrait) représente environ 25% du débit total dans le TCC à l'étiage, 9 % au Module et 6 % à 2 fois le module.

Aussi, de par cette répartition des débits au barrage et l'inclinaison du barrage, les poissons arrivant au déversoir RG devraient rapidement se présenter en rive gauche.



Vue des écoulements en conditions de basses eaux



Vue en eaux moyennes à fortes (1.5 x Module)

- Attractivité de la passe

En situation de basses eaux et d'eaux moyennes, le débit dans la passe permet de créer un écoulement et une chute en pied de dispositif qui devrait être « visible » pour les poissons.

Par contre, en eaux plus fortes, **le mur bajoyer séparant la passe du débit d'attrait se révèle trop bas pour éviter les débordements parasites.** Ainsi comme cela a pu être observé en avril 2010 (1.5 fois le module), des débordements interviennent dans la passe dès le bassin n°4 puis de façon plus importante sur la partie aval de la passe.

Ces entrées d'eau sont problématiques d'une part, parce que le débit supplémentaire dans la passe augmente les turbulences au sein de bassins déjà un peu sous-dimensionnés et d'autre part parce que ces écoulements parasites viennent masquer l'entrée du dispositif.



Vue du pied de passe en basses eaux



Vue en eaux moyennes à fortes

## ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

L'étude des conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage et en faisant abstraction des écoulements annexes, montre :

- **Au niveau des chutes** : les simulations menées sur l'existant font apparaître une chute de l'ordre de 34 cm en étiage et jusqu'à 42 cm à 2 fois le module sur la chute amont (cloison n°1). On constate également une chute maximale de l'ordre de 45 à 50 cm sur la 3<sup>ème</sup> cloison depuis l'amont, montrant bien un problème sur cette échancrure.
- **Au niveau des puissances dissipées** : Elles sont importantes (jusqu'à 500 W/m<sup>3</sup>) en aval de la chute maximale (cloison 3). Sinon, elles sont globalement de l'ordre de 180-250 W/m<sup>3</sup>.

Cette étude des conditions hydrauliques dans l'ouvrage ne montre pas de réelles difficultés pour le franchissement des poissons dits sauteurs de grandes tailles. Par contre, les puissances dissipées et les chutes maximales peuvent s'avérer sélectives pour les plus petits individus de truite fario.

Pour l'anguille et la lamproie marine (espèce susceptible d'être présente également sur le site et intégrée au futur classement L214.17), les jets et les vitesses d'écoulement au niveau de certaines échancrures peuvent se révéler assez sélectifs pour ces deux espèces.

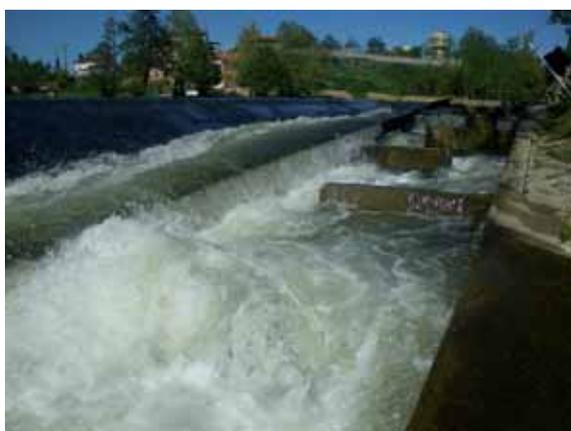
De plus, la configuration du barrage (parement fortement incliné) et l'absence de rugosités en berge ne permettent pas d'offrir des zones propices de passage par reptation pour l'anguille.

## ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Dès les eaux moyennes, **le mur bajoyer séparant la passe du débit d'attrait se révèle trop bas pour éviter les débordements parasites**. Ainsi comme cela a pu être observé le 28 avril 2010, des débordements interviennent dans la passe dès le bassin n°4 puis de façon plus importante sur la partie aval de la passe.

Ces entrées d'eau sont problématiques car d'une part, le débit supplémentaire dans la passe augmente les turbulences au sein de bassins et d'autre part, il est probable que des poissons engagés dans la passe soient tentés de sauter par dessus le mur bajoyer attirés par ces déversements d'eau intempestifs.

Les écoulements parasites posent également des problèmes de masquage de l'entrée aval de la passe



Déversement d'eau sur le mur bajoyer de la passe provoquant de fortes turbulences



Fortes turbulences dans le bassin aval liées aux déversements

De plus, lors des visites de terrain nous avons pu observer un certain nombre de problèmes d'entretien :

- Le colmatage de la grille au niveau de la prise d'eau de la passe : lors de nos passages la grille était toujours en partie obstruée par des accumulations de feuilles et de branchages. Ce colmatage occasionne des pertes de charges significatives au niveau de l'entrée hydraulique (environ 10cm) et entraîne ainsi une réduction du débit entonné par l'ouvrage par rapport à son débit théorique de fonctionnement. De plus il limite le passage des poissons depuis la passe vers la retenue.
- Les déflecteurs initialement prévus en amont des cloisons pour optimiser la dissipation de l'énergie et la circulation des écoulements dans les bassins sont quasiment tous absents (Il n'en subsiste qu'un sur la cloison n° 5 et celui de la cloison n°3 est présent mais déformé). Le déflecteur de la cloison 3, en obstruant l'échancrure partiellement réduit ainsi la section d'écoulement et entraîne une augmentation de la chute à ce niveau (50 cm environ).
- Par endroit le béton de la passe affiche également des signes de fragilité (fissures, cloisons dégradées, etc.)



Grille fortement colmatée



Déflecteur obstruant une partie de l'échancrure (cloison n°3)



Cloison n°4 fortement altérée

### ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

Les suivis de radiopistage effectués sur l'Ariège montrent que 100% des poissons passés à l'amont de Pébernat (1 en 2003 et 1 en 2004) sont parvenus jusqu'au barrage de Guilhot franchissant donc sur leur parcours la digue du Foulon à Pamiers.

**Sans procéder à une reprise totale de l'ouvrage, il s'avère nécessaire de réaliser un certain nombre d'aménagements sur le site du Foulon de manière à en améliorer la franchissabilité à la montaison.**

**Le plus pénalisant demeure les problèmes d'accessibilité à l'ouvrage en raison d'un bras rive droite attractif qui transite plus de la moitié du débit du TCC en basses-eaux et où les poissons se retrouvent bloqués en pied de seuil (problème de liaison entre les bras).**

**La passe en elle-même bénéficie d'une attractivité satisfaisante mais présente des conditions hydrauliques défavorables pour les plus petits individus avec des chutes localement fortes et des turbulences conséquentes accentuées par les déversements parasites sur sa partie aval et les problèmes d'entretien sur certaines cloisons.**

**Le problème majeur est le manque d'entretien de l'ouvrage, qui occasionne un certain nombre de dysfonctionnements de l'ouvrage pouvant pénaliser le franchissement des poissons, surtout les petits salmonidés (truite fario), les anguilles et les lamproies.**

## 3.2. FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON

Le site du Foulon ne pose à priori pas de problèmes majeurs à la dévalaison des smolts de salmonidés et des anguilles.

Compte-tenu de la configuration du site et de la répartition des débits (faible débit prélevé), la majorité des poissons dévalants est susceptible de transiter par le seuil. On peut penser que le passage par le seuil ne doit pas poser de problèmes majeurs (tirant d'eau correct, fosse en pied...).

La faible fraction de poisson pouvant emprunter les canaux de Pamiers ne devrait pas subir de dommages particuliers.

**En l'état actuel, il n'est donc pas nécessaire de proposer des aménagements spécifiques pour la dévalaison.**

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

Les propositions d'aménagement sur le site du Foulon ne concernent que des améliorations de la montaison au barrage. En effet le diagnostic de la franchissabilité à la dévalaison a mis en évidence qu'il n'est pas nécessaire de réaliser des aménagements complémentaires.

A la montaison en revanche, et bien que la passe actuelle soit suffisamment attractive et fonctionnelle on préconisera :

- de réaliser une communication entre les deux bras situés à l'aval du barrage pour que les poissons qui empruntent le bras rive droite puissent ensuite rejoindre facilement la passe située au déversoir rive gauche.
- d'aménager une réhausse du bajoyer droit de la passe pour éviter les déversements depuis le débit d'attrait.
- En complément, les cloisons de la passe seront reprises (reprise du béton, remplacement éventuel en cas de dégradations trop importantes), et des déflecteurs seront ajoutés sur chaque cloison pour améliorer les conditions d'écoulement dans l'ouvrage.

### 4.1. RESTAURATION D'UNE COMMUNICATION ENTRE LES BRAS À L'AVAL DU SEUIL

Actuellement les deux bras sont séparés au niveau du pied du barrage par un muret, implanté dans le sens des écoulements, et qui barre le passage depuis le pied du seuil jusqu'à l'îlot qui s'est formé à l'aval.

La hauteur du mur (1.30 m environ) est trop importante pour que les poissons puissent le franchir actuellement d'autant que le tirant d'eau au pied est très faible (de l'ordre de quelques centimètres à l'étiage).

On préconise donc d'araser totalement ce muret à la cote du lit, de manière à supprimer totalement l'obstacle pour le poisson. Cet aménagement permettra aux poissons transitant en rive droite de pouvoir s'orienter vers la passe en longeant le seuil.



Vue du muret en pied de digue au niveau de l'îlot



Vue du muret depuis la digue (il crée une séparation infranchissable entre les deux bras)

La destruction de cet ouvrage ne devrait pas poser de problèmes particuliers vis à vis de la stabilité du seuil. Un diagnostic par un bureau d'études spécialisé en pathologie et diagnostic d'ouvrages pourrait s'avérer nécessaire.

Le mur sera arasé sur toute sa hauteur jusqu'à la cote du lit de la rivière. Les dimensions de l'ouvrage à supprimer sont rappelées ci-dessous :

- Hauteur : 1.30 m
- Longueur : 8 m
- Largeur : 1.60 m

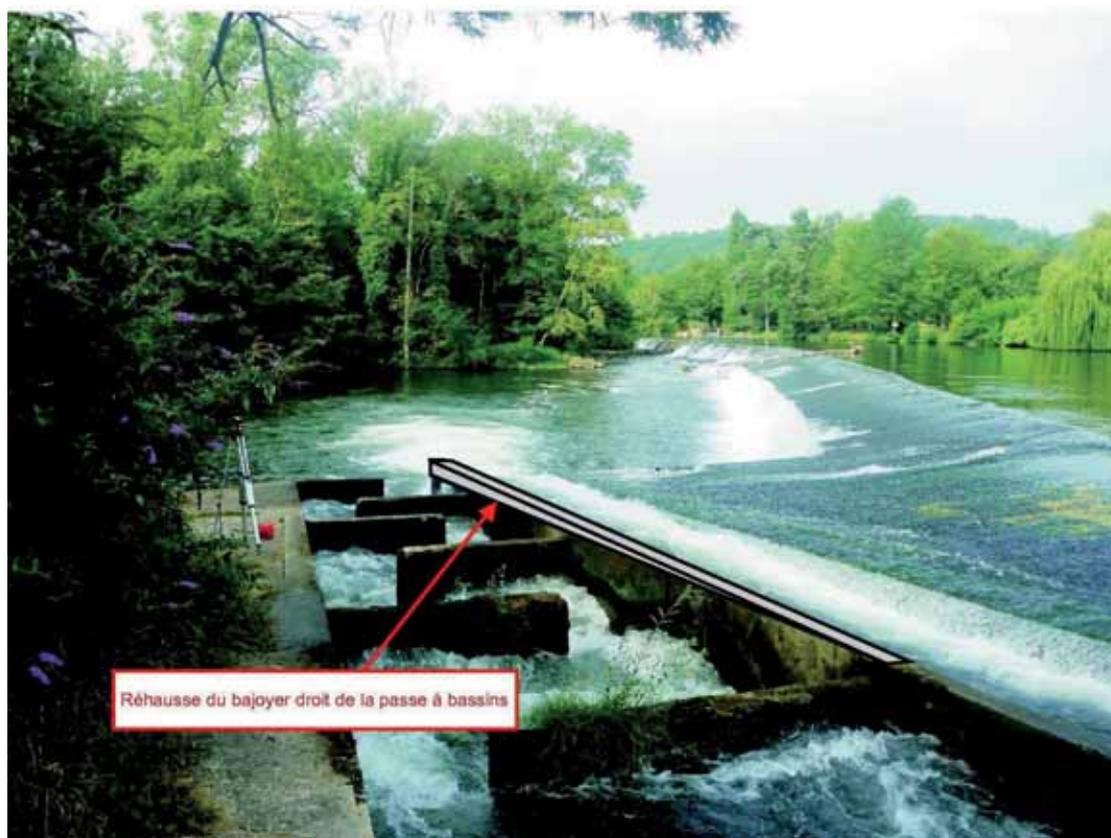
L'ensemble représente un volume de destruction d'environ 20 m<sup>3</sup>.

## 4.2. REHAUSSE DU BAJOYER DROIT DE LA PASSE À POISSONS

Actuellement lors de la montée des débits, une partie du débit d'attrait entonné par l'échancrure au barrage, se retrouve déversé dans la passe par-dessus le bajoyer droit. Nous avons ainsi pu observer que pour des conditions proches d'1.5 x le module, des déversements avaient lieu dès la cloison n°4 soit au final sur l'ensemble de la moitié aval de l'ouvrage.

Il s'en suit une augmentation du débit transitant dans la passe avec un accroissement des turbulences qui peuvent perturber le franchissement des poissons.

La réhausse du bajoyer droit s'effectuera depuis la cloison n°3 et sera prolongé jusqu'à l'aval. Les déversements du débit d'attrait devraient être ainsi évités jusqu'à au moins 1.5 x à 2 x le module.



Les dimensions de la réhausse pourront être les suivants :

- Pente actuelle du bajoyer droit : environ 8.4% sur toute la longueur
- Pente future du bajoyer entre les cloisons n°3 et n°8 : environ 2.8%
- Cote du bajoyer droit au niveau de la cloison 8 : 282.60 m NGF
- Hauteur de la réhausse au droit de la cloison n°8 : 0.80 m

### 4.3. REPRISE DE LA PASSE

Au sein de la passe à poissons, on procédera en complément des aménagements précités, à la reprise de l'ensemble des cloisons.

Les visites sur sites avaient en effet mis en évidence que certains cloisons étaient partiellement dégradées (béton fissuré, déflecteurs abîmés ou absents, etc.).

Afin d'améliorer les conditions hydrauliques, chaque cloison sera équipée d'un déflecteur fonctionnel réalisé en béton ou en structure métallique.

Le génie civil de l'ouvrage sera inspecté plus précisément et les bétons seront repris aux endroits où ils sont dégradés.

### 4.4. MONTANT ESTIMATIF DES AMÉNAGEMENTS

Le montant estimatif des aménagements est présenté dans le tableau ci-dessous.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	10 K€
Destruction du mur séparatif des deux bras	5 K€
Rehausse du mur bajoyer de la passe	5 K€
Reprise de la passe (déflecteurs, béton)	5 K€
Études diverses, divers et imprévus	10 K€
<b>TOTAL</b>	<b>35 K€</b>

# OUVRAGES SUR LE CANAL DE PAMIERS

## 1. PRESENTATION GENERALE

De manière concomitante à l'étude menée sur l'Ariège, un diagnostic a également été mené sur les différents ouvrages susceptibles de générer un obstacle au passage des poissons sur le canal de la ville de Pamiers.

Ce canal est alimenté par dérivation d'une partie des eaux de l'Ariège au niveau de la digue du Foulon. La dérivation se fait par l'intermédiaire d'un vannage implanté en rive droite de l'Ariège à l'extrémité aval de l'endiguement. Le débit dérivé est à peu près constant toute l'année et permet de transiter environ 4 m<sup>3</sup>/s au travers de l'agglomération.

Peu après le vannage de dérivation, le canal se sépare en 2 bras secondaires qui ceignent le Vieux Centre et se rejoignent au niveau de l'Avenue du Jeu du Mail. On recense six obstacles susceptibles d'interférer sur la libre circulation des poissons (quatre ouvrages répartis sur les bras et deux ouvrages situés en aval de la confluence des deux bras). Ces obstacles sont présentés ci-après et localisés sur la planche 2.

Ouvrage	Type d'obstacle	Localisation	Usage historique et/ou actuel
Seuil de la papeterie	Coursier	Aval confluence	Ancienne papeterie
Seuil du Moulin	Seuil + coursier	Aval confluence	Ancienne minoterie
Seuil de LIDL	Seuil	Bras Ouest	-
Seuil du restaurant du Moulin	Seuil (poteau béton)	Bras Ouest	Prise d'eau de l'ancien moulin (actuel restaurant)
Coursier des Forges	Coursier	Bras Ouest	Stabilisation du pont de la rue des Carmes
Seuil du parcours de réserve	Seuil + vannage	Bras Est	-

A noter que la répartition du débit entre les bras Est et Ouest est sensiblement équivalente et chaque bras transite environ la moitié du débit total dérivé de l'Ariège.

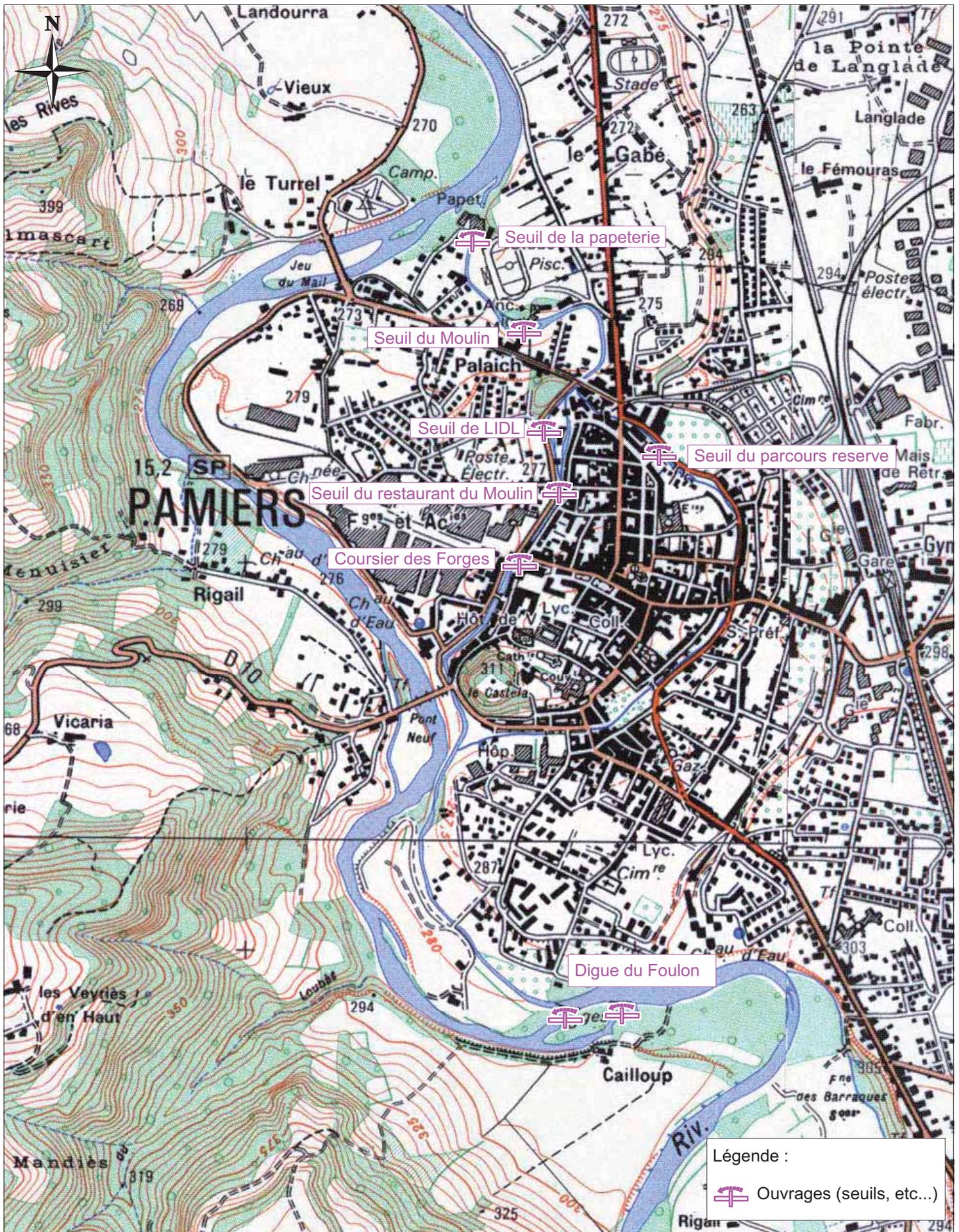
Aussi pour les poissons remontant depuis l'aval l'attractivité des bras au droit de la confluence est sensiblement la même. Cependant le bras Est est un peu moins large et les vitesses d'écoulement sont légèrement supérieures ce qui est susceptible de guider préférentiellement les poissons vers ce bras.



Vue de la confluence des deux bras  
depuis l'amont le 28 avril 2010



Vue de la confluence des deux bras  
depuis la rive gauche le 06 septembre 2010



**MIGADO - NATURA 2000**

**Etude pour l'amélioration du franchissement piscicole sur le cours de l'Ariège**

Localisation des ouvrages de Pamiers

Echelle : 1/12 500

Date : Déc. 2010

Affaire : E090301

Légende :

 Ouvrages (seuils, etc...)

**ECOGEA**

10 avenue de Toulouse  
31860 Pins-Justaret  
Tél./Fax : 05.62.20.98.24

Planche

**2**

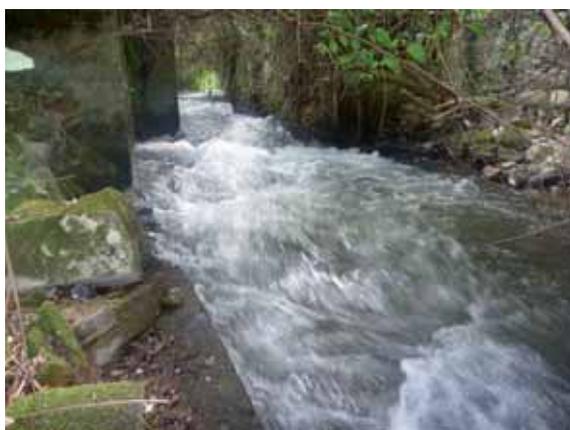
## 2. OUVRAGE 1 : SEUIL DE LA PAPETERIE

---

### 2.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Cet ouvrage se situe 350 mètres environ à l'aval du seuil du Moulin au niveau de l'ancienne papeterie. La papeterie n'est actuellement plus en activité et les bâtiments sont en ruines. L'ouvrage de la papeterie transite l'ensemble du débit véhiculé par le canal de Pamiers.

Situé le plus à l'aval sur le canal de Pamiers, il est le premier obstacle rencontré par les poissons remontant le canal.



Vue de l'ouvrage depuis l'aval



Vue depuis l'amont

L'obstacle est formé aujourd'hui par un coursier bétonné d'environ 35 mètres de long situé entre 2 murs bajoyers en briquettes maçonnées. D'anciennes cornières toujours présentes à mi-coursier, permettaient de batarder en partie les écoulements de manière à former une retenue d'eau et de pouvoir dériver.

Les principales caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage relevées lors des visites sont rappelées ci-dessous :

- Longueur totale : 35.60m
- Largeur : variable de 2.10m à 3.60m
- Pente moyenne du coursier : entre 2 et 6% avec des valeurs localement plus fortes
- Dénivelé entre l'amont et l'aval du coursier : 1.3 m

### 2.2. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE

Lors de la première visite d'avril 2010, un certain nombre d'observations avaient pu être formulées mais les conditions hydrauliques n'avaient pas permis de réaliser des relevés de l'ouvrage.

La seconde visite du site effectuée le 6 septembre 2010 avec des débits légèrement plus faibles a permis de relever les principales caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage, d'établir un profil

en long du coursier et également de mesurer des vitesses d'écoulement au moyen d'un courantomètre sur la partie aval de l'ouvrage.

Au vu des observations sur site et des mesures effectuées, l'ouvrage de la papeterie présente deux problèmes potentiellement problématiques pour le poisson :

■ **Une chute aval importante**

**La chute aval mesurée en septembre est de l'ordre de 55 cm.** Malgré la présence d'une fosse conséquente en pied (fosse d'environ 1.10 m) permettant aux poissons de trouver une zone d'appel favorable, la chute aval reste assez importante et peut s'avérer problématique à franchir d'autant qu'en amont immédiat les vitesses d'écoulement sont fortes (2.5 m/s en moyenne).



Vue de la chute aval

■ **Des vitesses d'écoulement conséquentes sur une vingtaine de mètres**

En raison d'une largeur limitée et d'une pente moyenne de l'ordre de 2 à 6 % en moyenne avec des valeurs extrêmes (18% mesuré localement), on observe de fortes vitesses sur l'ensemble coursier et plus particulièrement sur sa partie aval.

Des mesures et des calculs de vitesses montrent que les **vitesses d'écoulement moyennes sur le coursier sont de l'ordre de 2-2.5 m/s** sur une vingtaine de mètre en amont immédiat de la chute aval.

Sur ce linéaire, le coursier présente très peu de zone de repos potentielle pour le poisson et l'absence de rugosité de fond ne créent pas de zones à plus faibles vitesses d'écoulement en fond.

**Aussi, au vu des capacités de nage des poissons et de leurs endurance, on peut vraisemblablement penser que cet ouvrage est franchissable pour les grands salmonidés, difficilement franchissable pour les petits salmonidés et très difficilement franchissable pour l'anguille.**

**Concernant la dévalaison des poissons, l'ouvrage présente par contre aucun problème particulier.**

**Au vu des zones potentiellement favorables pour la reproduction des espèces lithophiles (salmonidés et éventuellement lamproies) présentes sur les canaux, il nous paraît intéressant d'améliorer la franchissabilité de ce site pour que les poissons puissent accéder sans difficultés aux canaux.**

## **2.3. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT**

### **2.3.1. SOLUTION 1 : ARASEMENT DE L'OUVRAGE**

Compte-tenu de l'absence d'usage sur le site de la papeterie, le premier scénario d'aménagement envisageable consiste à supprimer totalement l'obstacle.

Ce type d'aménagement pourrait également s'inscrire dans un aménagement général du site (suppression des anciens bâtiments désaffectés, traitement de la végétation, etc.) et revalorisation de ce site susceptible d'être fréquenté par du public (présence du stade à proximité).

La totalité du coursier béton sera arasé ainsi que les murs bajoyers.

Un reprofilage du chenal sera réalisé sur un linéaire d'environ 300 m en amont. La pente du lit terrassé sera ainsi portée à 1% environ.

Ainsi, l'abaissement de la ligne d'eau sera d'environ 1 m en amont immédiat du coursier.

Un recalibrage du lit sera également effectué de manière à assurer une section d'écoulement suffisante. Pour cela, la largeur du chenal en pied sera portée à 10 m environ. Les berges situées au droit du coursier arasé et en amont seront reprises par retalutage (3H/2V) puis seront stabilisées par protection végétale (hydroensemencement, géotextile biodégradable, bouturages, plantations arbustives). Le lit sera également élargi de manière à limiter également les vitesses moyennes d'écoulement dans le canal

Les murs bajoyers situés en rive gauche en amont du site seront soit arasés avant reprofilage de la berge, soit protégés en pied par une butée de pied en enrochements

En complément du rétablissement total de la libre circulation piscicole sur ce site, nous tenons à préciser que ces travaux pourraient permettre d'aménager un secteur avec une plus grande diversité d'habitat piscicole.

Après travaux, il sera nécessaire de suivre régulièrement l'évolution du lit et des berges en amont de l'ouvrage arasé afin de surveiller la stabilité des berges et infrastructures amont (moulin amont, murs bajoyers) Dans le cas où une érosion régressive se produirait, la mise en place de deux ou trois mini seuils en enrochements pourrait alors être réalisée pour stabiliser le lit.

### **2.3.2. SOLUTION 2 : RAMPE RUSTIQUE (VARIANTE)**

Il pourrait être envisagé une seconde solution d'aménagement du site (variante) consistant à aménager le coursier pour le rendre plus facilement franchissable. Cette solution consisterait à aménager le coursier de la façon suivante :

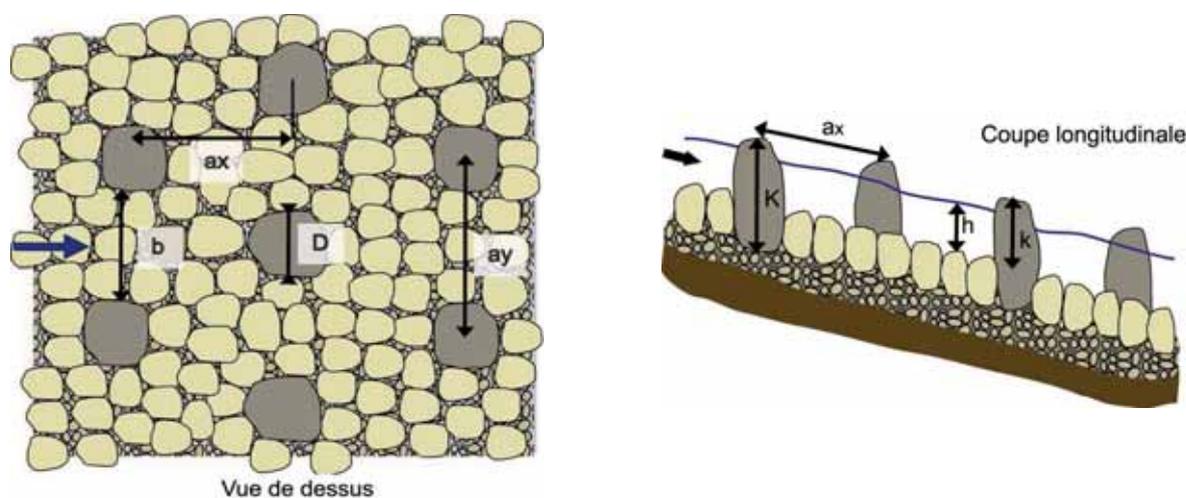
- Création d'une rampe rustique sur la partie aval

La partie aval de l'ouvrage serait aménagée avec la création d'une rampe rustique en enrochements. L'aménagement consiste à réaliser dans le prolongement du coursier actuel, une rampe rugueuse à 5% de pente environ, au sein de laquelle seraient implantées des singularités (blocs) régulièrement répartis.

L'objectif de la disposition adaptée des enrochements sur la rampe est de permettre de dissiper localement l'énergie de créer l'écoulement et de réduire les vitesses. L'aménagement permettra ainsi au poissons de franchir plus facilement la chute aval.



Passe « rustique » à enrochements régulièrement répartis de Carennac sur la Dordogne



Schémas de principe d'une rampe « naturelle » avec enrochements régulièrement répartis  
(d'après Larinier et al, 2006)

- Implantation de blocs sur le coursier

Actuellement le coursier béton ne présente que très peu de rugosité, et présente ainsi des vitesses d'écoulements fortes et très peu de zones de repos. On propose donc en complément des aménagements sur la partie aval (20-25 derniers mètres aval du coursier), d'implanter un certain nombre de singularités (enrochements liaisonnés) répartis sur l'ensemble de la longueur à franchir.

La présence de ces blocs permettra ainsi de diversifier les conditions hydrauliques dans l'ouvrage et fournira aux poissons des zones de repos lors de leur progression dans l'obstacle.

### 2.3.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS

Il nous paraît préférable de privilégier la solution principale à savoir l'arasement complet du seuil, car cette solution permettrait de restaurer totalement le franchissement piscicole et d'aménager ce site partiellement ruiné et de la valoriser sur le plan paysager, d'autant qu'il est situé à proximité d'une zone fréquentée par le public.

Le montant estimatif de l'arasement du seuil est présenté dans le tableau ci-dessous.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	10 K€
Arasement du seuil	5 K€
Terrassements, Déblais	40 K€
Retalutage et protection végétale des berges	15 K€
Mini seuils en encochements pour stabilisation éventuelle	15 K€
Études diverses, divers et imprévus	25 K€
<b>TOTAL</b>	<b>110 K€</b>

Le montant estimatif de la solution variante est présenté dans le tableau ci-dessous.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	10 K€
Rampe rustique aval	30 K€
Terrassements, Déblais	5 K€
Aménagement du coursier	10 K€
Études diverses, divers et imprévus	20 K€
<b>TOTAL</b>	<b>75 K€</b>

### **3. OUVRAGE 2 : SEUIL DU MOULIN**

---

#### **3.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE**

L'ouvrage concerné se situe au Nord de la commune à proximité du stade, et à l'aval de la confluence des deux bras circulant dans Pamiers. Il s'agit d'un ancien moulin, aujourd'hui totalement démantelé. Seul subsiste le bâtiment sous lequel se fait le passage de l'eau, au niveau de l'ancien seuil de roue.



Vue du canal d'amenée et du Moulin à droite



Vue du Moulin depuis l'amont

Actuellement l'eau passe librement sous le bâtiment, la roue a été supprimée. L'ensemble du débit du canal transite par l'ancien seuil de roue sur le coursier. Il constitue l'unique passage emprunté par les poissons.

#### **3.2. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE**

Le site étant clôturé nous n'avons pas pu effectuer des levés de ligne d'eau directement à proximité de l'ouvrage. Néanmoins, d'après les observations que nous avons pu faire en avril et septembre 2010, le site ne semble pas poser de problèmes majeurs au passage du poisson.

A la montaison, les vitesses sur le coursier de l'ancien seuil de roue semblent assez importantes. Cependant, localement, des zones à écoulement plus faibles demeurent et semblent compatibles avec les capacités de franchissement des salmonidés. De plus, la longueur du coursier à franchir par nage reste assez limitée et le tirant d'eau observé est de plusieurs dizaines de centimètres.



Vue de l'ouvrage depuis l'aval (septembre 2010)



Vue de l'ouvrage en pied de chute (avril 2010)

Pour l'anguille, le franchissement est également possible notamment sur les bordures, où elles peuvent trouver davantage de rugosité et des vitesses localement plus faibles.

**A la dévalaison, le site du Moulin ne pose aucun problème particulier.**

<p><b>Dans sa configuration actuelle, le site du Moulin ne pose donc pas de problèmes à la circulation piscicole. Aussi, il ne fera pas l'objet de proposition d'aménagement spécifique.</b></p>
--

## 4. OUVRAGE 3 : SEUIL DU LIDL

### 4.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage concerné est situé sur le bras Ouest le long de la Promenade des Maquisards, une cinquantaine de mètres en amont de la confluence avec le canal Est.

A ce niveau le canal présente une largeur totale de 5 m. L'ouvrage se présente perpendiculairement à l'axe d'écoulement sous la passerelle piétonne d'accès à la grande surface et aux immeubles situés en rive droite.



Vue du seuil depuis l'aval



Vue du seuil depuis la rive gauche

De la rive gauche à la rive droite, l'ouvrage présente les éléments suivants :

- le seuil déversant d'une longueur de 4.00 m,
- l'ancienne ouverture de décharge de 1.00 m de longueur, actuellement fermée par une plaque métallique dont la cote haute est calée 19 cm au dessus du seuil.

L'ouvrage ne présente pas d'usage spécifique à l'heure actuelle. Il n'y a plus de dérivation d'eau. Le seuil permet toutefois de stabiliser le lit en amont.

### 4.2. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE

#### ■ Hydrologie et niveaux d'eau

Deux visites du site ont été effectuées. Des relevés de lignes d'eau ont été réalisés à cette occasion et les débits transitant au droit de l'ouvrage ont ainsi pu être estimés par les formules classiques de déversoir. Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs obtenues.

Date	Niveau amont*	Niveau aval*	Chute	Q seuil	Q réhausse	Q total ouvrage	Hydrologie Ariège
28/04/2010	10.32	9.55	0.77 m	1.29 m <sup>3</sup> /s	90 l/s	1.38 m <sup>3</sup> /s	1.5 x module
06/09/2010	10.29	9.49	0.80 m	1.10 m <sup>3</sup> /s	60 l/s	1.16 m <sup>3</sup> /s	1.6 x QMNA5

(\*) : Les niveaux mentionnés font référence à une cote de 10.00 fixée arbitrairement comme étant la cote du seuil.

### ■ Evaluation de la franchissabilité de l'obstacle

Au vu des valeurs présentées précédemment, on constate que les variations de débit sur le site sont de l'ordre de 200 l/s pour des débits de l'Ariège de l'étiage à 1.2 fois le module.

La hauteur de chute lors des deux visites était de l'ordre de 80 cm. On retiendra **une chute maximale de 80 cm en conditions d'étiage**.

**Malgré une fosse d'appel en pied de chute d'environ 1 mètre, l'ouvrage s'avère difficilement franchissable pour les petits salmonidés et très difficilement franchissable pour l'anguille en raison d'une chute trop importante à jet plongeant sans passage rugueux en berge. Pour la lamproie marine, l'ouvrage peut être considéré comme infranchissable. Pour les grands salmonidés, l'ouvrage ne devrait pas poser de problèmes majeurs.**

**Concernant la dévalaison des poissons, l'ouvrage présente par contre aucun problème particulier (absence d'organes susceptibles d'occasionner des mortalités, matelas d'eau suffisant en pied de chute).**

**Au vu des zones granulométriquement favorables pour la reproduction des espèces lithophiles (salmonidés et éventuellement lamproies), il nous paraît intéressant d'améliorer la franchissabilité de ce site vis à vis notamment de la truite fario, de manière à offrir des zones de reproduction potentielles et des habitats favorables pour le grossissement des juvéniles relativement bien protégés (débit quasi stable, pas de crues, pas d'éclusées...).**

### 4.3. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

Nous proposons d'aménager le site par l'implantation de deux prébarrages en aval du seuil existant. Ces aménagements permettront de diviser la chute actuelle en trois chutes successives.

Ces prébarrages seront réalisés en béton armé (ou en enrochements liaisonnés) et implantés perpendiculairement à l'axe du cours d'eau sur l'ensemble de la largeur du chenal soit 5 m environ.

Une échancrure sera réalisée sur chacun des prébarrages pour constituer une zone de passage préférentielle pour le poisson. Ces échancrures seront implantées en position centrale des prébarrages.

Les aménagements pourraient avoir les dimensions suivantes :

- Longueur des prébarrages : 5 m
- Cote des prébarrages\* : prébarrage amont = 9.75 ; prébarrage aval = 9.45
- Dimensions des échancrures centrales (l x h) : 1.00 m x 0.35 m
- Charge moyenne sur l'échancrure : 0.60 m
- Tirant d'eau moyen : bassin amont = 1.55 m ; bassin aval = 1.25 m

Le montant estimatif des aménagements est présenté dans le tableau ci-dessous.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Mise hors d'eau	5 K€
Réalisation des prébarrages	15 K€
Terrassements, Déblais	5 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
TOTAL	45 K€

## **5. OUVRAGE 4 : SEUIL DU RESTAURANT DU MOULIN**

---

Cet ouvrage est situé sur le bras ouest du canal de Pamiers, à environ 250 mètres en amont du seuil du LIDL .

Il est constitué par un poteau téléphonique positionné dans le lit en travers des écoulements.



Vue du seuil depuis la rive gauche



Vue du seuil depuis l'aval

Ce mini seuil permet de dériver de l'eau dans un ancien canal d'amenée de moulin.

Ce moulin est aujourd'hui réhabilité en restaurant.

A la montaison, la chute observée demeure faible (< 20 cm) et peu variable au cours de l'année. Elle est facilement franchissable pour l'ensemble des espèces piscicoles et également pour l'anguille qui peut trouver si besoin, des zones propices à sa reptation.

A la dévalaison, l'obstacle ne présente aucune incidence sur le passage des poissons.

**Dans sa configuration actuelle, le seuil du restaurant du Moulin ne pose donc pas de problèmes à la circulation piscicole. Aussi il ne fera pas l'objet de proposition d'aménagement spécifique.**

## 6. OUVRAGE 5 : COURSIER DES FORGES

### 6.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Cet obstacle est situé 200 mètres environ en amont du seuil du restaurant du Moulin, sur le bras Ouest du canal. Le seuil est situé en aval immédiat du pont de la rue des Carmes. Il permet de stabiliser le lit en amont dans ce secteur urbanisé.



Vue de l'ouvrage depuis la rive gauche



Vue de la partie aval de l'ouvrage

### 6.2. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE

#### ■ Hydrologie et niveaux d'eau

Des relevés de lignes d'eau ont été réalisés lors de nos visites et les débits transitant au droit de l'ouvrage ont ainsi pu être estimés par les formules classiques de déversoir.

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs obtenues.

Date	Niveau amont*	Niveau aval*	Chute	Q seuil	Hydrologie Ariège
28/04/2010	10.22	9.33	0.89 m	1.38 m <sup>3</sup> /s	1.5 x module
06/09/2010	10.20	9.32	0.88 m	1.16 m <sup>3</sup> /s	1.6 x QMNA5

(\*) : Les niveaux mentionnés font référence à une cote de 10.00 fixée arbitrairement comme étant la cote du radier amont du coursier.

#### ■ Evaluation de la franchissabilité de l'obstacle

Au vu des valeurs présentées précédemment, on constate que les variations de débit sur le site sont de l'ordre de 200 l/s pour des débits de l'Ariège de l'étiage à 1.2 fois le module.

Les hauteurs de chute mesurées les jours des relevés sont de l'ordre de 90 cm. On retiendra **une chute maximale de 90 cm**.

Les écoulements sur le coursier du seuil sont problématiques pour la libre circulation des poissons par :

- **des tirants d'eau faibles** sur le coursier inférieurs à 10cm, ne permettant pas la nage des poissons,
- **des vitesses d'écoulement très fortes sur le coursier supérieures à 3m/s.**

**En l'état, l'ouvrage concerné s'avère donc infranchissable pour les salmonidés. Pour l'anguille, les zones de bordures constituent probablement des zones de passage préférentielles mais le substrat ainsi que les murs de soutènement en béton manquent de rugosité pour faciliter son franchissement par reptation.**

**A la dévalaison, l'ouvrage dans sa configuration actuelle ne doit pas poser de problèmes majeurs, notamment pour les petits individus (smolts) et pour l'anguille. Cependant il est possible que lors de la dévalaison des géniteurs les faibles tirants d'eau sur le coursier puissent occasionner quelques blessures (écaillage, etc.).**

**Au vu des difficultés évoquées pour le franchissement de cet obstacle dans sa configuration actuelle, il paraît intéressant d'envisager des aménagements pour faciliter le passage des poissons à la montaison.**

## **6.3. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT**

### **6.3.1. TYPE D'AMENAGEMENT**

#### **■ Aménagement d'un prébarrage aval**

Nous proposons tout d'abord de réduire la chute totale par l'implantation d'un prébarrage en aval du coursier. Ce prébarrage en béton permettra en créant une chute aval d'environ 30 cm, de réduire la chute à franchir par le coursier (60 cm résiduels) et de créer un bassin en pied de coursier afin d'augmenter le tirant d'eau (actuellement très faible).

Le prébarrage sera réalisé en béton armé ou en enrochements liaisonnés.

Une échancrure triangulaire ou rectangulaire sera aménagée sur le prébarrage pour créer une zone de passage préférentielle pour le poisson.

#### **■ Création d'une rampe rustique sur le coursier**

En complément du prébarrage on propose de réaliser au sein même du coursier une « rampe rustique ». Cette rampe sera positionnée en rive droite du coursier et équipée de blocs d'enrochements uniformément répartis afin de diminuer localement les vitesses d'écoulement et d'augmenter les tirants d'eau pour faciliter la progression des poissons.

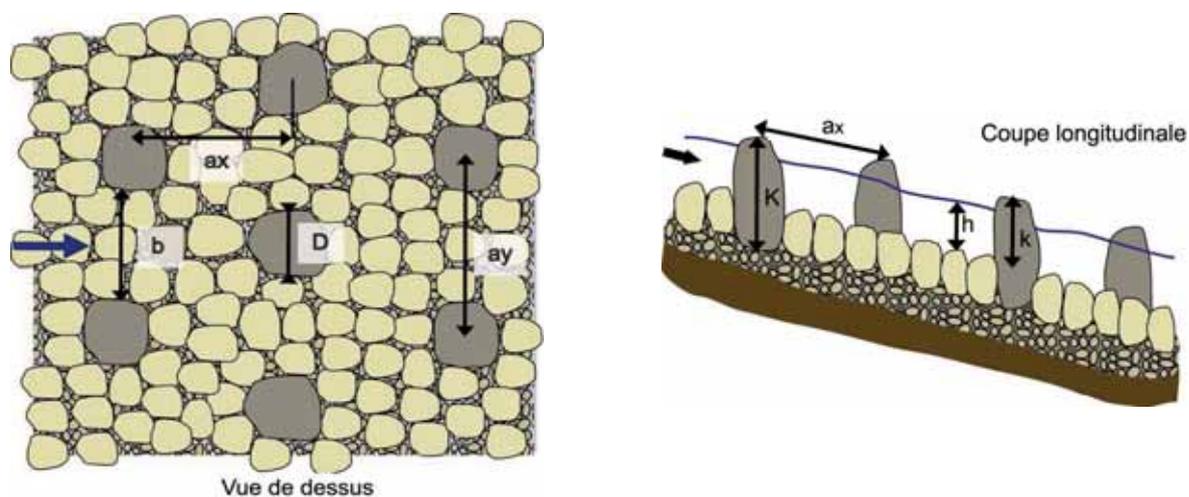
La rampe présentera un radier réalisé en enrochements. La pente de ce radier sera identique à celle du coursier soit 10%.

La rampe sera dimensionnée pour entonner un débit d'environ 900 l/s soit près de 70 % du débit total. Cet aménagement induira vraisemblablement une légère baisse du niveau amont d'environ 5 cm. La rampe permettra ainsi de rattraper un dénivelé d'environ 60 cm entre le bassin et le bief amont.



Passé « rustique » à enrochements régulièrement répartis de Carennac sur la Dordogne

Les schémas ci-dessous illustrent le principe de fonctionnement de ce type d'ouvrage.



Schémas de principe d'une rampe « naturelle » avec enrochements régulièrement répartis  
(d'après Larinier et al, 2006)

On réalisera au préalable un chenal dans le coursier, dans lequel viendra s'ancrer la rampe en enrochements. Le coursier sera ainsi dérocté sur 3 m de large environ sur 90 cm de hauteur pour réaliser ensuite la couche de fond en enrochements partiellement liaisonnés.

Les principales dimensions des aménagements pourront être les suivantes :

➤ **Prébarrage aval**

- Longueur du prébarrage : 7.50 m (largeur du chenal)
- Largeur du prébarrage : 0.30 m
- Cote du prébarrage : 9.45\*
- Dimension de l'échancrure (l x h) : 1.5 m x 0.3 m

➤ **Rampe rustique**

- Dimensions du chenal (l x h) : 3.00 m x 0.90 m
- Longueur développée de l'ouvrage : 6 m (longueur du coursier)
- Largeur de la rampe : 3 m
- Pente moyenne : 10 % (pente du coursier actuel)
- Diamètre moyen des enrochements de la couche de fond : 0.20 m
- Diamètre moyen des enrochements répartis (D) : 0.5 m
- Hauteur des enrochements répartis (K) : 1 m
- Hauteur utile des enrochements répartis (k) : 0.4 m
- Espacements entre blocs d'axe à axe ( $ax \approx ay$ ) : 1.4
- Hauteur d'eau moyenne (h) : 0.30 m

### 6.3.2. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des aménagements est présenté dans le tableau ci-dessous.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	10 K€
Mise hors d'eau	10 K€
Réalisation du pré barrage	5 K€
Réalisation du chenal rustique	15 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
<b>TOTAL</b>	<b>55 K€</b>

## 7. OUVRAGE 6 : SEUIL DU PARCOURS DE LA RESERVE

### 7.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage du parcours de la réserve de pêche, aussi appelé Vanne Lestang, se situe sur le bras Est de l'agglomération, le long du Boulevard d'Alsace-Lorraine.

A ce niveau le bras présente une largeur totale de 4.60 m. L'ouvrage se présente quasi perpendiculaire à l'axe d'écoulement.



Vue du seuil depuis l'aval



Vue du seuil depuis la rive droite

De la rive gauche à la rive droite, l'ouvrage présente les éléments suivants :

- un vannage de 0.75 m d'ouverture dont le seuil de vanne est calé 0.68 m sous la cote du seuil principal,
- le seuil déversant d'une longueur de 3.70 m,
- une réhausse de 0.50m de longueur calée 24 cm au dessus de la cote du seuil.

En fonctionnement normal, le vannage est maintenu en position ouverte et il assure le transit de la majeure partie du débit.

L'ouvrage ne présente pas d'usage spécifique à l'heure actuelle. Le seuil crée une retenue sur la partie amont (réserve de pêche, parcours de pêche), surplombée par de multiples passerelles d'accès aux habitations. La retenue est particulièrement colmatée par les sédiments fins.



retenue colmatée par les sédiments fins

## 7.2. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITE AU DROIT DE L'OUVRAGE

### ■ Hydrologie et niveaux d'eau

Deux visites du site ont été effectuées les 28 avril et 6 septembre 2010. Des relevés de lignes d'eau ont été réalisés à cette occasion et les débits transitant au droit de l'ouvrage ont ainsi pu être estimés par les formules classiques de déversoir. Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs obtenues.

Date	Niveau amont*	Niveau aval*	Chute	Q seuil	Q vanne	Q total ouvrage	Hydrologie Ariège
28/04/2010	10.08	9.55	0.53 m	0.15 m <sup>3</sup> /s	0.82 m <sup>3</sup> /s	0.97 m <sup>3</sup> /s	1.5 x module
06/09/2010	9.96	9.53	0.43 m	0.00 m <sup>3</sup> /s	0.64 m <sup>3</sup> /s	0.64 m <sup>3</sup> /s	1.6 x QMNA5

(\*) : Les niveaux mentionnés font référence à une cote de 10.00 fixée arbitrairement comme étant la cote du seuil.

### ■ Evaluation de la franchissabilité de l'obstacle

Au vu des valeurs présentées précédemment, on constate que les variations de débit sur le site sont de l'ordre de 300 l/s pour des débits de l'Ariège de l'étiage à 1.2 fois le module.

Les hauteurs de chute s'échelonnent alors entre 43 et 53 cm au droit de l'obstacle les jours des relevés. On retiendra de manière sécuritaire et pénalisante pour le poisson, **une chute maximale de 55 cm.**

Quelles que soient les conditions hydrologiques, le tirant d'eau sur la crête du seuil reste faible (8 cm à 1 m<sup>3</sup>/s).

Le vannage étant levé, la quasi-totalité du débit transite par le vannage. Les tirants d'eau sur le seuil de vanne varient respectivement de 65 à 76 cm à 0.64 m<sup>3</sup>/s et 0.97 m<sup>3</sup>/s. Le jet au niveau de la vanne est donc très plongeant.

L'absence de chanfreinage amont au niveau du vannage entraîne un pincement du jet au niveau du vannage, ce qui accentue la vitesse des écoulements.

**En l'état actuel l'ouvrage de la Vanne Lestang demeure sélectif pour les petits individus de salmonidés et difficilement franchissable pour les anguilles.**

Remarque : Lors de chacune de nos visites sur site, le vannage était maintenu en position ouverte. Dans le cas où ce vannage serait fermé, l'ensemble du débit viendrait alors transiter par le seuil principal occasionnant ainsi une hausse du niveau amont par rapport à l'état actuel de l'ordre de 20 cm. La chute maximale serait ainsi portée à environ 75 cm en configuration jet plongeant. L'ouvrage deviendrait ainsi totalement infranchissable pour l'anguille et difficilement franchissable pour les salmonidés.

**A la dévalaison, le site ne pose aucun problème particulier.**

**Le diagnostic de l'ouvrage dans sa configuration actuelle montre que ce dernier bien que franchissable en l'état par la majorité des salmonidés, reste tout de même sélectif, particulièrement pour l'anguille.**

**Au vu des enjeux moindres sur cet axe (comparativement à l'axe Ariège) et compte-tenu que l'ouvrage ne présente pas de fortes difficultés pour la circulation du poisson, il nous paraît peu prioritaire d'aménager un dispositif particulier sur ce site.**

**On peut toutefois améliorer le franchissement des petits individus en améliorant l'entonnement du débit par la vanne (chanfrein, déflecteur)**

**Un arasement partiel de l'ouvrage pourrait également être envisagé, car il permettrait non seulement d'améliorer le franchissement, mais également de recréer des zones lotiques en amont limitant ainsi le colmatage du fond par les sédiments fins. La zone amont pourrait alors être aménagée en complément de blocs permettant de diversifier l'habitat piscicole et valoriser ce parcours et cette réserve de pêche.**

**L'aménagement d'un pré barrage en aval permettant de diviser la chute en deux petites chutes pourrait également être envisageable mais le ratio bénéfice/coût nous paraît très faible.**

### **7.3. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT**

#### **■ Solution 1 : Aménagement d'un pré barrage aval**

Dans le cas où on souhaiterait améliorer le franchissement sur ce site, l'implantation d'un pré barrage en aval de l'ouvrage existant pourrait être une solution. L'aménagement permettrait alors de diviser la chute actuelle en deux chutes intermédiaires de l'ordre de 28 cm.

Ce pré barrage en béton armé réalisé transversalement à l'axe d'écoulement, permettrait également de rehausser la ligne d'eau en aval immédiat du seuil actuel et de diminuer ainsi les vitesses d'écoulement au niveau du vannage. Le jet au niveau du vannage sera également moins plongeant (jet plus de surface)

Rappelons qu'il est impératif que le vannage soit maintenu ouvert en permanence. Si la commune souhaitait gérer l'ouvrage à terme avec la vanne fermée, une échancrure devrait alors être réalisée en complément dans le seuil.

En complément, l'entonnement du débit par le vannage pourrait être amélioré en réalisant un chanfrein au niveau de l'échancrure.

Ce pré barrage d'environ 5 m de longueur, 0.3 m de largeur et d'environ 1.5 m de hauteur entraînerait un montant de l'opération proche de 20 K€ TTC.

Au vu du gain apporté par cet aménagement, notamment au regard des habitats en amont (colmatés), il nous paraît plus judicieux d'araser partiellement le seuil (échancrure dans le seuil plus ou moins large et profonde), de manière à abaisser la cote de la retenue en amont et donc de créer une chute franchissable au niveau de l'ouvrage restant.

## ■ Solution 2 : Arasement partiel du seuil

Le principe de l'aménagement consiste à abaisser la cote de déversement du seuil et d'y créer en complément une échancrure.

Cette échancrure permettra de créer une zone de passage préférentielle pour le poisson en offrant une lame d'eau plus importante pour faciliter son passage.

On préconisera un arasement partiel du seuil sur 20 cm de manière à abaisser d'autant la chute au droit de l'ouvrage. L'échancrure sera réalisée en position centrale du seuil.

Les principales caractéristiques dimensionnelles des aménagements sont les suivantes :

- Arasement du seuil : 20 cm sur la totalité de la longueur soit 3.7 m
- Echancrure (l x h) : 0.80m x 0.25 m

Cet abaissement permettra donc de créer des zones plus lotiques en amont diminuant ainsi les dépôts de sédiments fins.

Le parcours amont très homogène (faciès plat lentique sans caches piscicoles...) pourrait alors être diversifié par la mise en place de blocs d'enrochements, de manière à recréer des zones de caches pour les poissons et de diversifier les écoulements.

Cet aménagement devra alors être mené en partenariat avec l'APPMAA de Pamiers, la FDAAPPMA de l'Ariège et la commune de pamiers.

Le montant des opérations d'aménagement du seuil sera de l'ordre de 2 000 €. Ce chiffrage n'intègre pas les éventuels aménagements de diversifications des habitats sur le bief amont.

**GUILHOT**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La centrale de Guilhot située sur la commune de Bénagues, est l'usine la plus en aval du complexe de quatre centrales gérées par ONDULIA sur l'Ariège.

L'aménagement hydroélectrique de Guilhot construit en 1918, est régit par arrêté préfectoral du 27 octobre 1995, modifié le 23 juin 1997 autorisant le renouvellement de concession pour ONDULIA jusqu'en 2025.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive gauche à la rive droite, on recense successivement :

#### ➤ La prise d'eau et le clapet de décharge

La prise d'eau est constituée par 9 vannes indépendantes et identiques dont l'ouverture est asservie au niveau d'eau au droit de l'usine. Elles présentent les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 1.90 m
- Hauteur : 1.70 m
- Cote de seuil des vannages : 309.71 mNGF

Le canal d'amenée long d'environ 1.2 km transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique. Il court-circuite un linéaire d'environ 1.8 km entre la prise d'eau et la restitution des eaux turbinées en aval de l'usine.

Au niveau de la centrale, un déversoir de sécurité situé en rive droite est calé à la cote de 310.68 m NGF.

Un ouvrage de décharge est situé en rive gauche du barrage et à droite de la prise d'eau. Il est constitué d'un clapet de 8 m de large et de 2.30 m de haut. Le seuil est calé à la cote 308.42 mNGF.



Vue de la prise d'eau et du clapet de décharge



Vue du canal d'amenée

### ➤ **Le seuil en lui-même**

Le seuil de Guilhot est en seuil en béton réalisé en 1918 situé au lieu dit « La Plaine » sur la commune de Rieux de Pelleport.

L'ouvrage est incliné par rapport à l'axe principal des écoulements avec une extrémité aval localisée en rive gauche au niveau de la prise d'eau.

Il présente en rive droite une échancrure jouant le rôle de débit d'attrait pour la passe à poissons. Cette échancrure dans le barrage a également été conçue pour le passage des embarcations de type canoës-kayaks. Elle permet d'entonner un débit de 3.60 m<sup>3</sup>/s à la RN.

La hauteur de chute est de l'ordre de 2.15 m en période d'étiage.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du seuil sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 125 m,
- Cote d'arase du seuil : 310.62 mNGF,
- Dimensions de l'échancrure de débit d'attrait (l x h) : 5.75 m x 0.50 m
- Retenue normale (RN) : 310.57 mNGF



Vue du seuil depuis la rive droite



Vue de l'échancrure de débit d'attrait

### ➤ **La passe à poissons**

La passe à poissons est constituée d'une succession de trois prébarrages situés à l'extrémité amont du barrage en rive droite. Les prébarrages en béton implantés perpendiculairement à la crête du seuil créent ainsi 3 bassins successifs.

La hauteur de chute totale est donc divisée en une succession de 4 chutes.

Des échancrures pratiquées dans les prébarrages en béton, assurent la circulation du débit et un tirant d'eau suffisant pour constituer des zones de passage préférentielles pour le poisson.

La passe est alimentée par une échancrure dans le barrage (1.40 m x 0.65 m) à proximité de laquelle est positionnée une échelle limnimétrique permettant de contrôler le niveau d'eau dans la retenue. La passe ne présente aucun autre équipement annexe (grilles, etc.).

Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 1.15 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (310.57 m NGF). Pour rappel, une échancrure de débit d'attrait est présente dans le barrage à proximité de la passe.



Vue de la passe depuis le barrage



Vue de l'échancrure d'alimentation de la passe

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale de Guilhot est équipée de trois turbines de type Francis qui turbinent chacune un débit maximum de 9 m<sup>3</sup>/s sous 9.50 m de chute. (puissance autorisée = 2781 kW). Les eaux turbinées sont restituées à l'Ariège via un canal de fuite de près de 400 mètres de long débouchant à l'aval du pont de la RD 11 en rive gauche.

La cote d'exploitation à l'usine nécessaire au maintien de la RN au barrage est d'environ 310.45 m NGF. La cote de restitution est de 300.40 m NGF pour un débit en rivière correspondant au débit maximum turbinable.

L'usine de Guilhot est équipée de trois turbines, dont les caractéristiques tirées de l'étude Bosc et Larinier (2000) sont présentées ci-dessous :

- Type de turbine : FRANCIS
- Débit maximum turbiné : 9 m<sup>3</sup>/s pour chaque turbine
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 9.50 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 15
- Diamètre de la roue : 1.23 m
- Vitesse de rotation : 230 trs/min

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

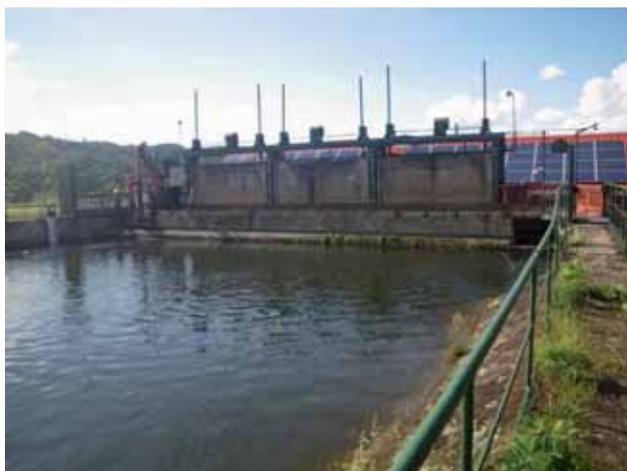
- Largeur du plan de grille : 18.50 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 60° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3.2-3.5 cm mesuré (3 cm réglementairement)
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique sur rail permet le nettoyage du plan de grille.

L'usine de Guilhot est actuellement équipée d'un exutoire de dévalaison situé en rive droite du canal d'amenée à l'amont immédiat du plan de grille. L'entrée d'eau est contrôlée en tête par une vanne. Le débit transitant par l'exutoire rejoint l'Ariège par un canal à surface libre. Le débit dans l'exutoire est de l'ordre de 1.8 m<sup>3</sup>/s en conditions de RN.

L'exutoire est en fonctionnement toute l'année.

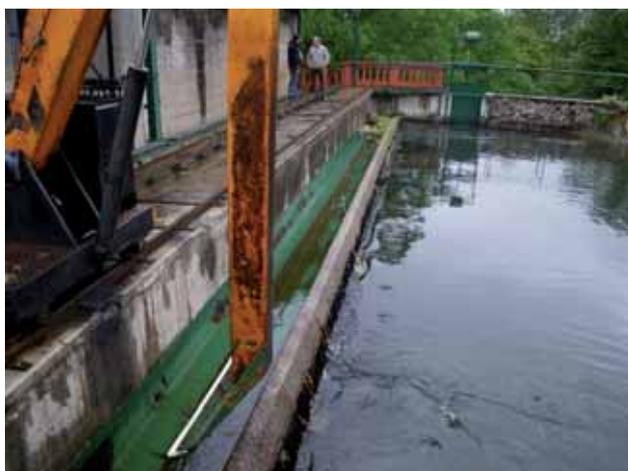
En rive gauche, une conduite Ø 500 mm servait antérieurement de goulotte de dévalaison. La prise d'eau s'effectue dans un bassin séparé du canal d'amenée par une grille. Ce dispositif est condamné par un madrier.



Vue de l'usine depuis la rive droite du canal d'amenée



Déversoir de sécurité en rive droite du canal d'amenée



Vue du plan de grille et du dégrilleur  
depuis la rive gauche



Vue du déversoir de sécurité depuis l'aval

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Guilhot (Bassin versant égal à 1 585 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

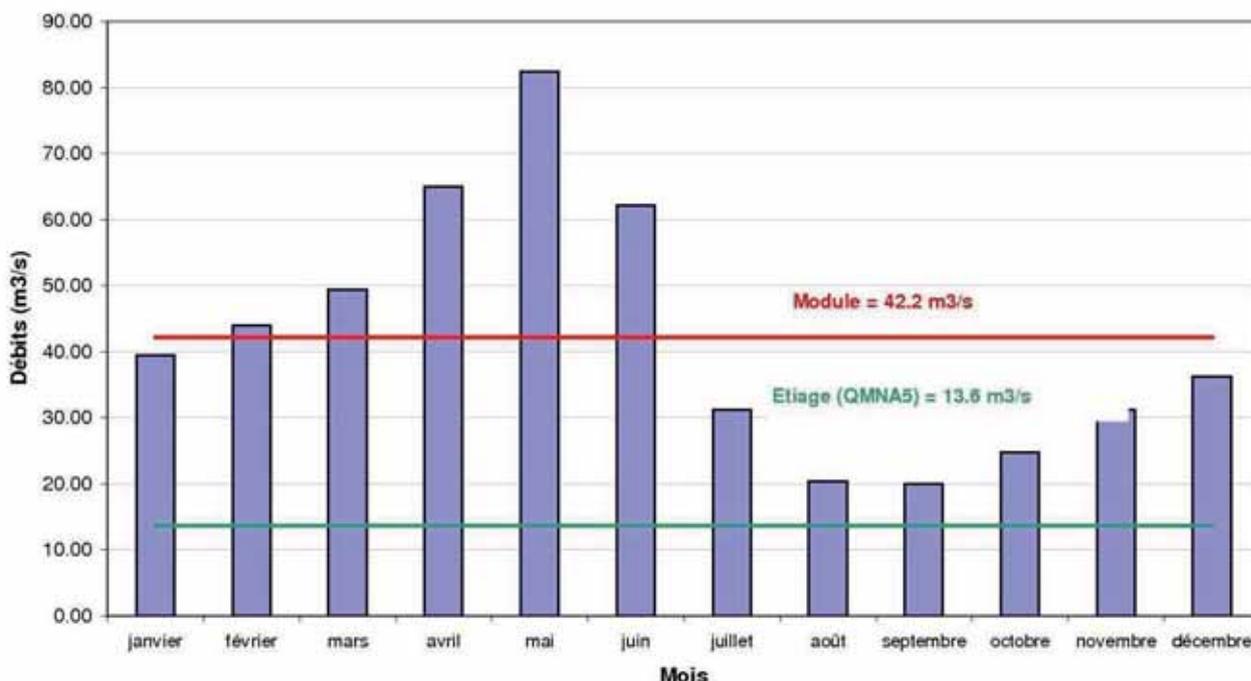
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- **Débit moyen interannuel (MODULE) :** **42.2 m<sup>3</sup>/s**
- **Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) :** **13.6 m<sup>3</sup>/s**

L'évolution des débits moyens mensuels à Guilhot est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

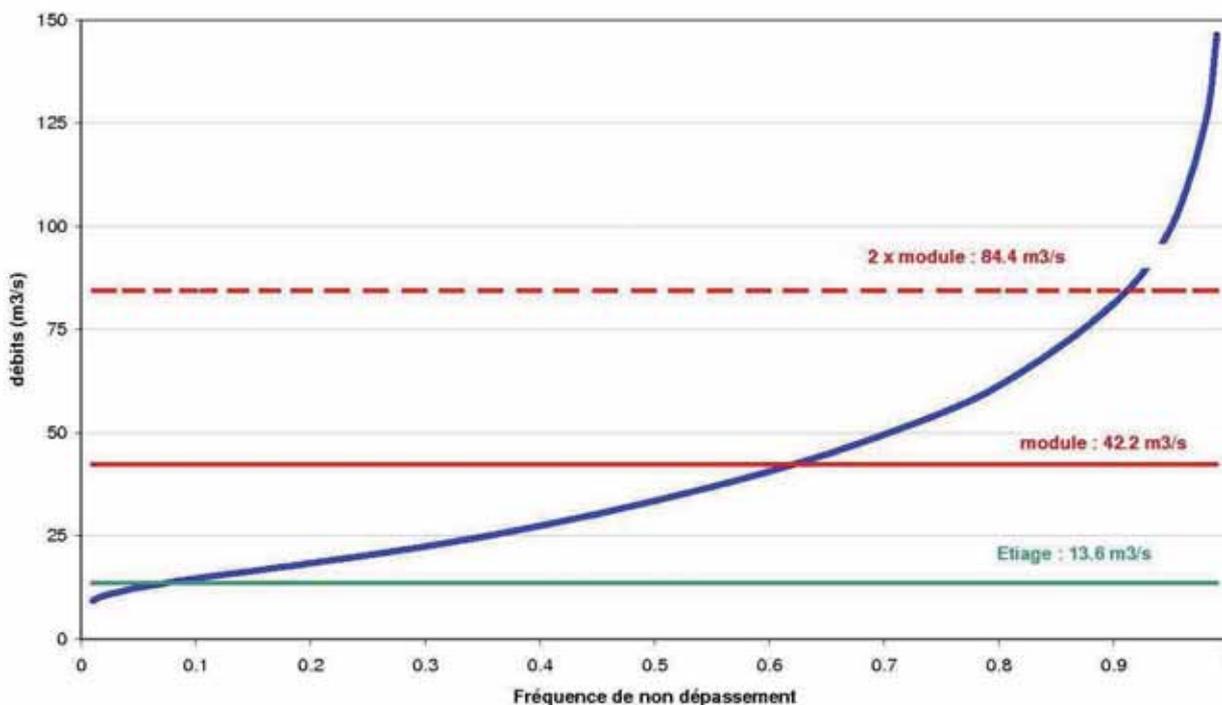
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
39.5	44.0	49.4	65.0	82.4	62.2	31.2	20.4	19.9	24.7	31.2	36.2



Evolution des débits moyens mensuels à Guilhot

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
146.3	125.1	99.7	81.1	61.2	49.5	40.5	33.5	27.4	22.3	18.3	14.6	12.4	10.4	9.2



### Evolution des débits classés sur l'année à Guilhot

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 195 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 260 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 310 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 410 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

Au titre de l'arrêté préfectoral d'autorisation de 1995, le débit réservé au barrage est de **4.8 m<sup>3</sup>/s** soit environ le 1/10<sup>ème</sup> du module.

La restitution de ce débit réservé à la RN est censée être assurée par les dispositifs de franchissement au barrage selon la répartition suivante : 1.2 m<sup>3</sup>/s par la passe à poissons et 3.6 m<sup>3</sup>/s par l'échancrure de débit d'attrait.

Au droit de l'usine, le débit entonné par l'exutoire rive droite à la RN est de 1.8 m<sup>3</sup>/s environ. L'exutoire rive gauche est quant à lui condamné par un madrier. Quelques écoulements peuvent avoir lieu mais ils demeurent faibles et sont négligés dans la répartition ci-dessous.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des installations.

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA5	Module
Q Ariège (m <sup>3</sup> /s)	39.5	44.0	49.4	65.0	82.4	62.2	31.2	20.4	19.9	24.7	31.2	36.2	13.6	42.2
Q turbiné (m <sup>3</sup> /s)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	24.6	13.8	13.3	18.1	24.6	27.0	7.0	27.0
Q dévalaison (m <sup>3</sup> /s)	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Q déversé barrage (m <sup>3</sup> /s)	10.7	15.2	20.6	36.2	53.6	33.4	4.8 (Qrés)	7.4	4.8 (Qrés)	13.4				

Rappelons que cette répartition des débits est une répartition théorique et l'on considère ici une régulation des niveaux d'eau à l'usine fonctionnelle permettant donc un débit de dévalaison stable.

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU BARRAGE

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site les 2 juin et 7 septembre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit à Guilhot	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
02/06/2010	69.4 m <sup>3</sup> /s (1.6 x module)	27 m <sup>3</sup> /s environ	310.81	309.07	1.74 m
07/09/2010	21.7 m <sup>3</sup> /s (1.6 x QMNA5)	18 m <sup>3</sup> /s environ	310.50	308.46	2.04 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- et en considérant un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau,

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège à Guilhot	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit exutoire dévalaison Qd (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait Qa (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil Qs (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	7.0	1.8	1.2	3.6	0.0	310.57	308.45	2.12 m
Module (42.2 m <sup>3</sup> /s)	27.0	1.8	1.6	5.1	6.7	310.72	308.71	2.01 m
1,5 x module (63.3 m <sup>3</sup> /s)	27.0	1.8	2.1	6.9	25.5	310.86	309.30	1.56 m
2 x module (84.4 m <sup>3</sup> /s)	27.0	1.8	2.6	8.6	44.4	310.98	309.89	1.09m

**Remarque** : Le débit de la passe à poissons mentionné ici est le débit entonné par l'échancrure d'alimentation. En réalité dès que le niveau d'eau dépasse la cote de déversement au barrage des déversements interviennent dans les différents bassins augmentant le débit réel transitant dans l'ouvrage. Le détail est fourni dans le diagnostic de la franchissabilité ci-après.

### **3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE**

---

#### **3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

##### **3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS**

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement constitué de 3 prébarrages formant une série de trois bassins successifs. Cet ouvrage est implanté en rive droite au niveau de l'extrémité amont du barrage.

La prise d'eau d'alimentation s'effectue dans la retenue par une échancrure dans le barrage. Une échancrure de débit d'attrait également réalisée dans le barrage permet l'injection d'un débit supplémentaire en pied de l'ouvrage de manière à augmenter son attractivité. Cette échancrure doit permettre également le franchissement de l'obstacle par les canoës.

**A la cote de la retenue normale, le débit réservé dans le TCC est restitué intégralement par la passe à poissons et par l'échancrure de débit d'attrait.**

Compte-tenu de la configuration des dispositifs, lors des déversements sur le seuil, une partie des écoulements rejoint directement les bassins de la passe et augmente donc le débit total entonné par l'ouvrage.

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Longueur développée de l'ouvrage : environ 18 m
- Dimensions de l'échancrure d'alimentation (l x h) : 1.40 m x 0.65 m
- Nombre de chutes : 4 chutes
- Hauteur de chute moyenne : 0.50 à 0.55 m
- Dimensions des bassins : variables

##### **3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE**

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

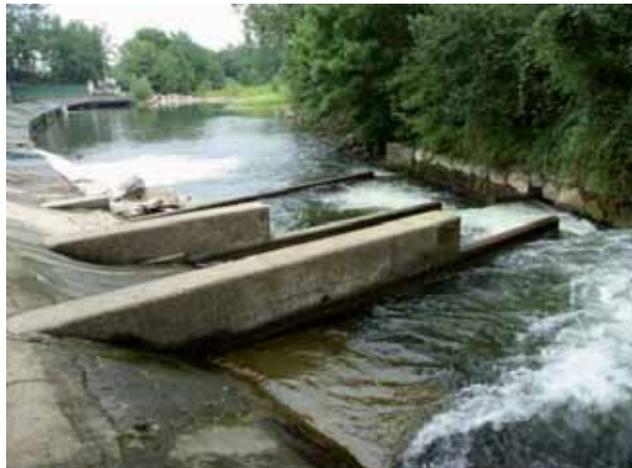
Débit Ariège à Guilhot	Débit aval barrage (Qb)	Débit seuil <sup>(1)</sup> (Qs)	Débit passe à poissons (Qpap) <sup>(1)</sup>	Débit d'attrait (Qa)	Chute max	Tirant d'eau moyen	Puissance dissipée max	Type de jet	Attractivité du dispositif (Qpap+Qa)/Qb	Attractivité du TCC <sup>(2)</sup> (Qb+Qd/Q Ariège)
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	4.8 m <sup>3</sup> /s	0.0 m <sup>3</sup> /s	1.2 m <sup>3</sup> /s	3.6 m <sup>3</sup> /s	0.55 m	1.30 m	320 W/m <sup>3</sup>	Plongeant	100 %	49 %
Module (42.2 m <sup>3</sup> /s)	13.4 m <sup>3</sup> /s	6.0 m <sup>3</sup> /s	2.3 m <sup>3</sup> /s	5.1 m <sup>3</sup> /s	0.56 m	1.40 m	460 W/m <sup>3</sup>	Plongeant	55 %	36 %
1,5 x module (63.3 m <sup>3</sup> /s)	34.5 m <sup>3</sup> /s	22.9 m <sup>3</sup> /s	4.7 m <sup>3</sup> /s	6.9 m <sup>3</sup> /s	0.53 m	1.60 m	650 W/m <sup>3</sup>	Plongeant	34 %	57 %
2 x module (84.4 m <sup>3</sup> /s)	55.6 m <sup>3</sup> /s	39.8 m <sup>3</sup> /s	7.2 m <sup>3</sup> /s	8.6 m <sup>3</sup> /s	0.54 m	1.85 m	830 W/m <sup>3</sup>	Plongeant	28 %	68 %

(1) Le débit de la passe à poissons tient ici compte des déversements qui s'ajoute au débit entonné par l'échancrure d'alimentation. Le débit déversé sur le seuil Qs correspond aux déversements ne rejoignant pas la passe.

(2) L'attractivité du TCC a été évaluée en tenant compte du débit de dévalaison qui se rajoute au débit aval barrage au niveau de l'usine de Guilhot.



Vue de la passe le 2 juin 2010  
(Q Ariège ≈ 1.6 x module)



Vue de la passe le 7 septembre 2010  
(Q Ariège ≈ 1.6 x QMNA5)

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du canal de fuite

Le canal de fuite de l'usine hydroélectrique est susceptible d'exercer une attractivité notable notamment en période de basses-eaux. En effet pour des débits de l'étiage au module, le débit en sortie du canal de fuite représente de l'ordre de 50 % à près de 65 % du débit total de l'Ariège. Il faut attendre des débits assez forts (1.5 fois le module), pour que le débit en fin de TCC soit plus important que le débit dans le canal de fuite.

Lors de la migration de montaison, cette répartition des débits est favorable pour qu'une part des poissons s'engage dans le canal de fuite plutôt que dans le TCC. Les poissons peuvent alors perdre du temps dans le canal de fuite d'autant plus que la longueur du canal de fuite est assez importante (de l'ordre de 380 m).

## ■ Attractivité de la passe au barrage

Au vu du débit qu'elle entonne, la passe à poissons bénéficie d'une bonne attractivité au droit du barrage. Le débit transitant dans l'ouvrage et par l'échancrure de débit d'attire à la totalité du débit du TCC en basses-eaux et 56% en eaux moyennes.

De plus, l'inclinaison du barrage est favorable car elle va guider les poissons vers la rive droite au niveau de la passe à poissons.

## ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

L'étude des conditions hydrauliques théoriques dans l'ouvrage montre que la passe à poissons peut s'avérer sélective pour le poisson pour plusieurs raisons :

- Des chutes importantes

A partir des mesures effectuées sur site et des simulations menées sur l'ouvrage, on constate que les chutes moyennes au niveau des cloisons sont proches de 55 cm. Si ces valeurs restent compatibles avec les capacités de saut des salmonidés, elles demeurent par contre très sélectives pour les anguilles d'autant plus que les jets sont plongeants..

Notons toutefois qu'avec l'augmentation du débit déversé au barrage en période de forte hydrologie, la passe a tendance à s'envoyer par l'aval. La chute aval a ainsi tendance à s'envoyer à partir de 1.5 x le module. A 2 fois le module et compte-tenu de l'élévation du niveau d'eau dans le bassin aval, la troisième chute n'est plus que de 4 cm. Les autres chutes et notamment les chutes amont restent toujours d'une cinquantaine de centimètres.

- Des puissances dissipées fortes

Le tableau présenté précédemment récapitule les puissances dissipées maximales obtenues au sein de la passe à bassin. Ces valeurs sont rencontrées au niveau du 1<sup>er</sup> bassin dont les dimensions sont nettement moins importantes que les deux autres bassins en aval. Jusqu'au module, les puissances dissipées obtenues restent acceptables (< 300 W/m<sup>3</sup>), en revanche pour des débits plus importants les turbulences deviennent fortes avec des puissances dissipées supérieures à 500 W/m<sup>3</sup>.

- Des conditions hydrauliques perturbées par les déversements au barrage

Lors de la montée des eaux et de l'apparition des déversements sur le seuil, une partie des eaux déversées rejoint les différents bassins de la passe. Ces déversements permettent de garantir une bonne attractivité de la passe.

Ces apports supplémentaires contribuent à générer des turbulences supplémentaires au sein de l'ouvrage particulièrement dans le bassin amont qui est celui présentant les dimensions les plus réduites. Il est également possible que des poissons engagés dans la passe tentent de franchir directement le barrage par son parement aval.

## ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Lors de nos visites sur site nous avons pu constater des écarts importants entre les chutes théoriques et celles mesurées sur le terrain.

En juin nous avons ainsi mesuré la chute amont à 65 cm et la seconde chute à 33 cm contre 55 cm théoriquement.

De plus lors de notre seconde visite en septembre, la chute amont était de 67 cm. Rappelons que ce jour là, la cote de la retenue était inférieure à la RN (-7cm) et que la passe n'entonnait donc pas le débit minimum réglementaire.

Nous avons pu constater également que la chute amont présentait une configuration particulière. L'échancrure est en effet pratiquée directement dans le seuil et présente une forme de « toboggan ».



Vue de la chute amont en septembre 2010

Cette configuration d'écoulement avec notamment un écoulement sur le seuil résiduel, réduit les possibilités de passage par saut et va inciter les poissons à essayer de franchir la chute par nage.

Cependant les vitesses d'écoulement sont fortes (>5 m/s) et le tirant d'eau est faible (< 15 cm), ce qui rend les conditions hydrauliques sélectives vis à vis des petits salmonidés notamment.

### ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

- Pourcentage de franchissement

En 2003 et 2004, les deux individus ayant franchi le seuil de Pébernat au cours de leur migration ont ensuite progressé rapidement jusqu'au barrage de Guilhot. Les deux saumons qui se sont présentés ont tous les deux franchi le seuil.

Le détail est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2003	2004	TOTAL
Individus se présentant à Guilhot	1	1	2
Individus parvenus à l'amont de Guilhot	1	1	2

- Durée de blocage induite par l'aménagement

En raison de l'absence de station de réception au niveau de l'obstacle, seule une durée maximale de blocage a pu être calculée. Elle doit être prise avec précaution.

En 2003, le saumon parvenu au barrage de Guilhot est parvenu à franchir l'ouvrage en moins d'une semaine. En 2004, le temps de blocage maximal du seul saumon parvenu à ce niveau est également de l'ordre d'une semaine.

Bien que l'effectif soit très réduit, on constate que l'ouvrage de Guilhot induit un blocage de plusieurs jours à la remontée mais que ces durées restent bien inférieures aux longues durées de blocages occasionnées par les aménagements aval tels Grépiac, Saverdun ou Pébernat.

- Conditions hydrologiques

En 2003, le saumon marqué transitant sur l'Ariège a passé l'obstacle de Pébernat fin octobre sur une montée d'eau (passage du QJM de 20 à 40 m<sup>3</sup>/s à Auterive) puis s'est rapidement présenté à Guilhot qu'il a franchi en moins d'une semaine. Les débits moyens journaliers sur cette période étaient de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/s à Auterive soit environ 2/3 du module.

En 2004, le seul saumon marqué parvenu au-dessus de Pébernat s'est présenté relativement tardivement dans l'année au droit de Guilhot après un important blocage à Pébernat. Il a franchi l'obstacle de Guilhot aux alentours du 20 novembre pour des débits moyens journaliers à Auterive de l'ordre de 35-40 m<sup>3</sup>/s également.

- Bilan du diagnostic

**Au vu des hauteurs de chutes entre cloisons, et de la configuration des chutes, l'ouvrage de franchissement actuel peut se révéler sélectif pour les salmonidés (difficultés de passage pour les plus petits individus) et difficilement franchissable pour l'anguille et la lamproie marine.**

**En ce qui concerne l'anguille, la forme du seuil et l'absence de rugosités marquées limitent fortement les possibilités de passage directement par le seuil.**

**Concernant la passe à poissons, le calage des cloisons est mal ajusté ce qui occasionne des déséquilibres sur la répartition des chutes dans l'ouvrage. Les configurations de l'échancrure et du bassin amont sont également pénalisantes et rendent difficile le franchissement de la chute amont.**

**L'attractivité du canal de fuite peut poser quelques problèmes d'autant que le canal de fuite est assez long.**

**Il nous paraît nécessaire de reprendre en priorité la passe à poissons au barrage, de manière à réduire les chutes entre bassins et notamment la chute amont. On préconise d'aménager un prébarrage supplémentaire en aval et de recaler les cotes des cloisons de manière à diviser la chute totale en 5 chutes contre 4 actuellement. Les chutes seront régulières et de l'ordre de 40 cm à l'étiage. Les échancrures seront adaptées au mieux pour faciliter le franchissement des anguilles et des lamproies (privilégier les jets de surface).**

**Dans un deuxième temps et avec une priorité moindre, il serait intéressant d'essayer de trouver des solutions permettant de réduire l'attractivité du canal de fuite de l'usine ou d'assurer le franchissement des poissons à l'usine.**

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	308.55	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	310.45	m NGF
Cote haut de grille :	310.9	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	18.5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	60	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	1.90	m
Longueur totale de la grille :	2.71	m
Longueur immergée totale de la grille :	2.19	m
Largeur totale du plan de grille :	18.5	m
Surface totale du plan de grille :	50	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	41	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	27	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.77	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.67	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.38	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est supérieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

Actuellement le site présente deux exutoires de dévalaison dans le canal d'amenée au droit de l'usine. Le second exutoire est condamné par un madrier.

Les caractéristiques dimensionnelles de ces ouvrages sont récapitulées ci-après.

➤ **Exutoire rive droite**

- Largeur : 1.10 m
- Cote de déversement : 309.50 m NGF d'après plan de recollement
- Débit à la RN : 1.80 m<sup>3</sup>/s
- Équipements annexes : vannage

Suite à une première campagne d'étude des conditions de dévalaison à l'usine une plaque de tranquillisation des écoulements a été installée au droit de l'exutoire.

L'exutoire de dévalaison est également équipé d'un système d'éclairage (lampe à mercure) pour maximiser son attractivité en phase de dévalaison nocturne.



Vue du vannage et de l'exutoire



Vue du canal de dévalaison en aval de l'exutoire

➤ **Ancien exutoire rive gauche (fermé)**

- Échancrure de 0.7 m calée à la cote 309.60 mNGF, prolongée par une conduite de diamètre Ø 500 mm
- Équipements annexes : prise d'eau protégée par des barreaux



Vue du bassin de prise d'eau de la goulotte en rive gauche



Goulotte de dévalaison rive gauche

### **3.2.3. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE**

Le débit entonné par l'exutoire est de 1.8 m<sup>3</sup>/s pour une cote dans le canal d'amenée à l'usine de 310.45 m NGF correspondant au maintien de la RN au barrage (310.57 m NGF). Dans ces conditions la charge sur le seuil de l'exutoire est de 95 cm.

Le débit ainsi entonné par l'exutoire correspond à près de 7 % du débit maximum turbiné à l'usine.

Des tests d'efficacité de l'ouvrage ont été menés in-situ en 2000 (Croze *et al.*, 2000) et 2001 (Croze *et al.*, 2001) sur différents lots de smolts de saumon atlantique lâchés dans le canal d'amenée en amont de l'usine.

Lors de la première année de suivi, l'efficacité de l'exutoire de dévalaison située en rive droite a été évaluée à 60,5 % et il avait été identifié des courants ascendants au droit de l'exutoire pénalisant son efficacité.

En 2001, suite à l'installation d'une plaque horizontale au droit de l'exutoire, **l'efficacité de ce dernier a finalement été estimée à 75 % au débit maximum turbiné. A noter que cette efficacité a été obtenue avec un éclairage du dispositif de dévalaison .**

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, **la perméabilité de la grille peut être considérée comme quasi-totale pour des anguilles de 70 cm.** (Notons tout de même qu'avec un espacement entre barreaux égal à l'écartement réglementaire, la perméabilité serait de l'ordre de 80%).

### **3.2.4. PROBLEMES SUPPLEMENTAIRES A LA DEVALAISON**

Compte-tenu de sa configuration, le canal de restitution des poissons vers le TCC est susceptible d'exercer des chocs et blessures sur les poissons.

Dès le passage de l'exutoire, la chute aval est importante (mesurée à près de 3 m le 2 juin 2010) et le tirant d'eau sur le coursier entre l'exutoire et le bassin de réception est un peu trop faible.

Les changements de direction se font à angle droit par l'intermédiaire de deux bassins de réception. Au niveau du bassin aval qui est relativement court (4 m environ), les écoulements présentent des vitesses très fortes (voisines de 8 m/s) et le jet vient buter contre les parois béton, ce qui peut occasionner des chocs et des phénomènes d'écaillage.



Forte chute en sortie de l'exutoire :  
Les tirants d'eau sur le coursier sont faibles



Bassin de réception aval sous-dimensionné pour  
dissiper correctement l'énergie :  
les risques de choc et d'écaillage sur le béton sont  
importants



Jet venant percuter la paroi béton au niveau du changement de direction dans  
le bassin de réception aval

### 3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

Chaque groupe présente des caractéristiques identiques, les taux de mortalités de chaque turbine sont donc identiques.

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 20 %** par Bosc et Larinier (2000).

Pour les anguilles, compte-tenu d'une taille nettement plus importante, **le taux de mortalité lors du passage par la turbine, est estimé à 46 %**.

### **3.2.6. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

il est possible d'estimer un taux de mortalité global de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguilles dévalants.

**Pour le site de Guilhot, les taux de mortalité générale au droit du site ont été estimés à 2 % pour les smolts et à 13 % pour les anguilles.**

### **3.2.7. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

L'efficacité de l'ouvrage actuel pour la dévalaison des smolts est plutôt satisfaisante (75%) au regard des résultats des études menées en 2000 et 2001.

Cependant, cette efficacité est conditionnée par l'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire.

Il semble donc indispensable de maintenir cet éclairage en période de dévalaison des smolts.

La restitution des poissons en aval de l'exutoire présente un certain nombre de dysfonctionnements risquant de provoquer des blessures ou des écaillages de poissons. Il paraît inévitable de procéder à l'amélioration du transit des poissons dans le canal de liaison actuel.

L'amélioration de l'efficacité de la dévalaison pourrait passer également par la réouverture de l'exutoire rive gauche en période de dévalaison des smolts.

En ce qui concerne la dévalaison de l'anguille, l'espacement entre barreaux ne peut en aucun cas garantir une barrière physique ou comportementale pour cette espèce. L'amélioration de la dévalaison pour cette espèce ne pourrait alors passer que par une réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille à 2 cm.

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

### 4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

Le diagnostic de la franchissabilité à la montaison a mis en relief deux difficultés principales à la montaison des poissons :

- un problème de sélectivité de la passe dans sa configuration actuelle due à des chutes importantes,
- un problème d'attractivité du canal de fuite à l'usine.

**Au barrage** pour rendre la passe moins sélective, un prébarrage aval sera aménagé et les cloisons seront recalées pour obtenir une répartition plus équilibrée des chutes au sein de l'ouvrage.

**A l'usine**, pour compenser les problèmes d'attractivité du canal de fuite, plusieurs scénarios peuvent être envisagés à savoir :

- La mise en place d'un ascenseur (du même type que l'aménagement proposé à Pébernat), dispositif composé d'une passe d'amenée à la cuve et de l'ascenseur à proprement parlé. Ce type d'ouvrage est extrêmement coûteux (chiffrage estimé à environ 450 K€ HT d'après le retour d'expérience sur d'autres sites et la configuration à l'usine).

- La réalisation d'un canal de liaison entre le canal de fuite et le TCC. Lors de notre visite du site en septembre 2010, nous avons regardé la possibilité d'aménager un canal de liaison entre le TCC et le canal de fuite. Le jour de la visite, la différence altimétrique entre le TCC et le canal de fuite était d'environ 95 cm, ce qui peut laisser penser qu'un tel canal est faisable mais une validation au moyen d'une étude spécifique sera nécessaire. Ce type d'ouvrage devrait se chiffrer à environ 300 K€ HT compte-tenu des contraintes de réalisation (chenal profond en béton armé).

- L'augmentation de l'attractivité du TCC par la mise en place d'un épi rocheux permettant de pincer l'écoulement associée à une augmentation du débit transitant dans le TCC.

En première approche, les deux premiers scénarios seraient excessivement coûteux, ce qui milite davantage pour la troisième option.

Ces aménagements sont détaillés ci-après.

#### 4.1.1. AMÉLIORATION DU FRANCHISSEMENT AU BARRAGE

Les aménagements proposés consisteront à aménager un prébarrage à l'aval de la passe actuelle. Il prendra appui en rive gauche sur le seuil et viendra s'ancrer en rive droite sur la berge. Ce prébarrage sera réalisé en béton armé et sera implanté en amont de la restitution du débit d'attrait. Une échancrure sera aménagée pour permettre de créer une zone de passage préférentielle pour le poisson.

Le prébarrage supplémentaire sera aménagé à environ 8 m en aval du prébarrage aval actuel. Il sera réalisé en béton armé.

La longueur du prébarrage sera de l'ordre de 16 m.

En complément, les cloisons existantes et les échancrures seront reprises pour assurer une répartition équilibrée des niveaux d'eau dans l'ouvrage et conserver des chutes compatibles avec les capacités de franchissement de la truite fario.

Ces échancrures seront bien chanfreinées pour assurer un bon entonnement du débit et éviter tout décollement de la ligne d'eau.

Au total, la chute totale sera divisée en 5 chutes d'environ 40 cm de moyenne. Ainsi, le niveau d'eau dans le bassin amont sera augmentée d'environ 25 cm, ce qui permettra de faciliter le passage de la chute amont (noyage du coursier) et permettra de mieux dissiper l'énergie provoquée par la chute amont.

Le débit de fonctionnement de la partie existante ainsi que le débit d'attrait ne seront pas modifiés. Le débit circulant dans le dernier bassin et déversé sur le prébarrage sera constitué du débit circulant dans la passe ainsi que du débit déversé sur le seuil et rejoignant directement le bassin aval.

#### **4.1.2. AMELIORATION DE L'ATTRACTIVITE DU TRONÇON COURT CIRCUITE**

L'amélioration de l'attractivité du tronçon court-circuité passera par l'aménagement d'un épi en enrochements liaisonnés de manière à augmenter les vitesses d'écoulement en sortie du tronçon court-circuité.

Cet épi devra être dimensionné en fonction des différents débits susceptibles d'être rencontrés dans le TCC, y compris en période de crue, de manière à s'assurer du fonctionnement hydraulique de la zone en période de migration du poisson mais également en crue pour éviter d'éventuels problèmes d'érosion en berges.

Pour améliorer l'efficacité de cet aménagement, on pourrait également augmenter le débit transitant dans le TCC. Cela aurait pour double avantage de permettre d'améliorer son attractivité au droit de la connexion avec le canal de fuite mais également d'améliorer les habitats au sein même du TCC. En effet le linéaire court-circuité est important (environ 1.8 km) et présente des potentialités d'habitats intéressantes notamment pour la truite fario.

#### **4.1.3. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS**

Le montant estimatif des travaux est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Mise hors d'eau	10 K€
Réalisation d'un bassin supplémentaire	10 K€
Reprise des cloisons en amont	5 K€
Mise en place d'un épi en sortie du TCC	10 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
<b>TOTAL</b>	<b>55 K€</b>

## **4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON**

### **4.2.1. AMELIORATION DE LA RESTITUTION DES POISSONS**

L'exutoire de dévalaison de Guilhot semble fonctionnel puisque son efficacité a été évaluée à 75%. Cependant, pour garantir une telle efficacité, il est indispensable de maintenir l'éclairage nocturne allumé.

En revanche, l'ouvrage de restitution des poissons au TCC n'est pas satisfaisant et il est indispensable de l'améliorer.

L'amélioration passera par une reprise du profil du coursier en aval de l'exutoire, de manière à assurer un tirant d'eau suffisant (25-30 cm) jusqu'au bassin de réception.

De plus, il est indispensable de reprendre les dimensions du bassin de réception aval.

En effet, le bassin aval long de 3.8 m et long, large de 2 m et profond d'environ 90 cm est insuffisant pour assurer une bonne dissipation de l'énergie avant le changement de direction.

Il paraît donc indispensable d'augmenter le volume du bassin et plus particulièrement sa longueur. Le bassin pourrait être prolongé vers l'amont de manière à doubler à minima sa longueur.

On pourrait profiter du prolongement vers l'amont pour augmenter le tirant d'eau dans le bassin d'environ 50 cm.

En complément, il sera nécessaire de rehausser les murs du bassin de réception et de reprendre le passage enterré en aval du bassin.

Ce canalet enterré pourrait être repris par un autre canalet à ciel ouvert et recouvert d'un caillebotis carrossable.

### **4.2.2. REOUVERTURE DU DISPOSITIF DE DEVALAISON EN RIVE GAUCHE**

Au vu de la largeur du plan de grille et des vitesses normales au plan de grille, il pourrait être intéressant de réouvrir l'exutoire situé en rive gauche en période de dévalaison.

Cette réouverture ne devrait pas engager de travaux particuliers au niveau du plan de grille.

Cependant, le transit des poissons vers le canal de fuite devra être analysé et éventuellement repris pour assurer des tirants d'eau et des vitesses d'écoulement adaptées pour éviter tout risque de blessure des poissons.

On peut d'ores et déjà penser que le coude formé par la conduite D500 soit incompatible avec une bonne restitution des poissons. Cette portion pourrait éventuellement être remplacée par un bassin de réception aménagé à l'extérieur de l'usine.

La réouverture de l'exutoire permettrait d'entonner un débit de l'ordre de 600 l/s, soit environ 2.2 % du débit maximum turbiné.

Le bassin devra avoir un volume suffisant pour assurer la dissipation de l'énergie de la chute. La puissance dissipée au sein du bassin ne devra pas excéder 1000 W/m<sup>3</sup>.



Restitution de l'exutoire rive gauche qui nécessitera sûrement une reprise

#### 4.2.3. MODIFICATION DU PLAN DE GRILLE

Nous avons vu précédemment que le plan de grille actuel présente un espacement entre barreaux légèrement supérieur à l'espacement autorisé dans le règlement d'eau et surtout trop important si l'on souhaite traiter la dévalaison de l'anguille.

Aussi, afin d'évaluer la faisabilité technique de la mise en place d'un nouveau plan de grille, nous avons procédé à une comparaison des pertes de charges induites par la réduction de l'espacement entre barreaux par rapport au plan de grille actuel. Les autres caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées.

De manière à assurer une bonne barrière comportementale et/ou physique, nous avons vu qu'il est nécessaire d'avoir un **espacement entre barreaux de 20 mm**.

Pour limiter les pertes de charge et les risques de blocage entre les barreaux de petits corps flottants, nous préconisons d'installer des barreaux de **8 mm d'épaisseur** ayant une forme arrondie.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la formule de Meusburger suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,

- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille actuel (espacement entre barreaux de 3.5 cm) et projeté (espacement entre barreaux de 2 cm) en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT = 3.5 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.21	0.45	0.72
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.030	0.030	0.030
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>
<b>PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT = 2 CM, barreaux arrondis)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.030	0.030	0.030
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.09</b>

Les calculs de pertes de charge réalisés avec réduction de l'écartement inter-barreaux, montrent que la réduction de l'espacement n'induit pas d'augmentation très importante des pertes de charges au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Afin d'améliorer les conditions de dévalaison des anguilles argentées, il pourra donc être envisagé d'installer un nouveau plan de grille dont l'espacement entre les barreaux serait égal à 2 cm. La forme des barreaux devra être à minima arrondie pour limiter les pertes de charges.

Cette réduction du plan de grille permettrait également d'améliorer significativement la dévalaison des smolts et ce malgré une vitesse normale au plan de grille supérieure à 0.5 m/s, vitesse normale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

Une reprise du râteau du dégrilleur pourra également être nécessaire.

#### 4.2.4. MONTANT ESTIMATIF DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux en rive droite est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Terrassements, démolitions	5 K€
Prolongement du bassin vers l'amont et rehausses diverses	15 K€
Reprise de la partie aval actuellement enterrée	5 K€
Reprise du coursier au niveau de l'exutoire, y compris caillebotis	5 K€
Études diverses, divers et imprévus	10 K€
<b>TOTAL</b>	<b>45 K€</b>

Le montant estimatif des travaux en rive gauche est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Réalisation d'un bassin de réception	30 K€
Études diverses, divers et imprévus	10 K€
<b>TOTAL</b>	<b>45 K€</b>

Le montant estimatif des travaux pour le remplacement du plan de grille est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Remplacement du plan de grille	35 K€
Études diverses, divers et imprévus	10 K€
<b>TOTAL</b>	<b>50 K€</b>

Dans le cas où les trois améliorations sont réalisées de manière simultanée, le montant total des travaux s'élèverait à 120 K€ HT environ (15% de réduction).

# **LAS MIJEANNES**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La centrale de Las Mijeannes est située en amont de l'usine de Guilhot et appartient également à ONDULIA. L'usine hydroélectrique est située sur la commune de Rieux de Pelleport tandis que le barrage et la prise d'eau sont implantés sur la commune de Varilhes.

L'aménagement hydroélectrique de Las Mijeannes construit en 1918, est régi par arrêté préfectoral du 27 octobre 1995, modifié le 23 juin 1997 autorisant le renouvellement de concession pour ONDULIA jusqu'en 2025.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive gauche à la rive droite on recense successivement :

#### ➤ La prise d'eau et le clapet de décharge

La prise d'eau est constituée par 3 vannes indépendantes et identiques dont l'ouverture est asservie au niveau d'eau au droit de l'usine. Elles présentent les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 7.50 m
- Hauteur : 2.02 m
- Cote de seuil des vannages : 314.69 m NGF

Le canal d'amenée long d'environ 500 m transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique.

La longueur du tronçon court-circuité (TCC) est d'environ 1.4 km.

Un ouvrage de décharge est situé en rive gauche du barrage au niveau de la prise d'eau. Il est constitué d'un clapet de 7.80 m de large pour 2.55 m de hauteur et dont le pied de seuil est calé à la cote 314.12 m NGF.

#### ➤ Le seuil en lui même

Le seuil de Las Mijeannes est un seuil béton réalisé en 1918 situé au lieu dit « Mélic » sur la commune de Varilhes.

L'ouvrage se présente incliné par rapport à l'axe principal des écoulements avec une extrémité aval localisée en rive gauche au niveau de la prise d'eau. Il présente en rive droite une échancrure jouant le rôle de débit d'attrait pour la passe à poissons. Cette échancrure dans le barrage a également été conçue pour le passage des embarcations de type canoës-kayaks. **Elle entonne un débit de 3.20 m<sup>3</sup>/s à la cote de la RN.** Une échelle limnimétrique apposée contre le seuil en rive droite dans la retenue permet de contrôler le niveau d'eau de la retenue et ainsi la restitution du débit réservé.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du seuil sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 200 m,
- Cote d'arase du seuil : 316.06 mNGF,
- Dimensions de l'échancrure de débit d'attrait (l x h) : 5.10 m x 0.50 m
- Retenue normale (RN) : 316.06 mNGF



Vue du seuil depuis la rive droite



Vue de l'échancrure de débit d'attrait

### ➤ La passe à poissons

La passe à poissons se situe à l'extrémité amont du barrage en rive droite. Le dispositif de franchissement est constitué d'un prébarrage créant un grand bassin.

La chute totale est divisée par deux chutes (une chute au niveau d'une échancrure dans le barrage et une chute au niveau du prébarrage aval)

Des échancrures rectangulaires pratiquées dans la cloison en béton, assurent la circulation du débit et un tirant d'eau suffisant pour constituer une zone de passage préférentielle pour le poisson.

La passe est alimentée par une échancrure dans le barrage (1.95 m x 0.40 m). Au sein de cette échancrure, on observe une seconde échancrure plus profonde (0.50 m x 0.40 m) qui permet un tirant d'eau plus important pour le passage des poissons. Cette seconde échancrure est en position centrale de la première.

**Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 1.28 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (316.06 m NGF).** Pour rappel, une échancrure de débit d'attrait est présente dans le barrage à proximité de la passe permet d'entonner un débit de 3.2 m<sup>3</sup>/s à la RN.

Echancrure débit d'attrait

Echancrure alimentation passe à poissons



Vue de la passe depuis le barrage



Vue de l'échancrure d'alimentation de la passe

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale de Las Mijeannes est équipée de quatre turbines de type KAPLAN ESAC qui turbinent chacune un débit maximum de 10 m<sup>3</sup>/s sous 5 m de chute. Le débit maximal turbiné à l'usine est donc de 40 m<sup>3</sup>/s (puissance autorisée = 1883 kW). Les eaux sont restituées à la rivière par l'intermédiaire d'un canal de fuite long d'environ 80 m.

La cote d'exploitation à l'usine nécessaire au maintien de la RN au barrage est d'environ 315.85 m NGF. La cote de restitution est de 311.20 mNGF pour un débit en rivière correspondant au débit maximum turbinable.

L'usine de Mijeannes est équipée de quatre turbines, dont les caractéristiques tirées de l'étude Bosc et Larinier (2000) sont présentées ci-dessous :

- Type de turbine : Kaplan
- Débit maximum turbiné : 10 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 5.00 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 1.54 m
- Vitesse de rotation : 240 trs/min

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 25.50 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 64° p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille. Une goulotte alimentée par pompage évacue les déchets vers le canal de décharge située en rive droite.

Le canal d'amenée en rive droite en amont du plan de grille présente un déversoir de sécurité. En cas de déclenchement à l'usine ou de forte hydraulité, les eaux déversées empruntent un canal d'évacuation en béton en rive droite de l'usine. Une vanne de décharge (1.00 m x 0.77m) est également présente en rive droite à l'amont immédiat du plan de grille.

L'usine de Las Mijeannes est équipée de d'un dispositif de dévalaison. L'exutoire est situé en rive droite du canal d'amenée à l'amont immédiat du plan de grille. L'entrée d'eau est contrôlée par un clapet maintenu en permanence ouvert.

Cet exutoire transite en conditions de RN au barrage, un débit d'environ 0.7 m<sup>3</sup>/s. Il est ouvert toute l'année. Le débit transitant par l'exutoire s'écoule dans un canal de dévalaison en béton qui rejoint l'aval en pied des groupes.



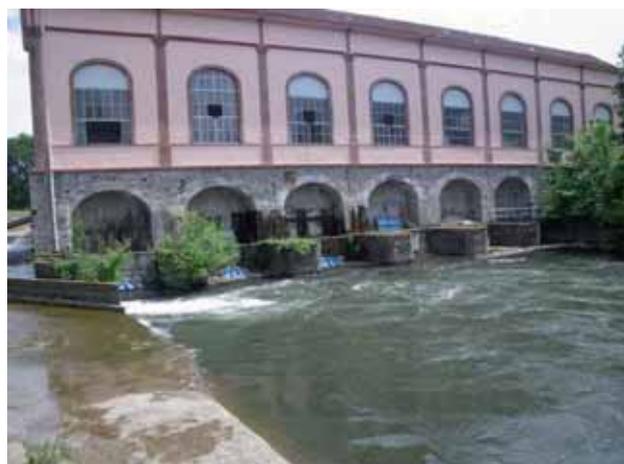
Vue de l'usine depuis la rive gauche du canal d'amenée



Vue du plan de grille depuis la rive droite du canal d'amenée



Vue du déversoir de sécurité et de la sortie de l'exutoire de dévalaison



Vue du canal de fuite de l'usine de Las Mijeannes

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Las Mijeannes (Bassin versant égal à 1 585 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

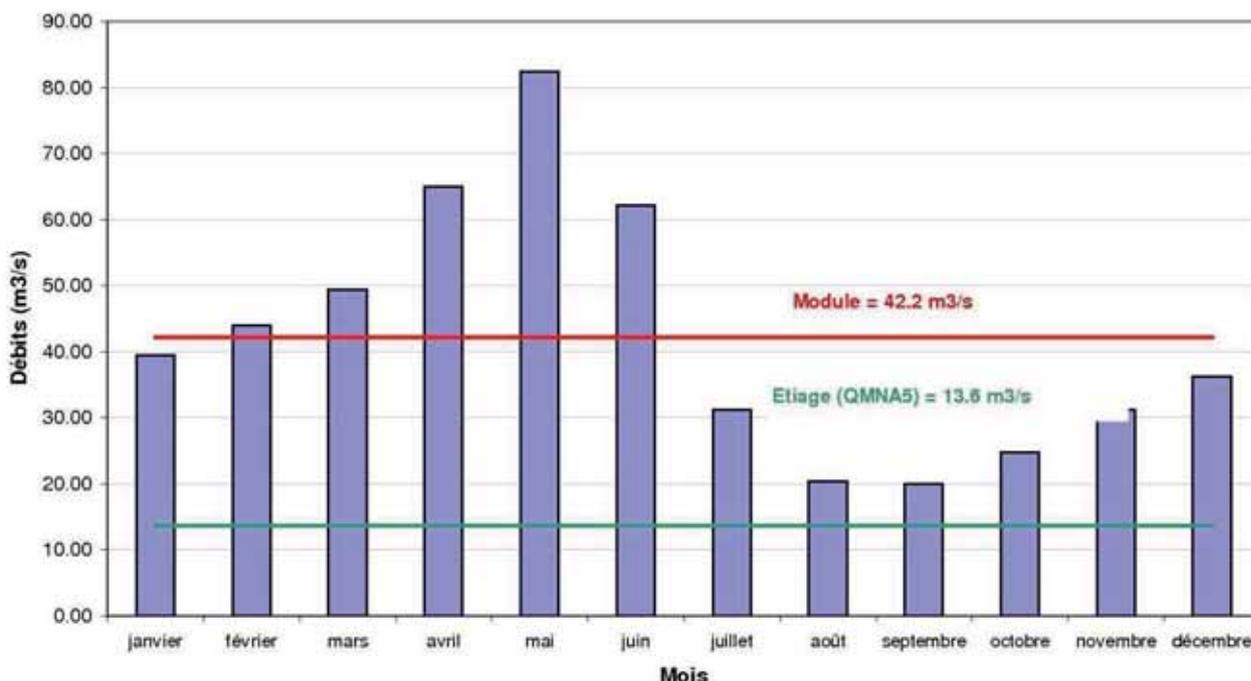
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- **Débit moyen interannuel (MODULE) :** 42.2 m<sup>3</sup>/s
- **Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) :** 13.6 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels à Las Mijeannes est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

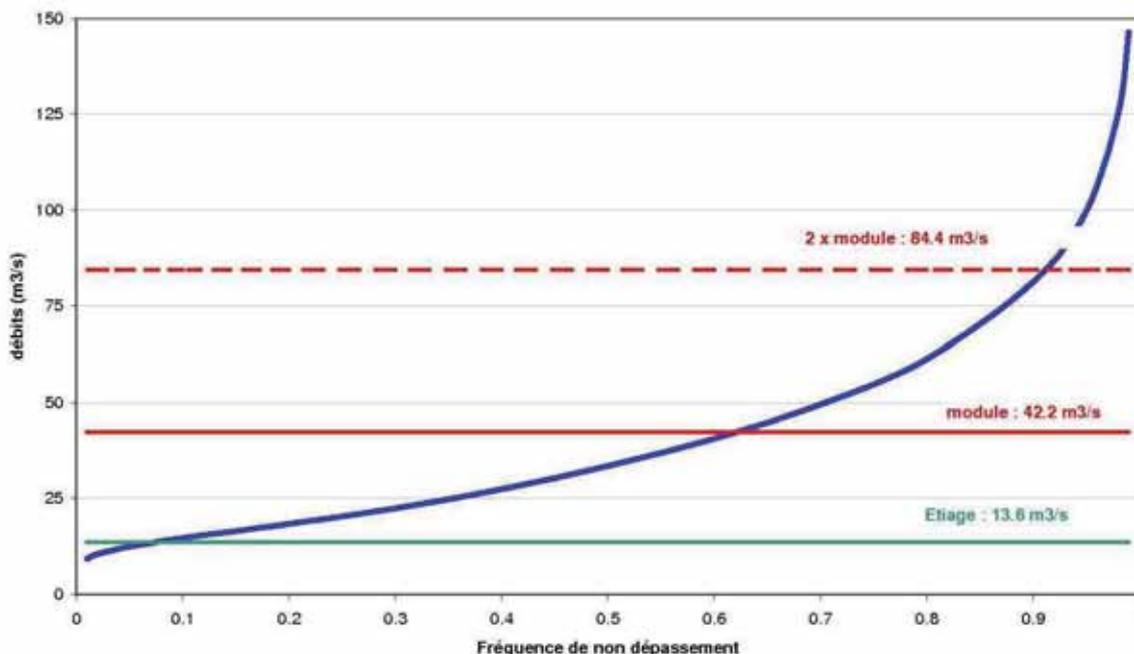
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
39.5	44.0	49.4	65.0	82.4	62.2	31.2	20.4	19.9	24.7	31.2	36.2



#### Evolution des débits moyens mensuels à Las Mijeannes

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
146.3	125.1	99.7	81.1	61.2	49.5	40.5	33.5	27.4	22.3	18.3	14.6	12.4	10.4	9.2



### Evolution des débits classés sur l'année à Las Mijeannes

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 195 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 260 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 310 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 410 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantiennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

Au titre de l'arrêté préfectoral d'autorisation de 1995, le débit réservé au barrage est de **4.7 m<sup>3</sup>/s**.

La restitution de ce débit réservé à la RN est assurée par les dispositifs de franchissement au barrage selon la répartition suivante : 1.3 m<sup>3</sup>/s par la passe à poissons et 3.4 m<sup>3</sup>/s par l'échancrure de débit d'attrait.

Au droit de l'usine, le débit entonné par l'exutoire rive droite à la RN est de 0.7 m<sup>3</sup>/s environ.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des installations.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	QMNA5	Module
Q Ariège (m3/s)	39.5	44.0	49.4	65.0	82.4	62.2	31.2	20.4	19.9	24.7	31.2	36.2	13.6	42.2
Q turbiné (m3/s)	34.1	38.6	40.0	40.0	40.0	40.0	25.8	15.0	14.5	19.3	25.8	30.8	8.2	36.8
Q dévalaison (m3/s)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Q TCC (m3/s)	4.7 (Qrés.)	4.7 (Qrés.)	8.7	24.3	41.7	21.5	4.7 (Qrés.)							

Rappelons que cette répartition des débits est une répartition théorique et l'on considère ici une régulation des niveaux d'eau à l'usine fonctionnelle permettant donc un débit de dévalaison stable.

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU BARRAGE

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site les 2 juin et 7 septembre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différents conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées au barrage sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit à Las Mijeannes	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
02/06/2010	69.4 m3/s (1.6 x module)	40 m3/s	316.28	315.79	0.49 m
07/09/2010	21.7 m3/s (1.6 x QMNA5)	Non connu	316.01	315.33	0.68 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants en considérant un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau :

Débit Ariège à Las Mijeannes	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit exutoire dévalaison Qe (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait Qa (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil Qs (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	8.2	0.7	1.3	3.4	0.0	316.06	315.35	0.71 m
Module (42.2 m <sup>3</sup> /s)	36.8	0.7	1.3	3.4	0.0	316.06	315.35	0.71 m
1,5 x module (63.3 m <sup>3</sup> /s)	40.0	0.7	4.1	6.1	12.4	316.30	315.65	0.65 m
2 x module (84.4 m <sup>3</sup> /s)	40.0	0.7	5.8	7.3	30.6	316.40	316.10	0.30 m

Remarque : Dès que le niveau d'eau dépasse la cote du barrage des déversements interviennent dans le bassin augmentant ainsi rapidement le débit entonné au sein de la passe à poisson.

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement constitué d'un prébarrage en béton armé formant ainsi un grand bassin triangulaire en pied de seuil. Cet ouvrage est implanté en rive droite au niveau de l'extrémité amont du barrage.

La prise d'eau d'alimentation s'effectue dans la retenue par une échancrure principale dans le barrage au sein de laquelle une échancrure secondaire a été réalisée.

Une échancrure de débit d'attrait également réalisée dans le barrage permet l'injection d'un débit supplémentaire en pied de l'ouvrage de manière à augmenter son attractivité. Cette échancrure doit permettre également le franchissement de l'obstacle par les canoës.

**A la cote de la retenue normale, le débit réservé dans le TCC est restitué intégralement par l'échancrure de la passe à poissons et par le débit d'attrait.**

Compte-tenu de la configuration des dispositifs, lors des déversements sur le seuil, une partie des écoulements rejoint directement le bassin de la passe et augmente donc le débit total en sortie de l'ouvrage.

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Dimensions de l'échancrure principale (l x h) : 1.95 m x 0.40 m
- Dimensions de l'échancrure secondaire (l x h) : 0.50 x 0.40 m (profondeur indiquée par rapport au seuil de l'échancrure principale)
- Nombre de chutes : 2 chutes de 0.35 m en moyenne



Vue de passe le 2 juin 2010



Vue de la passe le 7 septembre 2010

### 3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège à Las Mijeannes	Débit TCC (Qtcc)	Débit seuil (Qs)	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit d'attrait (Qa)	Chute max	Tirant d'eau moyen	Type de jet	Puissance dissipée max	Attractivité du dispositif (Qpap+Qa)/Qtcc	Attractivité du TCC (Qtcc/Q ariège)
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	4.7 m <sup>3</sup> /s	0.0 m <sup>3</sup> /s	1.3 m <sup>3</sup> /s	3.4 m <sup>3</sup> /s	0.51 m	0.80 m	Plutôt surface	65 W/m <sup>3</sup>	100 %	35 %
Module (42.2 m <sup>3</sup> /s)	4.7 m <sup>3</sup> /s	0.0 m <sup>3</sup> /s	1.3 m <sup>3</sup> /s	3.4 m <sup>3</sup> /s	0.51 m	0.80 m	Plutôt surface	65 W/m <sup>3</sup>	100 %	11 %
1,5 x module (63.3 m <sup>3</sup> /s)	22.6 m <sup>3</sup> /s	12.4 m <sup>3</sup> /s	4.1 m <sup>3</sup> /s	6.1 m <sup>3</sup> /s	0.52 m	1.03 m	Plutôt surface	155 W/m <sup>3</sup>	45 %	36 %
2 x module (84.4 m <sup>3</sup> /s)	43.7 m <sup>3</sup> /s	30.6 m <sup>3</sup> /s	5.8 m <sup>3</sup> /s	7.3 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	1.35 m	Plutôt surface	95 W/m <sup>3</sup>	30 %	52 %

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du canal de fuite

Le canal de fuite de l'usine hydroélectrique est susceptible d'exercer une attractivité importante en comparaison du TCC. Compte-tenu de la répartition des débits et de la capacité de production à l'usine, le TCC ne transite que 35 % environ du débit à l'étiage et à 1.5 x le module. Pour des débits de l'Ariège proche du module, la part du débit dans le TCC est encore moindre puisque l'usine peut potentiellement turbiner jusqu'à 90 % du débit de l'Ariège. A 2 fois le module, le débit du TCC est sensiblement équivalent au débit du canal de fuite.

Lors de la migration de montaison, une part importante des poissons doit ainsi s'engager dans le canal de fuite (80 m de long environ) plutôt que dans le TCC car le débit y est plus important.



Vue de la restitution du canal de fuite de l'usine



Vue de la restitution du canal de fuite : on aperçoit l'écoulement marqué en provenance de l'usine susceptible d'attirer les poissons dans le canal de fuite.

Pour les poissons remontés jusqu'au pied des groupes, le débit issu de la dévalaison est susceptible de les inciter à s'engager dans le canal de restitution de la dévalaison, puisqu'il n'y a actuellement aucune structure qui puissent les empêcher de tenter de sauter vers le canal de dévalaison.

Les poissons qui s'y engageraient se retrouveraient bloqués en raison de chutes trop importantes conjuguées à des tirants d'eau trop faibles et des turbulences trop fortes. Les risques de blessures et d'écaillage lors des tentatives de franchissement peuvent être importants.



Restitution du débit de dévalaison susceptible d'attirer les poissons



Les poissons engagés dans le canal de dévalaison ne pourront pas rejoindre le canal d'amenée (chutes importantes et tirants d'eau faibles).

### ■ Attractivité de la passe au barrage

Au vu du débit qu'elle entonne, la passe à poissons bénéficie d'une bonne attractivité. Le débit dans l'ouvrage additionné au débit d'attrait représente 100 % du débit dans le TCC de l'étiage au module. La passe conserve également une attractivité satisfaisante jusqu'à 2 fois le module ou la part du débit dans les dispositifs représente près de 30 % du débit total dans le TCC.

De plus, la configuration du seuil (incliné) devrait naturellement guider les poissons vers la passe à poissons située à l'extrémité amont du seuil.

### ■ Conditions hydrauliques dans l'ouvrage

L'étude des conditions hydrauliques au sein même de la passe ne révèle pas de grandes difficultés pour le franchissement de l'ensemble des espèces.

La hauteur de chute maximum est de l'ordre d'une cinquantaine de centimètres. Il s'agit de la chute amont entre le bassin et la retenue. La chute aval est quant à elle de l'ordre d'une vingtaine de centimètres en basses-eaux et tend à se réduire par noyage aval avec l'augmentation du débit déversé au barrage.

Compte-tenu de ces valeurs l'ensemble des espèces doit pouvoir franchir la passe et notamment la chute amont sans difficultés du fait d'une part, d'un tirant d'eau suffisant dans le bassin et d'autre part, de l'échancrure secondaire pratiquée dans l'échancrure principale et qui offre une lame d'eau conséquente pour le passage du poisson et forme un jet plutôt de surface.

Bien que les débits entonnés par l'ouvrage puissent être importants (jusqu'à 5.75 m<sup>3</sup>/s à 2 fois le module), le volume d'eau conséquent dans le bassin assure une bonne dissipation de l'énergie et des puissances dissipées largement satisfaisantes.

### ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Les chutes observées lors de nos visites de terrain sont sensiblement équivalentes aux chutes théoriques calculées en simulant le fonctionnement de l'ouvrage.

La passe ne semble donc pas présenter de dysfonctionnements par rapport au fonctionnement théorique. Notons toutefois que le calage de la cloison aval provoque une chute amont qui reste importante et une répartition inégale de la chute totale à franchir (0.50 m à la chute amont et 0.20 m à la chute aval)

### ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

- Pourcentage de franchissement

En 2003 et 2004, les deux individus ayant franchi le seuil de Pébernat au cours de leur migration ont ensuite progressé rapidement jusqu'au barrage de Las Mijeannes après avoir passé les obstacles de Pamiers et de Guilhot (durée de blocage à Guilhot de l'ordre d'une semaine). Les deux saumons qui se sont présentés ont tous deux franchi le seuil.

Le détail est fourni dans le tableau ci-dessous.

Année de suivi	2003	2004	TOTAL
Individus se présentant à Las Mijeannes	1	1	2
Individus parvenus à l'amont de Las Mijeannes	1	1	2

- Durée de blocage induite par l'aménagement

En raison de l'absence de station de réception au niveau de l'obstacle, seule une durée maximale de blocage a pu être calculée. Elle est donc à prendre avec précaution.

Les durées de blocage pour les poissons parvenus au pied du barrage ont été estimées à environ 3 jours.

Bien que l'effectif soit très réduit, on constate que l'ouvrage de Las Mijeannes n'induit qu'un blocage limité dont la durée reste bien inférieure aux longues durées de blocages occasionnées par les aménagements aval tels Grépiac, Saverdun ou Pébernat.

- Conditions hydrologiques

En 2003, le saumon marqué transitant sur l'Ariège a passé l'obstacle de Pébernat fin octobre sur une montée d'eau (passage du QJM de 20 à 40 m<sup>3</sup>/s à Auterive) puis s'est rapidement présenté à Las Mijeannes fin octobre - début novembre. Les débits moyens journaliers enregistrés à Auterive sur la période correspondante étaient de l'ordre de 30 à 40 m<sup>3</sup>/s (2/3 du module environ).

En 2004, le saumon s'est présenté et a franchi le seuil de Las Mijeannes fin novembre période où les débits moyens journaliers enregistrés à Auterive étaient de l'ordre de 30 m<sup>3</sup>/s.

## ■ Bilan du diagnostic

L'ouvrage de franchissement actuel ne pose pas de difficultés majeures de franchissement aux poissons se présentant au pied du barrage car il bénéficie d'une bonne attractivité et de conditions hydrauliques favorables. Cependant le diagnostic montre deux chutes inégales au sein de l'ouvrage, la chute amont demeurant sélective pour les plus petits individus.

On préconisera donc de reprendre le calage de la cloison aval de manière à obtenir une répartition plus homogène des chutes et réduire ainsi la chute amont.

Le point le plus problématique demeure l'attractivité du canal de fuite. Les poissons qui l'empruntent ne trouvent pas de possibilités de franchissement à l'usine. Il est cependant probable qu'une partie des individus tentent de s'engager dans le canal de dévalaison sans parvenir à gagner le canal d'amenée en raison de fortes chutes (risques de blessures).

Avant de procéder à des aménagements particuliers à ce niveau, il semble judicieux de vérifier par des observations visuelles en période de migration de la truite, si des tentatives de passage sont avérées. Si des tentatives étaient réellement constatées, on pourrait alors envisager d'aménager la restitution de la dévalaison de telle sorte que les poissons engagés dans le canal de fuite ne puissent l'emprunter.

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	312.15	m NGF
Cote du niveau d'eau (CE) :	315.85	m NGF
Cote haut de grille :	316.4	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	25.5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	63	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	3.70	m
Longueur totale de la grille :	4.77	m
Longueur immergée totale de la grille :	4.15	m
Largeur totale du plan de grille :	25.5	m
Surface totale du plan de grille :	122	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	106	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

<b>CONDITIONS D'ECOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)</b>		
Débit turbiné :	40	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.42	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.38	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.19	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est inférieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### **3.2.2. PRESENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS**

Le site est actuellement équipé d'un dispositif de dévalaison implanté à l'usine. Il s'agit d'un exutoire pratiqué dans le mur bajoyer rive droite du canal d'amenée. Le débit transitant par l'ouvrage est contrôlé par un clapet mobile. Aujourd'hui, le dispositif de dévalaison est ouvert en permanence.

Les déversements par le clapet rejoignent un bassin de réception lequel alimente ensuite un canal de liaison en béton qui achemine les eaux et les poissons dévalants en pied des groupes dans le canal de fuite.

Les caractéristiques dimensionnelles de ces ouvrages sont récapitulées ci-après.

- Largeur : 2.13 m
- Cote de déversement : 315.53 m NGF
- Débit à la RN : 0.7 m<sup>3</sup>/s
- Équipements annexes : bassin de réception + canal de dévalaison en aval

L'exutoire de dévalaison est équipé d'un système d'éclairage (lampe à mercure) pour maximiser son attractivité en phase de dévalaison nocturne. Il fonctionne en continu toute la nuit (21 h à 8 h).



Vue de l'exutoire



Déversements de l'exutoire  
dans le bassin de réception

### 3.2.3. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

L'exutoire dans sa configuration actuelle entonne un débit de l'ordre de 700 l/s à la cote d'exploitation. Ce débit correspond à peine à 2 % du débit maximum turbiné à l'usine et reste donc très faible. Nous avons pu observer lors de nos visites sur site qu'en fonctionnement normal (usine turbinant au Qmax et exutoire ouvert), il n'y avait que de très faibles courants tangentiels au plan de grille susceptibles de guider les poissons vers l'exutoire. De plus ces courants ne se forment que sur le tiers rive droite du plan de grille.

En rive gauche, on peut observer une importante zone de recirculation des écoulements qui peut réduire les possibilités d'accès à l'exutoire pour les poissons dévalant de ce côté du canal d'amenée.

Dans cette configuration et au vu de l'espacement entre barreaux (3 cm), le plan de grille actuel ne doit donc pas constituer une barrière physique ou/et comportementale efficace pour les poissons.

L'étude de Croze *et al.* (2000) confirme ces éléments puisque les tests menés sur des lots de smolts montrent une efficacité relativement faible.

**L'efficacité de l'exutoire de dévalaison a ainsi été évaluée en moyenne à 32.3 %.** Il est mentionné que cette valeur est faible et présente une importante variabilité suivant le fonctionnement des groupes, dont les priorités changent en fonction du nombre d'heures turbinées.

Rappelons que ces tests ont été menés avec un éclairage en fonctionnement améliorant l'efficacité globale du dispositif.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, **la perméabilité de la grille peut être estimée à environ 80% pour des anguilles de 70 cm** compte-tenu de l'espacement entre barreaux de 3 cm (espacement conforme à l'arrêté).

### 3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

Chaque groupe présente des caractéristiques identiques, les taux de mortalités de chaque turbine sont donc identiques.

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 9 %** par Bosc et Larinier (2000).

Pour les anguilles, compte-tenu d'une taille nettement plus importante, **le taux de mortalité lors du passage par la turbine, peut être estimé à 63%.**

### 3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Las Mijeannes le taux de mortalité générale au droit du site peut être estimé à 4 % pour les smolts et 19 % pour les anguilles.**

### 3.2.6. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON

Actuellement l'exutoire existant entonne un débit faible (moins de 2 % du débit turbiné) et présente une efficacité mauvaise limitée à environ 32 %. De plus le canal d'amenée est relativement large, de même que le plan de grille et l'on observe d'importantes zones de recirculation des écoulements en rive opposée à l'exutoire. L'ensemble de ces éléments limite d'autant l'attractivité de l'exutoire.

L'aménagement de Las Mijeannes présente un taux de mortalité globale important estimé à 4 % pour les smolts ce qui en fait le 3<sup>ème</sup> ouvrage le plus problématique à l'aval de Labarre après Pébernat et Las Rives.

Il est donc indispensable d'améliorer la dévalaison sur ce site. Pour le smolt, l'idéal serait de réaliser deux exutoires supplémentaires (un exutoire central et un exutoire latéral en rive gauche) associés à une augmentation du débit de dévalaison à au moins 2 m<sup>3</sup>/s soit 5% du débit maximum turbiné. Au vu des contraintes du site, la mise en place de l'exutoire central paraît difficilement envisageable. Aussi, il paraît donc impératif de réduire l'espacement entre barreaux à 2 cm et de créer tout de même un exutoire rive gauche et de maintenir l'augmentation du débit de dévalaison à 2 m<sup>3</sup>/s.

En complément, cette réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille à 2 cm maximum permettra d'améliorer la dévalaison de l'anguille.

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

### 4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

Le diagnostic de la franchissabilité à la montaison a mis en relief deux difficultés principales à la montaison des poissons :

- un problème de calage des chutes de la passe existante au barrage,
- un problème d'attractivité du canal de fuite à l'usine.

**A l'usine**, avant d'entreprendre des travaux d'aménagement, il conviendrait de réaliser une étude spécifique afin de vérifier les tentatives de passages de géniteurs par le système de dévalaison.

**Au barrage** pour rendre la passe moins sélective, la cloison aval sera recalée afin d'équilibrer les chutes.

La cloison aval sera reprise afin d'augmenter le niveau d'eau dans le bassin. Il s'agira de redimensionner l'échancrure actuelle et de reprendre sa cote d'arase de manière à rehausser le niveau dans le bassin et réduire la chute amont.

La chute totale au barrage actuelle d'environ 70 cm (50 + 20 cm) sera ainsi divisée en deux chutes équivalentes d'environ 35 cm rendant la passe moins sélective.

La cloison aval présente une réhausse au niveau du pied du seuil. Cette réhausse sera conservée à l'identique. Les recalages seront opérés uniquement sur la cloison et l'échancrure.

Les principales dimensions de l'aménagement sont récapitulées ci-dessous.

- Longueur totale de la cloison : 11 m
- Cote d'arase de la cloison : 315.55 m NGF
- Dimensions de l'échancrure (l x h) : 2.00 m x 0.30 m
- Cote d'arase de l'échancrure : 315.25 m NGF

Le débit de fonctionnement de l'ouvrage ne sera pas modifié par rapport à l'état actuel.

Le tableau ci-après reprend le fonctionnement général de l'ouvrage en fonction des niveaux d'eau :

Débit Ariège à Las Mijeannes	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit d'attrait (Qa)	Niveau amont (mNGF)	Niveau bassin (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute max	Tirant d'eau moyen	Type de jet	Puissance dissipée max
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	1.3 m <sup>3</sup> /s	3.4 m <sup>3</sup> /s	316.06	315.69	315.35	0.37 m	0.95 m	Plutôt surface	40 W/m <sup>3</sup>
Module (42.2 m <sup>3</sup> /s)	1.3 m <sup>3</sup> /s	3.4 m <sup>3</sup> /s	316.06	315.69	315.35	0.37 m	0.95 m	Plutôt surface	40 W/m <sup>3</sup>
1,5 x module (63.3 m <sup>3</sup> /s)	4.1 m <sup>3</sup> /s	6.1 m <sup>3</sup> /s	316.30	315.96	315.65	0.34 m	1.20 m	Plutôt surface	90 W/m <sup>3</sup>
2 x module (84.4 m <sup>3</sup> /s)	5.8 m <sup>3</sup> /s	7.3 m <sup>3</sup> /s	316.40	316.24	316.10	0.16 m	1.50 m	Plutôt surface	45 W/m <sup>3</sup>

Le montant estimatif des travaux en rive droite est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Reprise du pré barrage aval	5 K€
Études diverses, divers et imprévus	5 K€
<b>TOTAL</b>	<b>15 K€</b>

## 4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON

### 4.2.1. AMENAGEMENT D'UN NOUVEL EXUTOIRE EN RIVE GAUCHE

#### ■ Type d'aménagement

L'exutoire existant à Las Mijeannes ne présente pas une efficacité suffisante pour assurer une dévalaison des poissons satisfaisante. Les principaux problèmes sont un débit d'alimentation trop faible en comparaison du débit turbiné et un manque d'attractivité pour les poissons qui dévaleraient en rive gauche du canal d'amenée. Ce secteur présente d'ailleurs d'importantes zones de recirculation en amont immédiat du plan de grille.

De plus, le plan de grille ne permet pas d'assurer une barrière physique pour les poissons dévalants.

Pour améliorer la dévalaison sur le site de Las Mijeannes, on propose d'aménager un second exutoire de surface en rive gauche du canal d'amenée à l'amont du plan de grille.

Il sera également aménagé un système de restitution des poissons pour assurer le transfert des poissons vers le canal de fuite. Cette goulotte transitera en rive gauche de l'usine.

#### ■ Débit de fonctionnement

L'exutoire sera dimensionné pour entonner un débit d'environ **1.3 m<sup>3</sup>/s** à la cote d'exploitation normale de 315.85 mNGF, ce qui représente environ 3.2 % du débit maximum turbiné.

Cet exutoire sera maintenu ouvert toute l'année.

L'exutoire rive droite pourra être ouvert uniquement en période de dévalaison des smolts soit du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin. Le débit total alloué à la dévalaison sur cette période sera ainsi de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/s soit environ 5 % du débit total turbiné.

### ■ Dimensionnement

Les principales dimensions de l'exutoire aménagé pourraient être les suivantes :

- Largeur : 1.75 m
- Cote de déversement : 315.08 m NGF
- Charge sur le seuil de l'exutoire à la Cote d'Exploitation : 0.77 m

Cependant, au vu de l'absence de données topographiques, on pourrait, si le besoin s'en faisait ressentir, diminuer un peu le tirant d'eau (50 cm) en élargissant la largeur de l'exutoire.

### ■ Équipements complémentaires

Le débit de la dévalaison pourrait transiter par un canal ou une goulotte transitant au niveau d'un ancien pertuis positionné en rive gauche.

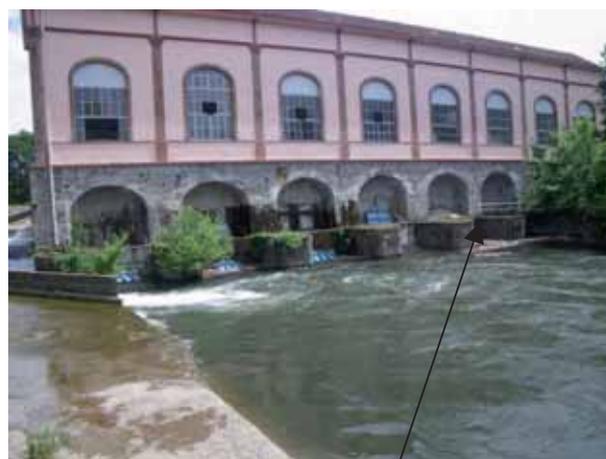
L'absence de plans topographiques (plans et coupes) au niveau de l'usine ne permet pas de détailler plus en détail cette restitution et l'implantation de l'exutoire rive gauche. On tachera dans tous les cas d'implanter l'exutoire au plus près du plan de grille.

Un clapet sera installé permettant de contrôler le débit entonné par l'exutoire et les conditions hydrauliques au niveau de l'exutoire.

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.



Zone d'implantation du futur exutoire



Ancien pertuis pouvant être utilisé pour la restitution de la dévalaison en rive gauche

#### 4.2.2. MODIFICATION DU PLAN DE GRILLE

Nous avons vu précédemment que le plan de grille actuel présente un espacement entre barreaux d'environ 3 cm, trop important si l'on souhaite traiter la dévalaison de l'anguille.

La modification du plan de grille par une réduction de l'espacement entre barreaux permettrait de traiter la dévalaison des smolts et des anguilles de manière simultanée. Cette réduction du plan de grille n'empêcherait pas toutefois la mise en place d'un nouvel exutoire en rive gauche.

Aussi, afin d'évaluer la faisabilité technique de la mise en place d'un nouveau plan de grille, nous avons procédé à une comparaison des pertes de charges induites par la réduction de l'espacement entre barreaux par rapport au plan de grille actuel. Les autres caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées.

De manière à assurer une bonne barrière comportementale et/ou physique, nous avons vu qu'il est nécessaire d'avoir un **espacement entre barreaux de 20 mm**.

Pour limiter les pertes de charge et les risques de blocage entre les barreaux de petits corps flottants, nous préconisons d'installer des barreaux de **8 mm d'épaisseur**.

Nous considérerons également la mise en place de barreaux de forme rectangulaire.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la formule de Meusburger suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille actuel (espacement entre barreaux de 3 cm) et projeté (espacement entre barreaux de 2 cm) en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT = 3 CM)			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.27	0.55	0.84
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.89	0.89	0.89
$V_A^2 / 2g$	0.009	0.009	0.009
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>
PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT = 2 CM, barreaux arrondis)			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.89	0.89	0.89
$V_A^2 / 2g$	0.009	0.009	0.009
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>

Les calculs de pertes de charge réalisés avec réduction de l'écartement inter-barreaux, montrent que la réduction de l'espacement n'induit pas d'augmentation très importante des pertes de charges au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Afin d'améliorer les conditions de dévalaison des anguilles argentées et des smolts, il pourra donc être envisagé d'installer un nouveau plan de grille dont l'espacement entre les barreaux serait égal à 2 cm.

#### Variante :

On peut imaginer qu'au vu des vitesses d'approche et des pertes de charges, une réduction plus importante de l'espacement entre barreaux à 1.5 cm puisse être envisagée de manière à créer une barrière physique totale à la fois pour les anguilles mais également pour les smolts. Dans ce cas, on peut penser que la mise en place de l'exutoire rive gauche pourrait être évitée, à condition toutefois que le débit de l'exutoire rive droite soit à minima doublé (1.5- 2 m3/s).

#### ■ Montant estimatif des aménagements

Le montant estimatif des travaux relatif à l'exutoire en rive gauche est récapitulé dans le tableau ci-dessous. Le montant reste approximatif au vu du manque d'élément concernant le secteur.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Terrassements, démolitions	5 K€
Mise hors d'eau	5 K€
Exutoire et restitution des poissons	25 K€
Équipements divers	5 K€
Études diverses, divers et imprévus	20 K€
<b>TOTAL</b>	<b>65 K€</b>

Le montant estimatif des travaux pour le remplacement du plan de grille est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Remplacement du plan de grille	90 K€
Études diverses, divers et imprévus	10 K€
TOTAL	105 K€

Dans le cas où les deux améliorations sont réalisées de manière simultanée, le montant total des travaux s'élèverait à 150 K€ HT environ (15% de réduction).

# **LAS RIVES**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La centrale de Las Rives est située en amont de l'usine de Las Mijeannes et appartient également à ONDULIA. L'usine hydroélectrique est située sur la commune de Varilhes tandis que le barrage est implanté à cheval sur les communes de Varilhes et Saint-Jean de Verges.

L'aménagement hydroélectrique de Las Rives construit en 1976, est régi par arrêté préfectoral du 27 octobre 1995, modifié le 23 juin 1997 autorisant le renouvellement de concession pour ONDULIA jusqu'en 2025.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive gauche à la rive droite on recense successivement :

➤ **La prise d'eau et le vannage de décharge**

La prise d'eau est constituée par 6 vannes indépendantes et identiques dont l'ouverture est asservie au niveau d'eau au droit de l'usine. Elles présentent les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 2.70 m
- Hauteur : 3.50 m
- Cote de seuil des vannages : 329.71 m NGF

Le canal d'amenée long d'environ 165 m transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique.

Le tronçon court-circuité par l'usine est d'environ 600 m.

Un dispositif de décharge est situé en rive gauche du barrage à proximité de la prise d'eau. Il est constitué de trois vannes de 2.95 m de large pour 3.85 m de hauteur et dont le radier est calé à la cote 329.70 m NGF.



Vue de la prise d'eau en aval depuis le canal d'amenée hors d'eau en septembre 2010



Vue du seuil depuis la prise d'eau en octobre 2010

### ➤ Le seuil en lui-même

L'ouvrage se présente incliné par rapport à l'axe principal des écoulements avec une extrémité aval localisée en rive gauche au niveau de la prise d'eau. Il présente en rive droite une échancrure jouant le rôle de débit d'attrait pour la passe à poissons. **Elle entonne un débit de 4.10 m<sup>3</sup>/s à la cote de la RN.** Une échelle limnimétrique apposée contre la passe à poissons en rive droite permet de contrôler le niveau d'eau et ainsi la restitution du débit réservé.

La hauteur de chute en étiage (débit réservé) est de l'ordre de 4 m.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du seuil sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 220 m,
- Cote d'arase du seuil : 333.57 m NGF,
- Dimensions de l'échancrure de débit d'attrait (l x h) : 5.00 m x 0.60 m
- Retenue normale (RN) : 333.57 m NGF



Vue du seuil depuis la rive droite



Vue de l'échancrure de débit d'attrait

### ➤ La passe à poissons

La passe à poissons se situe à l'extrémité amont du barrage en rive droite. Le dispositif de franchissement est constitué d'une passe à bassins successifs. On dénombre une succession de 11 bassins qui communiquent entre eux par des cloisons à échancrures latérales alternées. Seule l'échancrure aval est en position centrale.

A noter que la passe semble équipée d'un orifice de fond de section 0.30 m x 0.30 m.

L'ensemble permet de décomposer la chute totale en un ensemble de 12 chutes successives de moindre importance. Un prébarrage en pied de seuil créé un grand bassin en sortie de passe et forme une treizième chute. Ce bassin reçoit en complément les eaux issues de l'échancrure de débit d'attrait.

La prise d'eau d'alimentation de la passe se fait par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation dans la retenue. Une grille protège la prise d'eau et limite ainsi l'entrée des corps flottants dans le dispositif.

**Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 0.5 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (333.57 m NGF).** Pour rappel, une échancrure dans le barrage positionnée à proximité de l'entrée hydraulique de la passe permet de délivrer un débit d'attrait supplémentaire de 4.10 m<sup>3</sup>/s.



Vue de la passe depuis l'amont



Vue du pré barrage en aval de la passe à poissons

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale de Las Rives est équipée de trois turbines de type Francis qui turbinent chacune un débit maximum de 13.3 m<sup>3</sup>/s sous 6 m de chute (puissance autorisée = 2400 kW). Les eaux sont restituées à la rivière par l'intermédiaire d'un canal de fuite long d'environ 130 m.

La cote d'exploitation à l'usine est sensiblement équivalente à la cote de la RN au barrage puisque le canal d'amenée est court et que les pertes de charge y sont très faibles. La cote de restitution est de 327.50 m NGF pour un débit en rivière correspondant au débit maximum turbinable.

**Le débit maximal turbiné à l'usine est d'environ 40 m<sup>3</sup>/s.**

L'usine de Las Rives est équipée de trois turbines identiques dont les caractéristiques suivantes sont tirées de Bosc et Larinier (2000) :

- Type de turbine : Francis
- Débit maximum turbiné : 13.3 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 6.00 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 18
- Diamètre de la roue : 1.54 m
- Vitesse de rotation : 144 trs/min

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 14.05 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 70° p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3 cm depuis automne 2010
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Le plan de grille actuel dont les caractéristiques sont mentionnées ci-dessus, a été installé en septembre 2010, en remplacement d'un ancien plan de grille dont l'espacement entre barreaux était de l'ordre de 4.5 cm.

Un dégrilleur automatique sur rail permet le nettoyage du plan de grille. Une goulotte alimentée par pompage évacue les déchets vers le TCC.

L'aménagement du clapet de décharge situé en rive droite du canal d'amenée fait office d'exutoire de dévalaison. L'exutoire entonne un débit de l'ordre de 1.4 m<sup>3</sup>/s en condition normale d'exploitation. Il est maintenu ouvert toute l'année.



Vue de l'usine et du nouveau plan de grille



Vue du canal d'amenée mis hors d'eau lors du changement de plan de grille



Vue de l'ancien plan de grille lors de la mise hors d'eau du canal d'amenée



Vue de l'usine depuis la rive droite du TCC. On peut voir également la sortie du canal de dévalaison

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Las Rives (Bassin versant égal à 1 555 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

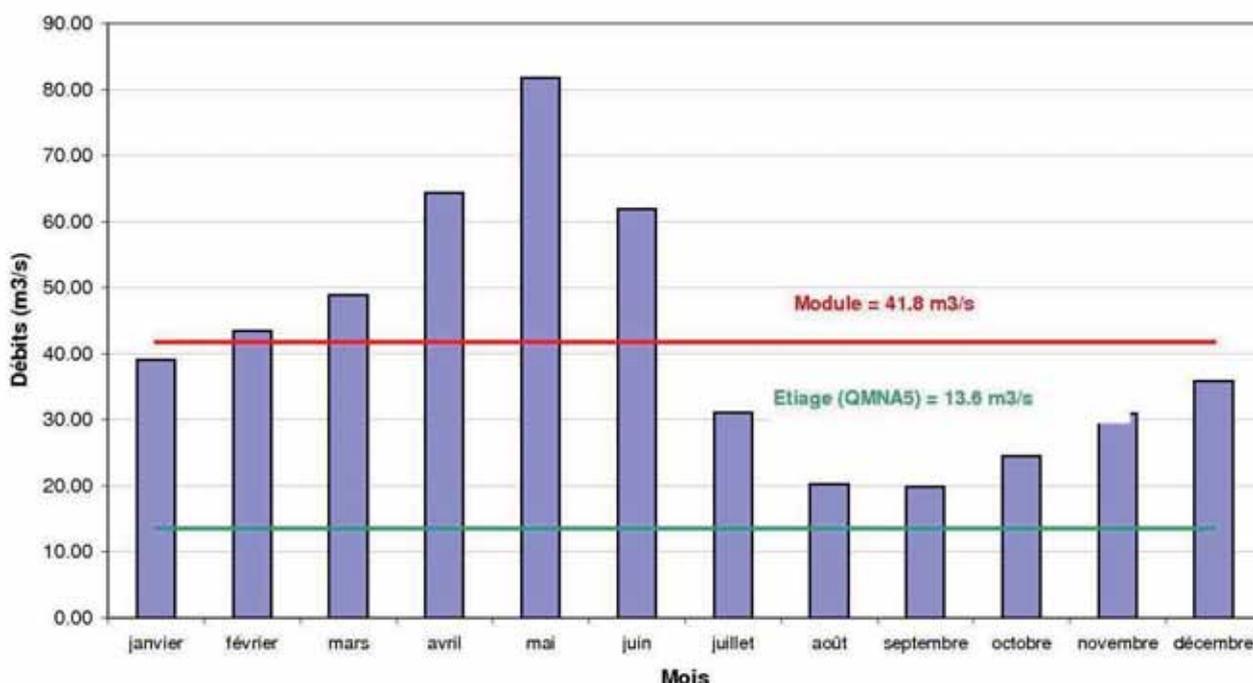
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : **41.8 m<sup>3</sup>/s**
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : **13.6 m<sup>3</sup>/s**

L'évolution des débits moyens mensuels à Las Rives est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

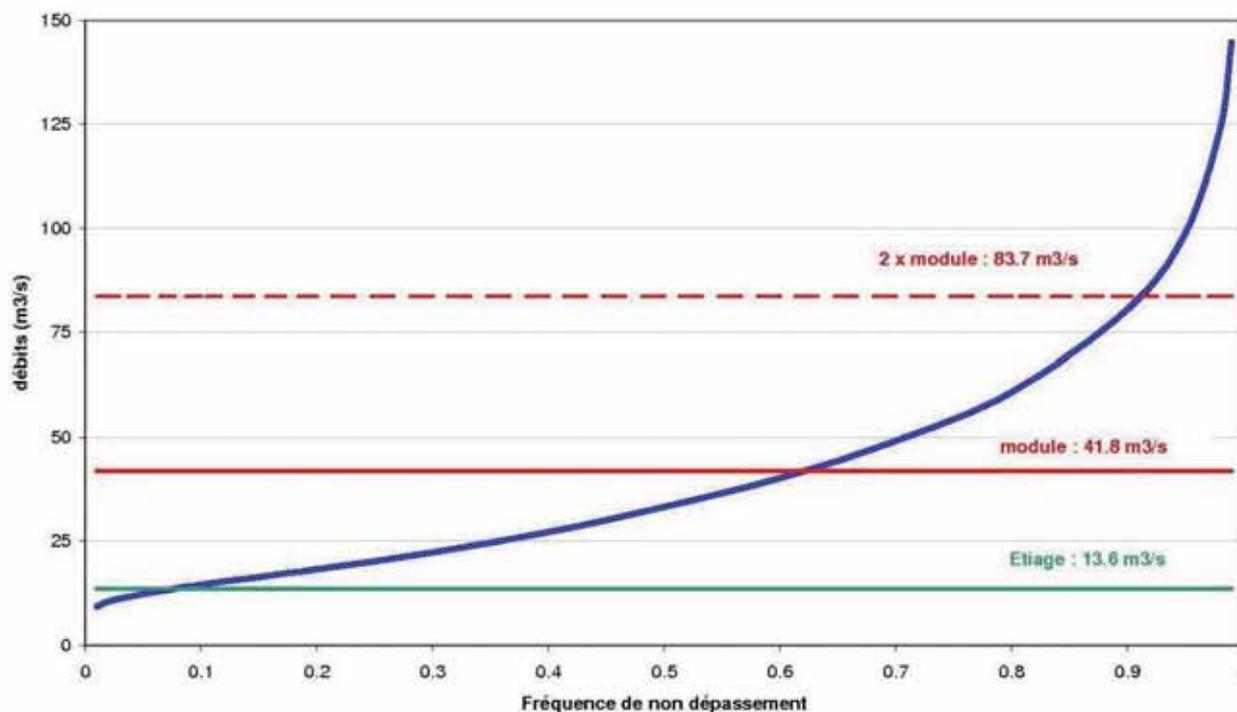
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
39.0	43.4	48.8	64.3	81.8	61.9	31.1	20.2	19.8	24.5	30.9	35.8



Evolution des débits moyens mensuels à Las Rives

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
144.6	123.7	98.7	80.4	60.7	49.1	40.1	33.2	27.2	22.2	18.2	14.5	12.3	10.4	9.1



Evolution des débits classés sur l'année à Las Rives

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 190 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 255 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 300 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 400 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantiennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

Au titre de l'arrêté préfectoral d'autorisation de 1995, le débit réservé au barrage est de **4.6 m<sup>3</sup>/s**.

La restitution de ce débit réservé à la RN est assurée par les dispositifs de franchissement au barrage selon la répartition suivante : 0.5 m<sup>3</sup>/s par la passe à poissons et 4.1 m<sup>3</sup>/s par l'échancrure de débit d'attrait.

Au droit de l'usine, le débit entonné par l'exutoire rive droite à la RN est de 1.4 m<sup>3</sup>/s environ.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des installations.

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA5	Module
Q Ariège (m <sup>3</sup> /s)	39.0	43.4	48.8	64.3	81.8	61.9	31.1	20.2	19.8	24.5	30.9	35.8	13.6	41.8
Q turbiné (m <sup>3</sup> /s)	33.4	37.8	40.0	40.0	40.0	40.0	25.5	14.6	14.2	18.9	25.3	30.2	8.0	36.2
Q dévalaison (m <sup>3</sup> /s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Q déversé au barrage (m <sup>3</sup> /s)	4.6 (Qrés.)	4.6 (Qrés.)	7.8	23.3	40.8	20.9	4.6 (Qrés.)							

Rappelons que cette répartition des débits est une répartition théorique et l'on considère ici une régulation des niveaux d'eau à l'usine permettant donc un débit de dévalaison stable.

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site les 2 juin, 7 septembre et 4 octobre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées au barrage sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit à Las Rives	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
02/06/2010	69.2 m <sup>3</sup> /s (1.6 x module)	40 m <sup>3</sup> /s	333.78	329.91	3.87 m
07/09/2010	21.6 m <sup>3</sup> /s (1.6 x QMNA5)	0 m <sup>3</sup> /s	333.66	329.75	3.91 m
04/10/2010	12.6 m <sup>3</sup> /s (QMNA5)	6 m <sup>3</sup> /s	333.51	329.61	3.90 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- et en considérant un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau,

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège à Las Rives	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit exutoire dévalaison Qe (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit d'attrait Qa (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil Qs (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	8.0	1.0	0.5	4.1	0.0	333.57	329.61	3.96 m
Module (41.8 m <sup>3</sup> /s)	36.2	1.0	0.5	4.1	0.0	333.57	329.61	3.96 m
1,5 x module (62.7 m <sup>3</sup> /s)	40.0	1.0	0.6	5.5	15.6	333.70	329.80	3.90 m
2 x module (83.6 m <sup>3</sup> /s)	40.0	1.0	0.7	6.7	35.2	333.80	330.05	3.75 m

Remarque : Le débit considéré pour la passe à poissons correspond au débit entonné réellement par l'ouvrage. Dans le bassin rustique formé en pied de passe par la présence du prébarrage, transite un débit en réalité plus important à savoir Q passe + Q attrait + Q surverses éventuelles au barrage rejoignant le bassin en pied de seuil.

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement de type passe à bassins successifs qui communiquent entre eux par des échancrures pratiquées dans les cloisons. Chaque cloison hormis les cloisons amont et aval, sont pourvus d'orifices de fond.

Un pré barrage est installé en aval et forme ainsi un grand bassin en aval de la passe à bassins. Ce bassin reçoit en complément, les eaux issus de l'échancrure de débit d'attrait .

La prise d'eau d'alimentation de la passe s'effectue dans la retenue par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation des écoulements. L'entrée de ce bassin est protégée par une grille.

**A la cote de la retenue normale, le débit réservé dans le TCC est restitué intégralement par la passe à poissons et par le débit d'attrait.**

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Largeur de l'échancrure amont : 0.52 m
- Largeur des échancrures dans la passe : 0.45 m
- Largeur de l'échancrure aval : 0.80 m
- Dimensions des orifices de fond (l x h) : 0.30 m x 0.30 m
- Dimensions moyenne des bassins (L x l) : 3.20 x 1.90 m
- Nombre de chutes : 12 chutes + 1 chute au pré barrage
- Longueur du pré barrage : 22 m environ
- Dimensions de l'échancrure dans le pré barrage (l x h) : 1.70 m x 0.50 m

Il n'a pas été possible de reprendre l'ensemble des cotes des cloisons et des échancrures, la passe étant protégée par un caillebotis. On se basera donc sur les plans disponibles ainsi que sur les mesures de niveaux d'eau effectués dans la passe pour en apprécier le fonctionnement hydraulique.



Vue de l'ouvrage le 4 octobre 2010



Vue de l'ouvrage le 7 septembre 2010

### 3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique théorique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège à Las Rives	Débit TCC (Qtcc)*	Débit seuil (Qs)	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit d'attrait (Qa)	Chute max	Tirant d'eau moyen	Type de jet	Puissance dissipée moyenne	Attractivité du dispositif (Qpap+Qa) / Qau barrage	Attractivité du TCC* (Qtcc/Q ariège)
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	5.6 m <sup>3</sup> /s	0.0 m <sup>3</sup> /s	0.5 m <sup>3</sup> /s	4.1 m <sup>3</sup> /s	0.38 m	0.90 m	Plongeant	260 W/m <sup>3</sup>	100 %	41 %
Module (41.8 m <sup>3</sup> /s)	5.6 m <sup>3</sup> /s	0.0 m <sup>3</sup> /s	0.5 m <sup>3</sup> /s	4.1 m <sup>3</sup> /s	0.38 m	0.90 m	Plongeant	260 W/m <sup>3</sup>	100 %	13 %
1,5 x module (62.7 m <sup>3</sup> /s)	22.7 m <sup>3</sup> /s	15.6 m <sup>3</sup> /s	0.6 m <sup>3</sup> /s	5.5 m <sup>3</sup> /s	0.36 m	1.05 m	Plongeant	270 W/m <sup>3</sup>	29 %	36 %
2 x module (83.6 m <sup>3</sup> /s)	43.6 m <sup>3</sup> /s	35.2 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	6.7 m <sup>3</sup> /s	0.34 m	1.10 m	Plongeant	280 W/m <sup>3</sup>	18 %	52 %

\* : le calcul de l'attractivité du TCC par rapport au débit total de l'Ariège intègre également le débit de l'exutoire de dévalaison qui est déversé dans le TCC.

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du canal de fuite

Le canal de fuite de l'usine hydroélectrique est susceptible d'exercer une attractivité importante. Compte-tenu de la répartition des débits et de la capacité de production à l'usine, le TCC ne transite que 41 % environ du débit à l'étiage et 36 % à 1.5 x le module. Pour des débits de l'Ariège proches du module, la part du débit dans le TCC est encore moindre puisque l'usine peut potentiellement turbiner jusqu'à plus de 85 % du débit de l'Ariège. A 2 fois le module, le débit du TCC est sensiblement équivalent au débit du canal de fuite.

Ainsi, au vu de cette répartition des débits et de la configuration de la restitution, une part importante des poissons doit ainsi s'engager dans le canal de fuite plutôt que dans le TCC.

Compte-tenu de la longueur du canal de fuite (130 m environ), cette attractivité du canal de fuite peut entraîner des retards à la migration.



Vue de la restitution du canal de fuite  
depuis la rive droite

#### ■ **Attractivité de la passe au barrage**

Au vu du débit qu'elle entonne, la passe à poissons bénéficie d'une bonne attractivité. Le débit dans l'ouvrage additionné au débit d'attrait représente 100 % du débit dans le TCC de l'étiage au module. La passe conserve également une attractivité satisfaisante jusqu'à 2 fois le module ou la part du débit dans les dispositifs représente près de 20% du débit total dans le TCC.

On constate en pied de seuil, un îlot rocheux qui remonte contre le barrage séparant ainsi le TCC en deux bras principaux.

En basses-eaux (pas de déversement au barrage), aucun débit ne circule dans le bras rive gauche et les poissons ne peuvent s'engager que dans le bras rive droite, et peuvent donc accéder à la passe sans problème particulier.

Par contre lors de déversements au barrage, une part du débit déversé alimente le bras rive gauche. Des poissons doivent donc remonter par ce bras sans issue. Les écoulements sur l'îlot doivent inciter les poissons à essayer de passer par ce point avec des possibilités de blessures.



Vue de la confluence des deux bras lors de surverses au barrage.  
Les poissons risquent de s'engager dans le bras rive gauche et de se retrouver bloquer au pied du seuil.



Vue de l'îlot rocheux bloquant le passage des poissons.  
Sans surverse les poissons ne s'engagent que dans le bras rive droite vers la passe.



Photo prise lors de déversements au barrage

### ■ Conditions hydrauliques théoriques dans la passe

Le fonctionnement de la passe actuelle a été modélisé sous CASSIOPEE à partir des cotes et des dimensions relevées sur le terrain pour des débits de l'Ariège de l'étiage à 2 fois le module.

La modélisation des conditions hydrauliques au sein de la passe ne révèle pas de grandes difficultés pour le franchissement de l'ensemble des espèces. Dans l'ensemble les chutes sont régulières et de l'ordre de 30 cm. Seule la chute amont s'avère plus importante (jusqu'à 38 cm) en raison du calage de la première cloison.

Les puissances dissipées sont assez importantes et comprises entre 260 et 280 W/m<sup>3</sup> en moyenne.

Concernant les grands salmonidés et la truite fario, ces espèces doivent pouvoir franchir l'ouvrage sans difficultés majeures.

Les caractéristiques des écoulements (jets plutôt plongeants) doivent par contre poser quelques problèmes pour l'anguille et la lamproie. Cependant, l'impact doit se révéler limité notamment du fait de la présence d'orifices de fond.



Écoulements dans les bassins en conditions d'étiage (octobre 2010)



Écoulements dans les bassins à environ 1.6 x module (juin 2010)

## ■ Fonctionnalité de l'ouvrage

Dans l'ensemble les chutes mesurées au sein de l'ouvrage lors de nos visites sur site sont sensiblement équivalentes aux valeurs obtenues par simulation hydraulique. On peut noter toutefois que la chute amont était respectivement de l'ordre de 40 cm et 50 cm lors de nos visites à 1.5 x module et à l'étiage.

Cette chute semble provenir d'un colmatage de l'orifice de fond amont (une mise à sec permettrait de le vérifier tout de même).

## ■ Résultats des campagnes de radiopistage menées dans les années 2000

Au cours des campagnes de radiopistage menées entre 2002 et 2006, un seul saumon marqué s'est présenté au pied du seuil de Las Rives.

En 2003, le saumon ayant franchi l'ouvrage de Las Mijeannes à l'aval s'est ensuite présenté rapidement au niveau de Las Rives qu'il n'a pas franchi. La durée de blocage induite par l'aménagement a été estimée à environ 5 jours, délai après lequel le saumon a finalement dévalé jusque vers Varilhes où il a été repéré sur des zones propices à la fraie. Les conditions hydrologiques lors de la période de stabulation du poisson sur le site correspondait à des conditions plutôt de basses-eaux avec des débits moyens journaliers enregistrés à Auterive de l'ordre de 42 à 19 m<sup>3</sup>/s du 31 octobre au 5 novembre 2003. En 2004, le saumon ayant franchi Las Mijeannes ne semble pas s'être présenté sur le site de Las Rives.

## ■ Bilan du diagnostic

**Ainsi de manière générale, l'ouvrage de franchissement actuel ne pose pas de difficultés majeures de franchissement aux poissons qui parviennent à se présenter au pied de la passe. A noter toutefois que les conditions hydrauliques dans l'ouvrage peuvent tout de même s'avérer sélectives pour l'anguille et la lamproie. Cependant, cette sélectivité ne milite pas pour une reprise de l'ouvrage.**

**Pour les poissons remontant dans le TCC et suivant les conditions hydrologiques (absence ou non de déversements au barrage), l'éperon rocheux situé en pied de seuil est susceptible de compliquer la remontée des poissons, certains devant vraisemblablement s'engager dans le bras rive gauche ainsi formé et se retrouver bloqués au pied du seuil. Si l'on souhaite améliorer la situation, on pourra alors dérocter en partie ce massif rocheux pour assurer un passage aux poissons.**

**Un des principaux problèmes à la montaison, reste l'attractivité du canal de fuite où un certain nombre de poissons doit se retrouver piéger plus ou moins durablement. Au vu de la hauteur de chute importante à l'usine (6 m), l'aménagement d'un dispositif de franchissement spécifique nécessiterait la réalisation d'un ouvrage conséquent et coûteux.**

**Deux alternatives moins onéreuses pourraient être envisagées. La première consisterait à réaliser un canal de liaison entre la sortie des groupes et le TCC de l'Ariège de manière à permettre aux poissons se présentant à l'usine de rejoindre le TCC et de progresser jusqu'à la passe au barrage. Une pré-étude réalisée par la SHEMA dans les années 2000 a d'ailleurs été effectuée pour regarder plus en détail la faisabilité technique d'une telle solution.**

**La seconde solution serait d'augmenter le débit du TCC et de réaliser au niveau de sa confluence avec le canal de fuite de l'usine, un épi rocheux visant à pincer l'écoulement pour améliorer l'attractivité du TCC. L'augmentation du débit du TCC aurait également pour conséquence une amélioration et une diversification des habitats, notamment pour la truite fario.**

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	329.60	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	333.57	m NGF
Cote haut de grille :	334.2	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	14.05	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	70	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	3.97	m
Longueur totale de la grille :	4.90	m
Longueur immergée totale de la grille :	4.22	m
Largeur totale du plan de grille :	14.1	m
Surface totale du plan de grille :	69	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	59	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	40	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.72	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.67	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.25	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est supérieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

Le site est actuellement équipé d'un dispositif de dévalaison implanté à l'usine. Il s'agit d'un exutoire pratiqué dans le mur bajoyer rive droite du canal d'amenée. Le débit transitant par l'ouvrage est contrôlé par un vannage.

Le dispositif de dévalaison est ouvert toute l'année.

Les déversements de l'exutoire rejoignent un bassin de réception lequel alimente ensuite un canal de dévalaison qui achemine les eaux et les poissons dévalants dans le TCC.

L'exutoire de dévalaison à l'usine est équipé d'un système d'éclairage (lampe à mercure).

Les caractéristiques dimensionnelles de ces ouvrages sont récapitulées ci-après.

- Largeur : 1.90 m
- Cote de déversement : 333.12 m NGF
- Débit à la RN : 1.0 m<sup>3</sup>/s
- Équipements annexes : bassin de réception + canal de dévalaison en aval



Vue de l'exutoire



Vue de la restitution de la dévalaison dans le TCC

### 3.2.3. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

Des tests d'efficacité de l'ouvrage ont été menés en 2001 (Croze *et al.*, 2001) sur différents lots de smolts de saumon atlantique lâchés dans le canal d'amenée en amont de l'usine.

Les résultats de cette étude font état d'une **efficacité moyenne de l'exutoire de l'ordre de 39.5 %**. Précisons que des tests sur l'influence de la lumière ont été effectués sur les différents lots lâchés. L'efficacité de l'exutoire s'est avérée plus importante en présence d'un éclairage (49%) que sans (28%).

Rappelons que cette étude a été conduite alors que l'ancien plan de grille était encore en place (espacement entre barreaux ancien plan de grille = 4.5 cm). Il était mentionné à l'époque que les piliers béton qui soutenaient le plan de grille occasionnaient des perturbations sur les courants tangentiels aux grilles. Ces piliers ont depuis été supprimés également.

Ces travaux devraient améliorer la dévalaison, mais les fortes vitesses en approche du plan de grille, l'absence de courant tangentiel marqué, le débit de l'exutoire plutôt faible (2.5% du débit turbiné) ainsi que la largeur du plan de grille font que la grille ne devrait tout de même pas constituer une barrière comportementale suffisante et, **l'efficacité de l'exutoire devrait rester moyenne (50-55%)**.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, **la perméabilité de la grille peut être estimée à environ 80% pour des anguilles de 70 cm** compte-tenu de l'espacement entre barreaux de 3 cm (espacement conforme à l'arrêté).

#### **3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES**

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

Chaque groupe présente des caractéristiques identiques, les taux de mortalités de chaque turbine sont donc identiques.

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 13 %** par Bosc et Larinier (2000).

Pour les anguilles, compte-tenu d'une taille nettement plus importante, **le taux de mortalité lors du passage par la turbine, s'élève à 33 %**.

#### **3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

il est possible d'estimer un taux de mortalité global de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguilles dévalants.

**Pour le site de Las Rives le taux de mortalité générale au droit du site s'élève à environ 4.5 % pour les smolts en tenant compte de l'amélioration potentielle de l'efficacité de l'exutoire après travaux (5.7 % avec l'efficacité estimée par le Ghaappe en 2000) et 10 % pour les anguilles.**

#### **3.2.6. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

Malgré une réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille à 3 cm, l'efficacité de la dévalaison devrait rester modérée au vu de la configuration du site. On peut penser qu'elle ne devrait pas excéder 50-55 %.

L'aménagement de Las Rives présente un taux de mortalité globale important estimé à 4.5 % pour les smolts ce qui en fait le second ouvrage le plus problématique à l'aval de Labarre après Pébernat.

L'amélioration de l'efficacité de l'exutoire actuel paraît donc indispensable.

Une amélioration efficace de la dévalaison pourrait passer par la mise en place d'un exutoire complémentaire en rive droite et par une réduction plus importante de l'espacement entre barreaux (2.5 cm minimum pour les smolts et 2 cm si on souhaite prendre en compte l'anguille).

Cependant avant de s'engager dans de tels travaux, il pourrait être intéressant d'augmenter le débit de dévalaison entonné par l'exutoire actuel en rive droite. Une étude expérimentale (tests d'efficacité) après travaux permettrait de valider l'amélioration ou non de la situation avant d'entreprendre le cas échéant des travaux plus lourds (aménagement d'un nouveau plan de grille avec une nouvelle réduction de l'écartement + aménagement d'un nouvel exutoire...).

Si l'on souhaite améliorer la situation de la dévalaison de l'anguille, le remplacement du plan de grille avec un espacement entre barreaux réduit à 2 cm paraît par contre inévitable.

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

### 4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

Le diagnostic mené sur l'ouvrage existant a montré que globalement la passe à poissons était fonctionnelle. Elle bénéficie d'une attractivité satisfaisante notamment grâce à l'injection d'un débit d'attrait conséquent dans le bassin rustique en pied de passe.

Les conditions hydrauliques sont compatibles avec les capacités de franchissement des espèces susceptibles d'emprunter le dispositif.

La principale difficulté vient de la présence d'un éperon rocheux en pied de seuil, lequel conduit à la formation de deux bras distinct à l'aval du barrage lorsque des surverses apparaissent.

Cet éperon rocheux pourrait être partiellement dérocté au niveau du barrage pour réaliser une communication entre les deux bras. Ces aménagements permettront aux poissons qui emprunteraient le bras rive droite en remontant de rejoindre facilement la passe à bassins.

De plus, en raison d'une puissance d'équipement conséquente à l'usine ( $Q$  max turbiné = 40 m<sup>3</sup>/s), le canal de fuite est suivant les conditions hydrologiques, plus attractif que le TCC. Ainsi au module, 86 % du débit total transite par le canal de fuite contre 14 % dans le TCC. Le risque est que les poissons empruntent le canal de fuite dont la longueur avoisine 130 m, et stabulent un certain temps en pied des groupes à l'usine (retard à la migration).

Cependant, au vu de sa localisation relativement en amont sur le bassin, le traitement de ces deux aménagements (déroctage au pied du barrage et restauration du franchissement à l'usine) paraît peu prioritaire vis à vis des migrateurs amphihalins. Ils ont par contre un certain intérêt vis à vis de la migration des autres espèces et notamment de la truite fario.

#### ■ Aménagements au barrage

Pour assurer le retour des poissons en hautes eaux entre le bras rive gauche et le bras rive droite, un chenal pourra être aménagé dans le rocher.

Ce chenal d'une largeur d'environ 5 m et d'une longueur d'environ 10 m sera aménagé à environ 3-4 m du pied du seuil pour éviter de stabiliser l'ancrage du seuil dans le substratum.

En première approche, la réalisation du chenal impliquera un déroctage d'environ 120 m<sup>3</sup>.



Aménagement d'un chenal de liaison

## ■ Possibilités d'aménagements à l'usine / attractivité du TCC

Pour pallier à l'attractivité du canal de fuite de l'usine de Las Rives, deux solutions peuvent être envisageables. La première consisterait à aménager un chenal de liaison entre le canal de fuite et le TCC. La seconde option serait d'augmenter l'attractivité du TCC au droit de sa confluence avec le canal de fuite.

- Canal de liaison au droit de l'usine

L'aménagement à l'usine pourrait consister à créer un chenal de liaison entre le Tronçon-court-circuité et le canal de fuite.

Un tel canal pour être efficace doit absolument prendre en compte les variations de niveaux d'eau dans le TCC et dans le canal de fuite en fonction des débits de l'Ariège et des débits turbinés.

L'exploitant a remarqué à plusieurs reprises que le niveau d'eau dans le canal de fuite était plus haut que le niveau dans le TCC. Aussi, la SHEMA a confié dans les années 2000, une étude au bureau d'études SAREN pour regarder la faisabilité technique d'une telle solution.

Cette étude semble montrer que si le débit dérivé de la centrale est inférieur à 22 m<sup>3</sup>/s ou si le débit de la rivière dans le TCC est supérieur à 32 m<sup>3</sup>/s (débit de la rivière supérieur à 72 m<sup>3</sup>/s), un tel chenal peut marcher, c'est à dire pour un débit de l'Ariège inférieur à environ 1.5 fois l'étiage ou pour un débit supérieur à 1.5 fois le module.

Les mesures effectuées par nos soins le 02 juin 2010 et le 04 octobre 2010 semble confirmer ce constat.

Ces gammes de débit où le chenal marcherait ne correspondent pas forcément aux débits de l'Ariège où le canal de fuite est le plus attractif, ce qui limite l'intérêt d'un tel chenal en l'état.

Une solution pour augmenter la gamme de débit du fonctionnement consisterait à créer en complément un prébarrage d'environ 20 m de longueur formant une chute d'environ 20-30 cm dans le TCC en aval de la prise d'eau, de manière à rehausser le niveau d'eau dans le TCC à la prise d'eau du canal de liaison.

Le chenal prévu par la SAREN présente une longueur de 20 m et une largeur de 1 m. Il présente en amont une vanne levante d'alimentation pouvant être fermée si besoin et une cloison en aval du chenal assurant une chute franchissable et attractive pour le poisson présent au pied des groupes.

- Amélioration de l'attractivité du TCC

L'amélioration de l'attractivité du tronçon court-circuité passera par l'aménagement d'un épi en enrochements liaisonnés de manière à augmenter les vitesses d'écoulement en sortie du tronçon court-circuité.

Cet épi devra être dimensionné en fonction des différents débits susceptibles d'être rencontrés dans le TCC, y compris en période de crue, de manière à s'assurer du fonctionnement hydraulique de la zone en période de migration du poisson mais également en crue pour éviter d'éventuels problèmes d'érosion en berges.

Pour améliorer l'efficacité de cet aménagement, on pourrait également augmenter le débit transitant dans le TCC. Cela aurait pour double avantage de permettre d'améliorer son attractivité au droit de la connexion avec le canal de fuite mais également d'améliorer les habitats au sein même du TCC. En effet le linéaire court-circuité est assez important (environ 600 m) et présente des potentialités d'habitats intéressantes notamment pour la truite fario.

## ■ Montants estimatifs des aménagements

Le montant estimatif des travaux pour la réalisation du chenal au barrage est récapitulé dans le tableau ci-après.

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Déroctage du chenal	10 K€
Études diverses, divers et imprévus	10 K€
<b>TOTAL</b>	<b>25 K€</b>

Le montant estimatif des travaux pour l'aménagement d'un chenal de liaison à l'usine est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	10 K€
Déroctage du chenal	10 K€
Réalisation du chenal	30 K€
Equipements	10 K€
Réalisation d'un prébarrage dans le TCC	25 K€
Études diverses, divers et imprévus	25 K€
<b>TOTAL</b>	<b>110 K€</b>

Dans le cas où les deux améliorations seraient réalisées de manière simultanée, le montant total des travaux s'élèverait à 115 K€ HT environ (15% de réduction).

Le montant estimatif de l'aménagement d'un épi rocheux visant à améliorer l'attractivité du canal de fuite est détaillé ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Mise hors d'eau	10 K€
Réalisation d'un bassin supplémentaire	10 K€
Reprise des cloisons en amont	5 K€
Mise en place d'un épi en sortie du TCC	10 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
<b>TOTAL</b>	<b>55 K€</b>

## **4.2. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON**

### **4.2.1. AMENAGEMENT DE L'EXUTOIRE ACTUEL**

L'efficacité de l'exutoire de Las Rives avait été estimée en 2001 à environ 40 % (Croze *et al.*, 2001). Avec les modifications du plan de grille entreprises en 2010 (réduction de l'espacement entre barreaux à 3cm), cette efficacité a été revue à la hausse. Elle devrait approcher 50% actuellement.

Cette valeur n'est toutefois pas suffisante si l'on souhaite limiter les dommages sur la population de juvéniles. Las Rives présente en effet le taux de mortalité le plus important de l'ensemble des ouvrages situés à l'aval de Labarre après Pébernat.

#### **■ Type d'aménagement**

L'exutoire existant en rive droite du canal d'aménée sera réaménagé de manière à transiter un débit plus important.

Actuellement l'exutoire de dévalaison entonne un débit de 1.4 m<sup>3</sup>/s en conditions de RN au barrage soit 3.5 % du débit turbiné.

En situation future on fera transiter un débit de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/s par l'exutoire soit environ 5% du débit turbiné à l'usine.

On préconise également de maintenir en permanence, lors de la période de dévalaison des smolts, un dispositif d'éclairage nocturne fonctionnel.

#### **■ Dimensionnement des aménagements**

Les principales dimensions de l'exutoire aménagé sont rappelées ci-dessous.

- Largeur : 2.20 m
- Cote de déversement : 332.97 m NGF
- Charge sur le seuil de l'exutoire à la RN : 0.65 m

### **4.2.2. AMÉNAGEMENTS COMPLÉMENTAIRES : MODIFICATION DU PLAN DE GRILLE**

Une fois l'exutoire aménagé, la mise en place d'un suivi par marquage-recapture permettrait de valider si l'augmentation du débit de l'exutoire est suffisante pour améliorer significativement la dévalaison.

Le cas échéant des aménagements complémentaires pourraient être envisagés et notamment la modification ou l'aménagement d'un nouveau plan de grille dont l'espacement entre barreaux serait réduit à 2 cm afin de créer une barrière physique et comportementale plus efficace pour les smolts.

Cette modification serait par contre inévitable, si l'on souhaitait d'ores et déjà améliorer la dévalaison des anguilles.

Afin d'évaluer la faisabilité technique de la mise en place d'un nouveau plan de grille, nous avons procédé à une comparaison des pertes de charges induites par la réduction de l'espacement entre barreaux par rapport au plan de grille actuel.

Les autres caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la formule de Meusburger suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille actuel en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT = 3 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.27	0.55	0.84
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.94	0.94	0.94
$V_A^2 / 2g$	0.026	0.026	0.026
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>
<b>PLAN DE GRILLE PROJETE (ESPACEMENT = 2 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.94	0.94	0.94
$V_A^2 / 2g$	0.026	0.026	0.026
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>

Les calculs de pertes de charge réalisés avec réduction de l'écartement inter-barreaux, montrent que la réduction de l'espacement à 2 cm induit une légère augmentation des pertes de charge au niveau du plan de grille.

Afin d'améliorer les conditions de dévalaison, et dans le cas où une augmentation de débit dans l'exutoire s'avèrerait insuffisante pour améliorer la dévalaison sur le site de Las Rives, on pourra donc envisager d'installer un plan de grille dont l'espacement entre les barreaux sera égal à 2 cm. Le dégrilleur devra être efficace pour assurer la propreté de la grille et limiter les pertes de charge.

Cette réduction sera effective sur l'ensemble de la hauteur de la grille pour tenir compte du comportement des différentes espèces lors de la dévalaison.

#### **4.2.3. MONTANTS ESTIMATIFS DES AMENAGEMENTS**

Le montant estimatif des travaux pour la reprise de l'exutoire actuel et le remplacement du plan de grille est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Reprise de l'exutoire actuel	5 K€
Équipements divers	15 K€
Remplacement du plan de grille	50 K€
Études diverses, divers et imprévus	20 K€
<b>TOTAL</b>	<b>95 K€</b>

# CRAMPAGNA

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La centrale de Crampagna est située en amont de l'usine de Las Rives. Elle est exploitée par la ONDULIA qui gère également les trois usines implantées consécutivement en aval. L'usine hydroélectrique est située sur la commune de Crampagna tandis que le barrage est implanté à cheval sur les communes de Crampagna et Saint-Jean de Verges.

L'aménagement hydroélectrique, est régi par arrêté préfectoral du 27 octobre 1995, modifié le 23 juin 1997 autorisant le renouvellement de concession pour ONDULIA jusqu'en 2025.

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive gauche à la rive droite, on recense successivement :

#### ➤ La prise d'eau et le vannage de décharge

La prise d'eau présente une vanne dont l'ouverture est asservie au niveau d'eau au droit de l'usine. Elle présente les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 12.14 m
- Hauteur : 3.30 m
- Cote de seuil du vannage : 339.98 m NGF

Le canal d'amenée long d'environ 370 m transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique.

Le site court-circuite un linéaire d'environ 600 m entre la prise d'eau et la restitution des eaux turbinées en aval de l'usine.

Un vannage de décharge est situé en rive gauche du barrage au niveau de la prise d'eau. Ce vannage de décharge est constitué d'une vanne de 4.57 m de large pour 3.71 m de haut dont le seuil est calé à la cote 338.46 m NGF.

#### ➤ Le seuil en lui-même

L'ouvrage se présente incliné par rapport à l'axe principal des écoulements avec une extrémité aval localisée en rive gauche au niveau de la prise d'eau. Il présente en rive droite une échancrure qui transite un **débit d'attrait pour la passe à poissons d'environ 3.1 m<sup>3</sup>/s à la RN**. On constate également une seconde échancrure de dimension plus réduite.

Une échelle limnimétrique apposée contre la passe à poissons en rive droite dans la retenue permet de contrôler le niveau d'eau et ainsi la restitution du débit réservé.

La présence du seuil génère une chute de 2.40 m environ à l'étiage.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du seuil sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 140 m,
- Cote d'arase du seuil : 341.70 m NGF,
- Dimensions de l'échancrure de débit d'attrait (l x h) : 5.10 m x 0.50 m
- Dimensions de l'échancrure secondaire (l x h) : 1.50 m x 0.25 m
- Retenue normale (RN) : 341.70 m NGF



Vue du seuil depuis la rive droite



Vue des échancrures dans le barrage

### ➤ La passe à poissons

La passe à poissons se situe à l'extrémité amont du barrage en rive droite. Le dispositif de franchissement est une passe à bassins successifs. On dénombre une succession de 7 bassins qui communiquent entre eux par des cloisons à échancrures latérales alternées. Seule l'échancrure aval est en position centrale.

La prise d'eau d'alimentation de la passe se fait par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation dans la retenue. Une grille protège la prise d'eau et limite ainsi l'entrée des corps flottants dans le dispositif.

**Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 0.7 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (341.70 m NGF).** Pour rappel, une échancrure dans le barrage positionnée à proximité de l'entrée hydraulique de la passe sert de débit d'attrait (3.1 m<sup>3</sup>/s).

La passe à embarcations située en rive droite de la passe à bassins, le long de la rive, délivre également un débit d'attrait complémentaire de l'ordre de 700 l/s.



Vue de la passe depuis l'amont



Vue de l'entrée piscicole à l'aval du seuil

### ➤ La passe à embarcations

Le barrage de Crampagna est équipé d'une passe à embarcations qui se présente en rive droite positionnée entre la berge et la passe à poisson. Elle permet le franchissement de l'obstacle par les embarcations de type canoës-kayaks.

Elle consiste en une rampe sur laquelle sont disposées 3 bandes de chevrons bois formant des ralentisseurs en fond.

La passe à embarcations entonne un débit de l'ordre de 700 l/s pour une cote de la retenue égale à la RN.

Les principales dimensions de la passe sont rappelées ci-dessous :

- Largeur : 2.10 m
- Longueur développée de l'ouvrage : 14 m
- Pente moyenne : 18 %



Vue de la passe à embarcations depuis l'aval

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE

La centrale de Crampagna est équipée de deux groupes : un groupe de type Kaplan qui turbine un débit maximum de 16 m<sup>3</sup>/s sous 6 m de chute et un groupe Bulbe qui turbine 8 m<sup>3</sup>/s sous 4.5 m de chute (puissance autorisée = 1436 kW).

Les eaux turbinées par la Kaplan sont restituées au cours d'eau en rive gauche par un canal de fuite d'environ 120 m de long. Le débit turbiné par le groupe Bulbe est quant à lui restitué directement vers le TCC par un petit canal d'une quarantaine de mètres.

La cote d'exploitation à l'usine nécessaire au maintien de la RN au barrage est d'environ 341.57 m NGF.

**Le débit maximal turbiné à l'usine est donc de 24 m<sup>3</sup>/s.**

Les caractéristiques des turbines fournies ci-dessous sont tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000) :

### ➤ Turbine Kaplan

- Débit maximum turbiné : 16 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 6.10 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 1.85 m
- Vitesse maximale de rotation : 214 trs/min

➤ **Groupe Bulbe**

- Débit maximum turbiné : 8 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 4.50 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 1.60 m
- Vitesse maximale de rotation : 306 trs/min

**L'usine est protégée par un plan de grille général** dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 17.90 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 63° p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 60°
- Espacement entre barreaux : 3 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille. Une goulotte alimentée par pompage évacue les déchets vers le TCC.

Précisons également que derrière ce plan de grille principal qui barre toute la largeur du canal d'amenée, on recense également deux autres plans de grille, plus anciens, situées devant chaque turbines. Leurs caractéristiques principales sont rappelées ci-après.

➤ Plan de grille devant la Kaplan

- Largeur du plan de grille : 6.90 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 40° p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 15 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 10 mm

➤ Plan de grille devant le groupe bulbe

- Largeur du plan de grille : NC
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 62° p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 5.5 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 6 mm

Un déversoir de sécurité en rive droite du canal d'amenée assure l'évacuation des eaux excédentaires vers le TCC en cas de crues ou de déclenchement des groupes à l'usine.

Notons également que le canal d'amenée s'élargit à l'amont immédiat du plan de grille au niveau de ce déversoir.



Vue du plan de grille principal



Vue du déversoir de sécurité au niveau de l'élargissement et de la vanne de décharge



Vue du plan de grille de la Kaplan



Vue du plan de grille du bulbe



Vue du canal en aval du groupe bulbe



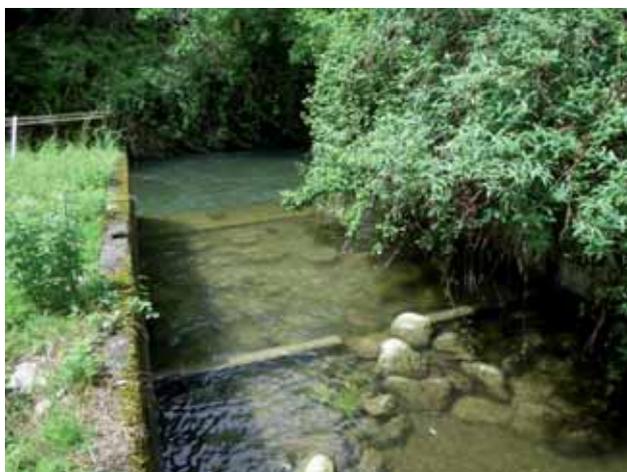
Vue de l'usine où est installé le groupe Kaplan

L'usine de Crampagna est équipée d'un **dispositif de dévalaison**. L'exutoire est situé en rive droite du canal d'amenée à l'amont immédiat du plan de grille principal. L'entrée d'eau est contrôlée par un vannage. Le débit transitant par l'exutoire s'écoule dans une goulotte à surface libre qui rejoint ensuite le TCC.

**L'exutoire entonne un débit de l'ordre de 1.2 m3/s** en conditions de RN au barrage.

Il est maintenu ouvert toute l'année.

Un **canal de liaison** a été aménagé en rive droite du canal de fuite de l'usine (turbine KAPLAN) pour permettre aux poissons engagés dans ce canal de pouvoir rejoindre le tronçon court-circuité. Elle consiste en une succession de deux bassins en béton. Son alimentation est contrôlée par une vanne. Cette vanne était fermée à chacune de nos visites sur site.



Vue de la passe (canal de liaison) du canal de fuite



Vue du vannage d'alimentation du canal de liaison

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Crampagna (Bassin versant égal à 1 555 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

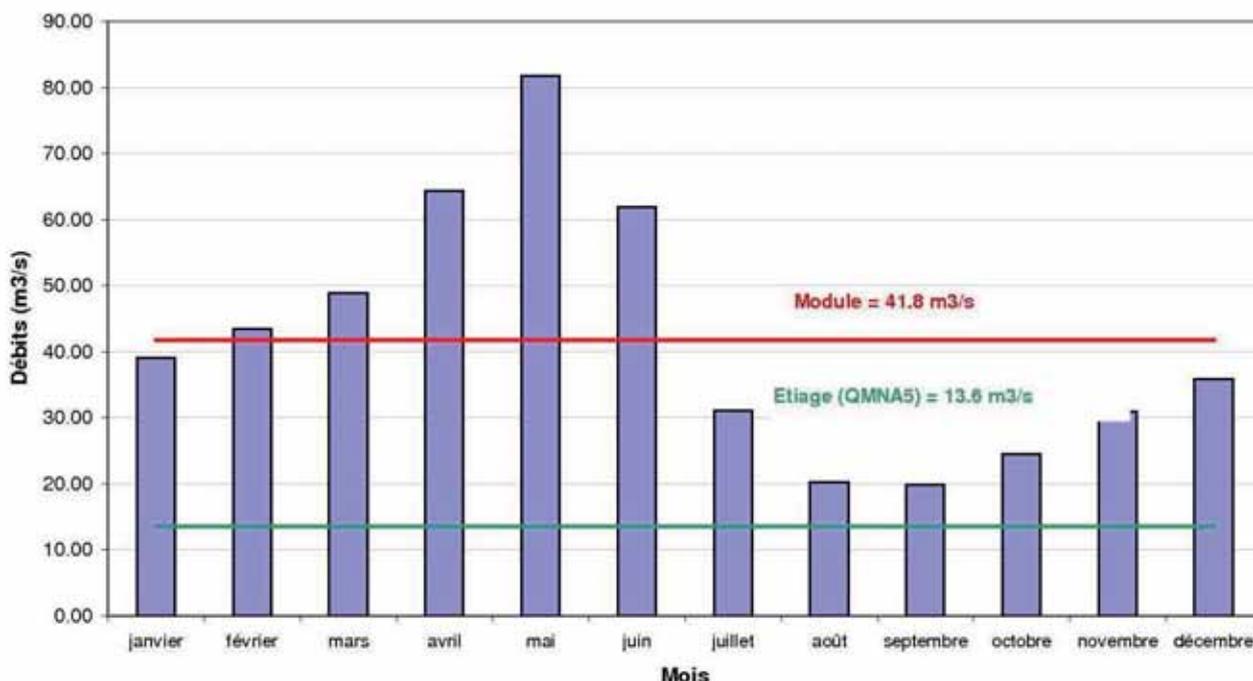
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : **41.8 m<sup>3</sup>/s**
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : **13.6 m<sup>3</sup>/s**

L'évolution des débits moyens mensuels à Crampagna est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

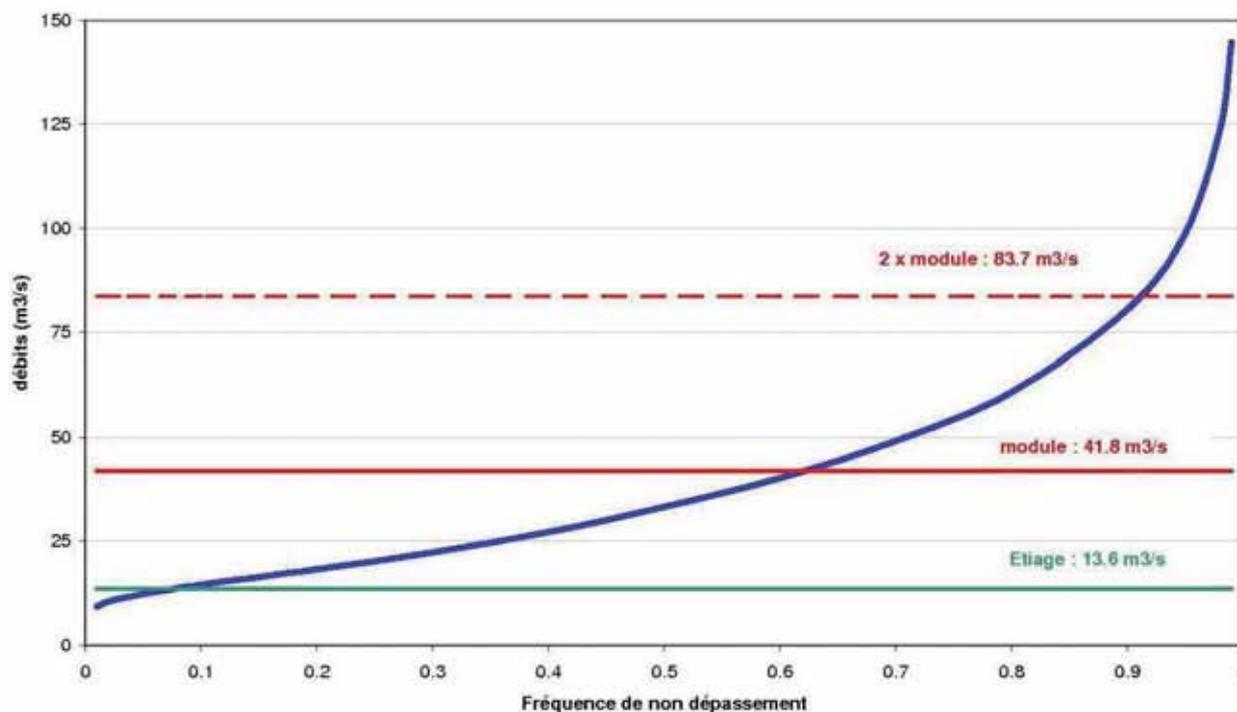
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
39.0	43.4	48.8	64.3	81.8	61.9	31.1	20.2	19.8	24.5	30.9	35.8



Evolution des débits moyens mensuels à Crampagna

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
144.6	123.7	98.7	80.4	60.7	49.1	40.1	33.2	27.2	22.2	18.2	14.5	12.3	10.4	9.1



Evolution des débits classés sur l'année à Crampagna

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 190 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 255 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 300 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 400 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantiennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

Au titre de l'arrêté préfectoral d'autorisation de 1995, **le débit réservé au barrage est de 4.6 m<sup>3</sup>/s.**

La restitution de ce débit réservé à la RN est assurée par les dispositifs de franchissement au barrage selon la répartition suivante : 0.7-0.8 m<sup>3</sup>/s environ par la passe à poissons et 3.8 m<sup>3</sup>/s environ par l'échancrure de débit d'attrait et la passe à embarcations.

Au droit de l'usine, le débit entonné par l'exutoire rive droite est de 1.2 m<sup>3</sup>/s environ. On le considèrera ouvert en permanence toute l'année dans le calcul suivant.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des installations.

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA5	Module
Q Ariège (m <sup>3</sup> /s)	39.0	43.4	48.8	64.3	81.8	61.9	31.1	20.2	19.8	24.5	30.9	35.8	13.6	41.8
Q turbiné (m <sup>3</sup> /s)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	14.4	14.0	18.7	24.0	24.0	7.8	24.0
Q dévalaison (m <sup>3</sup> /s)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Q déversé au barrage (m <sup>3</sup> /s)	13.8	18.2	23.6	39.1	56.6	36.7	5.9	4.6 (Qrés.)	4.6 (Qrés.)	4.6 (Qrés.)	5.7	10.6	4.6 (Qrés.)	16.6

### 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU BARRAGE

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site les 2 juin et 6 septembre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées au barrage sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit à Crampagna	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
02/06/2010	69.2 m <sup>3</sup> /s (1.6 x module)	Qt ≈ 24 m <sup>3</sup> /s	342.07	339.72	2.35 m
06/09/2010	21.6 m <sup>3</sup> /s (1.6 x QMNA5)	NC groupe bulbe à l'arrêt	341.66	339.11	2.55 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

A partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site,
- et d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau,

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège à Crampagna	Débit turbiné Qt (m3/s)	Débit exutoire dévalaison Qe (m3/s)	Débit passe à poissons Qp (m3/s)	Débit passe à canoës (m3/s)	Débit d'attrait Qa (m3/s)	Débit échancrure secondaire Qe (m3/s)	Débit seuil Qs (m3/s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	7.7	1.2	0.8	0.7	3.0	0.2	0.0	341.70	339.30	2.40 m
Module (41.8 m <sup>3</sup> /s)	24.0	1.2	0.9	1.2	4.2	0.6	9.7	341.82	339.50	2.32 m
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	24.0	1.2	1.0	1.7	5.6	0.9	28.0	341.95	339.70	2.25 m
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	24.0	1.2	1.1	2.1	6.7	1.2	46.9	342.05	-	-

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

##### 3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS

Le site est équipé en rive droite d'une passe à bassins successifs communicant entre eux par des échancrures pratiquées dans les cloisons. Chaque cloison hormis la cloison aval est pourvue d'orifices de fond. L'ensemble forme une succession de 7 bassins + 1 bassin de tranquillisation à l'amont.

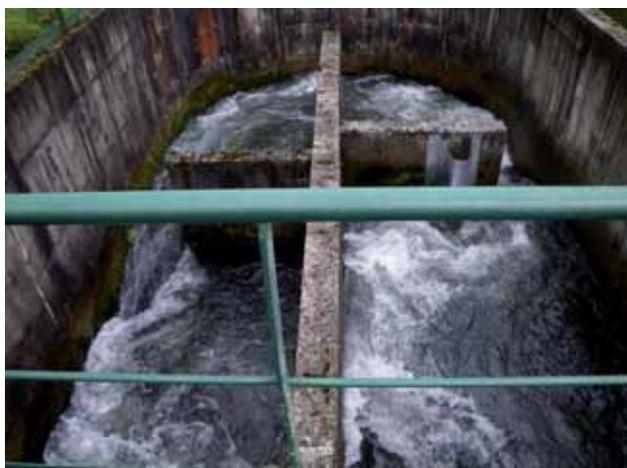
La prise d'eau d'alimentation de la passe s'effectue dans la retenue par l'intermédiaire d'un bassin de tranquillisation dont son entrée est protégée par une grille.

Une échancrure de débit d'attrait également réalisée dans le barrage permet l'injection d'un débit supplémentaire en pied de l'ouvrage, au niveau du bassin rustique de manière à augmenter son attractivité. Une passe à canoës est située en rive droite entre la berge et la passe à poissons permet aussi d'accentuer l'attractivité de cette rive droite

**A la cote de la retenue normale, le débit réservé dans le TCC est restitué intégralement par la passe à poissons et la passe à canoës ainsi que par les échancrures sur le barrage.**

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Largeur des échancrures dans la passe : 0.60 m
- Largeur de l'échancrure aval : 1.05 m
- Dimensions des orifices de fond (l x h) : 0.35 m x 0.35 m
- Dimensions moyenne des bassins (L x l) : 3.70 x 2.20 m
- Nombre de chutes : 8 chutes



Vue de la passe le 2 juin 2010



Vue de la passe le 6 septembre 2010

### 3.1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PASSE ACTUELLE

A partir des formules de déversoir et des dimensions de l'ouvrage, des simulations ont été réalisées afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique théorique de la passe existante. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Débit Ariège Crampagna	Débit TCC (Qt)	Débit seuil (Qs)*	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit d'attrait (Qa)	Débit passe à canoës (Qpak)	Chute max	Tirant d'eau moyen	Type de jet	Puissance dissipée maximale
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	4.7 m <sup>3</sup> /s	0.2 m <sup>3</sup> /s	0.8 m <sup>3</sup> /s	3.0 m <sup>3</sup> /s	0.7 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	1.85 m	Plutôt plongeant	166 W/m <sup>3</sup>
Module (41.8 m <sup>3</sup> /s)	16.4 m <sup>3</sup> /s	10.1 m <sup>3</sup> /s	0.9 m <sup>3</sup> /s	4.2 m <sup>3</sup> /s	1.2 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	2.00 m	Plutôt surface	173 W/m <sup>3</sup>
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	37.2 m <sup>3</sup> /s	28.9 m <sup>3</sup> /s	1.0 m <sup>3</sup> /s	5.6 m <sup>3</sup> /s	1.7 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	2.15 m	Plutôt surface	179 W/m <sup>3</sup>
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	58.0 m <sup>3</sup> /s	48.1 m <sup>3</sup> /s	1.1 m <sup>3</sup> /s	6.7 m <sup>3</sup> /s	2.1 m <sup>3</sup> /s	0.30 m	2.25 m	Plutôt surface	182 W/m <sup>3</sup>

\* : pour des raisons de lisibilité le débit Qs du seuil intègre la surverse sur l'échancrure secondaire.

### 3.1.3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du canal de fuite

Compte-tenu de la configuration « particulière » du site au niveau de l'usine (restitution séparée des deux débits turbinés) nous avons étudié la répartition des débits de l'Ariège au niveau de deux points :

- au droit de la confluence du canal de fuite du Bulbe avec le TCC (point 1)
- au droit de la confluence du canal de fuite de la Kaplan avec le TCC (point 2)

Au point n°2, il faut considérer que le débit turbiné par le groupe bulbe s'ajoute au TCC qui transite déjà le débit déversé au barrage (passes, attrait, seuil) et le débit de dévalaison.

Le tableau suivant détaille selon les pourcentages de répartition des débits en fonction de l'hydrologie.

Débit Ariège à Crampagna	Débit TCC amont point 1 (Qtcc1 = Q au barrage + Qdéval)	Débit turbiné par le Bulbe (Qb)	Attractivité du TCC au point 1 Qtcc1 / (Qb + Qtcc1)	Débit TCC au point 2 (Qtcc2 = Qtcc1 + Qb)	Attractivité du TCC au point 2 Qtcc2 / Q ariège
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	5.9 m <sup>3</sup> /s	0.0 m <sup>3</sup> /s	100 %	5.9 m <sup>3</sup> /s	43 %
Module (41.8 m <sup>3</sup> /s)	17.6 m <sup>3</sup> /s	8.0 m <sup>3</sup> /s	69 %	25.6 m <sup>3</sup> /s	61 %
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	38.4 m <sup>3</sup> /s	8.0 m <sup>3</sup> /s	83 %	46.4 m <sup>3</sup> /s	74 %
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	59.2 m <sup>3</sup> /s	8.0 m <sup>3</sup> /s	88 %	67.2 m <sup>3</sup> /s	81 %

Au droit de la jonction du canal de fuite de la Kaplan et du TCC, on constate qu'en période de basses-eaux, plus de la moitié du débit provient du canal de fuite (57%) ce qui est susceptible d'attirer préférentiellement le poisson vers l'usine. Avec l'augmentation du débit de l'Ariège et parallèlement la mise en service du groupe bulbe, le débit véhiculé par le TCC devient prépondérant. Le TCC transite ainsi à ce niveau près de 61 % du débit total au module et 81 % à 2 x le module.

Rappelons qu'un canal de liaison a été conçu au niveau de l'usine pour assurer le passage des poissons engagés dans le canal de fuite de la Kaplan et bloqués au pied des groupes pour assurer leur transit vers le TCC. Nous n'avons toutefois pu apprécier l'efficacité du dispositif hors d'eau lors de nos visites (passe fermée).

Au droit de la jonction du canal de fuite du groupe bulbe et du TCC, l'attractivité du TCC reste majoritaire. Puisque le bulbe est théoriquement à l'arrêt en basses-eaux, la totalité du débit transite par le TCC. Au module, près de 70 % du débit transite par le TCC et 88 % à 2 x le module.

#### ■ Attractivité de la passe à poissons au barrage

Débit Ariège Crampagna	Débit passe à poissons (Qpap)	Débit attrait (Qa)	Débit passe à embarcations (Qpak)	Débit total aval barrage (Qb)	Attractivité de la rive droite (Qpap+Qa+Qpak) / Qb	Attractivité de la passe en rive droite Qpap / (Qpap+Qpak+Qa)
Étiage (13.6 m <sup>3</sup> /s)	0.8 m3/s	3.0 m3/s	0.7 m3/s	4.7 m3/s	96 %	18 %
Module (41.8 m <sup>3</sup> /s)	0.9 m3/s	4.2 m3/s	1.2 m3/s	16.4 m3/s	38 %	14 %
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	1.0 m3/s	5.6 m3/s	1.7 m3/s	37.2 m3/s	22 %	12 %
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	1.1 m3/s	6.7 m3/s	2.1 m3/s	58.0 m3/s	17 %	11 %

L'ensemble des ouvrages de franchissement ainsi que l'échancrure de débit d'attrait sont positionnés en rive droite. Cela confère à cette rive une bonne attractivité en période de basses-eaux puisque 96 % du débit transite de ce côté. Avec l'augmentation des débits de l'Ariège et l'apparition des surverses au barrage, le débit transitant par les dispositifs diminue significativement et représente respectivement 38% à 17 % du débit total à l'aval du barrage au module et 2 x le module.

Au niveau de la rive droite, on constate que le débit transité par la passe à poissons représente 18 % à l'étiage et plus que 11 % à 2 x le module.

Au vu des débits transitant par les dispositifs et de la morphologie du seuil (incliné), les poissons doivent se présenter sans problèmes majeurs du côté de la passe à poissons et ce quel que soit le débit.

Le débit de la passe et le jet en sortie de passe semblent être favorables pour assurer une attractivité satisfaisante de la passe. On peut noter toutefois un petit masquage du jet par le débit d'attrait en eaux moyennes à fortes.



Vue des écoulements en rive droite en basses eaux et en eaux plutôt fortes



Vue de la sortie de la passe en eaux plutôt fortes

### ■ Conditions hydrauliques et fonctionnalité de la passe à poissons au barrage

L'étude des conditions hydrauliques au sein même de la passe ne révèle pas de grandes difficultés pour le franchissement de l'ensemble des espèces. Dans l'ensemble les chutes sont régulières et de l'ordre de 30 cm.

Les puissances dissipées maximales restent modérées et comprise entre 160 et 185 W/m<sup>3</sup>.

Compte-tenu de ces résultats l'ensemble des espèces se présentant en pied de la passe doit pouvoir franchir l'ouvrage sans difficultés majeures.

Les observations effectuées lors de nos visites du site n'ont pas révélé de problème particulier de fonctionnalité de la passe. On notera toutefois que les déflecteurs existants ne sont pas toujours assez profonds et ne jouent donc plus leurs rôles.



Déflecteur ne plongeant pas sous le niveau d'eau et ne joue pas son rôle

### ■ Conditions hydrauliques et fonctionnalités de la passe à l'usine

Lors de nos visites sur site en juin et septembre 2010, nous n'avons pas pu observer le fonctionnement du canal de liaison faisant office de passe à poissons entre le TCC et le canal de fuite de l'usine.

Toutefois, nous avons pu effectuer des relevés de lignes d'eau dans le TCC et le canal de fuite de manière à évaluer le dénivelé. Les différences de niveau relevées ont été de 53 cm en juin et 11 cm en septembre. Le dénivelé est donc plutôt favorable au fonctionnement d'un tel ouvrage et doit permettre de profiter de la « chute » pour attirer le poisson (tout au moins pour ces conditions de débit de l'Ariège : 1.6 x QMNA5 et 1.5 x Module).

### ■ Bilan du diagnostic

**Ainsi de manière générale, l'ouvrage de franchissement actuel ne pose pas de difficultés majeures de franchissement aux poissons qui parviennent à se présenter au pied de la passe. Les conditions hydrauliques restent tout à fait compatibles avec le passage des poissons.**

**Quelques améliorations pourront être apportées à l'ouvrage actuel notamment la pose de déflecteurs sur les cloisons où ils font défaut.**

**Le point le plus pénalisant reste l'attractivité du canal de fuite par rapport au TCC principalement au niveau de la jonction du TCC avec le canal de fuite de la Kaplan et notamment en période de basses eaux. Une passe à poissons complémentaire a été aménagée entre le canal de fuite et le TCC au niveau de l'usine. Lors de nos visites, cet ouvrage n'était pas ouvert.**

**Il sera nécessaire pour améliorer la montaison au niveau de l'usine :**

**- d'une part de réhabiliter le chenal de liaison existant pour qu'il soit fonctionnel en période de basses eaux,**

**- ou/et d'autre part d'envisager de faire fonctionner prioritairement le bulbe plutôt que la Kaplan en basses-eaux de manière à augmenter l'attractivité du TCC.**

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	338.70	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	341.57	m NGF
Cote haut de grille :	342.70	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	18.5	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	63	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	60	°
Hauteur d'eau :	2.87	m
Longueur totale de la grille :	4.49	m
Longueur immergée totale de la grille :	3.22	m
Largeur totale du plan de grille :	21.4	m
Surface totale du plan de grille :	96	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	69	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	24	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.45	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.35	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.18	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.23	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est légèrement inférieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### 3.2.2. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON EXISTANTS

Le site est actuellement équipé d'un dispositif de dévalaison implanté à l'usine. Il s'agit d'un exutoire pratiqué dans le mur bajoyer rive droite du canal d'amenée. Des madriers installés au niveau de l'exutoire exercent une réhausse de l'ordre de 25 cm de la cote de déversement.

Le débit transitant par l'ouvrage est contrôlé par un vannage. Les déversements de l'exutoire rejoignent ensuite le TCC.

Les caractéristiques dimensionnelles de ces ouvrages sont récapitulées ci-après.

- Largeur : 1.30 m
- Seuil de l'exutoire : 340.68 m NGF
- Cote de déversement : 340.93 m NGF
- Débit à la RN : 1.20 m<sup>3</sup>/s
- Équipements annexes : goulotte de dévalaison en aval, éclairage (lape à mercure)



Vue de la prise d'eau de l'exutoire dans le canal d'amenée



Vue de l'exutoire de dévalaison depuis l'aval

### 3.2.3. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

D'après les observations sur site, l'inclinaison latérale du plan de grille associée au fonctionnement de l'exutoire de dévalaison en rive droite permet de créer des courants tangentiels au droit des grilles. Les vitesses tangentielles latérales obtenues par le calcul à partir des caractéristiques de la prise d'eau et sans prendre en compte le fonctionnement de l'exutoire sont de l'ordre de 0.23 m/s.

Nous avons également pu constater la formation de zones de recirculation en rive droite et gauche du canal d'amenée au niveau de son élargissement à l'approche des grilles.

Au vu du débit transitant par l'exutoire (5% du débit turbiné), de l'espacement entre barreaux du plan de grille (3 cm) et de la configuration des écoulements au droit du plan de grille (léger courant tangential), l'efficacité de l'exutoire doit se révéler plutôt bonne.

Des expérimentations menés in-situ en 2001 (Croze *et al.*, 2001) sur différents lots de smolts de saumon atlantique lâchés dans le canal d'aménée en amont de l'usine, semblent confirmer cette appréciation.

Les résultats de cette étude font état d'une **efficacité moyenne de l'exutoire de l'ordre de 65.6 %**. Précisons que ce taux d'efficacité a été obtenu dans des conditions d'éclairage en fonctionnement. La lampe à mercure était ainsi allumée pendant l'ensemble de la durée des tests.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, **la perméabilité de la grille peut être estimée à environ 80% pour des anguilles de 70 cm** compte-tenu de l'espacement entre barreaux de 3 cm (espacement conforme à l'arrêté).

#### **3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES**

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 8 %** pour chacun des deux groupes par Bosc et Larinier (2000).

Pour les anguilles, **le taux de mortalité lors du passage par la turbine KAPLAN, s'élève à 53% et 75% pour le groupe bulbe soit un taux de mortalité général dans les turbines de 60%**.

#### **3.2.5. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT**

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques d'autre part,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Crampagna, le taux de mortalité générale au droit du site s'élèverait à 0.9 % pour les smolts et 9 % pour les anguilles.**

#### **3.2.6. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

L'ouvrage de Crampagna ne présente pas de problèmes majeurs à la dévalaison sur l'axe. Les mortalités induites par le franchissement de l'aménagement sont limitées comparativement aux ouvrages situés à l'aval et l'exutoire bénéficie d'une bonne attractivité, à condition toutefois de maintenir l'éclairage nocturne en continu sur l'exutoire.

Concernant la dévalaison de l'anguille, le site de Crampagna est plus problématique et l'amélioration de ses conditions de dévalaison ne pourrait passer que par une réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille. Cette réduction de l'espacement entre barreaux serait également bénéfique à la dévalaison des smolts.

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

### 4.1. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Aménagements au barrage

L'expertise menée sur l'ouvrage existant a montré que globalement la passe à poissons semblait fonctionnelle. Elle doit bénéficier d'une attractivité satisfaisante notamment grâce à l'injection d'un débit d'attrait conséquent en pied de passe.

De plus, les conditions hydrauliques sont compatibles avec les capacités de franchissement des espèces susceptibles d'emprunter le dispositif.

Lors de nos visites, nous avons pu constater que les déflecteurs au niveau des cloisons ne plongent pas assez profondément et ne jouent donc pas leurs rôles.

Il sera indispensable de les reprendre ou de les prolonger de manière à ce qu'ils descendent jusqu'au radier des bassins.

#### ■ Aménagements à l'usine

- Remise en fonction du canal de liaison à l'usine

Le canal de liaison existant à l'usine devra, si possible, être remis en fonctionnement et sous réserve d'une étude spécifique permettant de vérifier les lignes d'eau dans le TCC et dans le canal de fuite en fonction de l'hydrologie et des modes de fonctionnement des installations.

D'après nos observations, il semblerait toutefois qu'en basses eaux (conditions où le canal de fuite semble le plus attractif par rapport au TCC), le chenal de liaison puisse fonctionner avec un débit de l'ordre de 100 l/s.

- Adaptation de la gestion des turbines à bas débits

En condition d'étiage, l'idéal serait de donner la priorité au groupe bulbe plutôt qu'à la Kaplan afin de limiter l'attractivité du canal de fuite par rapport au TCC. La faisabilité technique et économique nécessite une étude spécifique.

#### ■ Montants estimatifs des travaux

Le montant estimatif des travaux sur les déflecteurs peut être estimé à environ 0.5-1 K€ HT environ.

### 4.2. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA DEVALAISON

L'ouvrage de dévalaison actuel semble suffisamment efficace pour la dévalaison des smolts en l'état (taux d'efficacité estimé à près de 66% par Croze *et al.* en 2001), et on peut penser qu'il n'est pas forcément nécessaire d'effectuer des aménagements particuliers sur le site pour la dévalaison des smolts. Rappelons toutefois que le système d'éclairage nocturne devra être maintenu en fonctionnement en période de dévalaison.

L'amélioration de la dévalaison des smolts pourrait passer par deux types d'aménagement :

- la mise en place d'un épi en amont du plan de grille en rive droite de manière à augmenter les courants tangentiels au plan de grille (exemple : épi installé à la prise d'eau du barrage EDF de Bedous sur le gave d'Aspe)
- la modification ou l'aménagement d'un nouveau plan de grille dont l'espacement entre barreaux serait réduit à 2 cm afin de créer une barrière physique et comportementale plus efficace pour les smolts. Cette modification serait par contre inévitable, si l'on souhaitait d'ores et déjà améliorer la dévalaison des anguilles.

Afin d'évaluer la faisabilité technique de la mise en place d'un nouveau plan de grille à espacement réduit entre barreaux, nous avons procédé à une comparaison des pertes de charges induites par la réduction de l'espacement entre barreaux par rapport au plan de grille actuel.

Les autres caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées.

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la formule de Meusburger suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge induites au droit du plan de grille actuel en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL (ESPACEMENT = 3 CM)</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.27	0.55	0.84
$K_\alpha$	1.79	1.79	1.79
$K_\beta$	0.89	0.89	0.89
$V_A^2 / 2g$	0.010	0.010	0.010
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>

PLAN DE GRILLE (ESPACEMENT = 2 CM)			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.40	1.40	1.40
$K_\beta$	0.89	0.89	0.89
$V_A^2 / 2g$	0.010	0.010	0.010
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>

Les calculs de pertes de charge réalisés avec réduction de l'écartement inter-barreaux, montrent que la réduction de l'espacement à 2 cm induit qu'une très légère augmentation des pertes de charge théoriques au niveau du plan de grille.

On peut penser toutefois au vu de la configuration du canal d'amenée en amont et des écoulements en approche du plan de grille, que la section utile de filtration du plan de grille soit en pratique plus faible et que par conséquent ces pertes de charges soient sous-estimées en l'état actuel comme en l'état projeté (espacement de 2 cm).

On peut penser toutefois que la différence restera modérée entre les deux configurations et qu'il semble donc possible sans modification notable de la configuration du plan de grille (inclinaison, surface), de réduire l'espacement entre barreaux.

On pourrait imaginer installer également les barreaux dans le sens de l'écoulement pour limiter l'obstruction des barreaux due à l'inclinaison latérale du plan de grille. Cette inclinaison devrait nécessiter alors une reprise du bras du dégrilleur.

#### 4.2.1. MONTANTS ESTIMATIFS DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux pour la reprise de l'exutoire actuel et le remplacement du plan de grille est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Reprise de l'exutoire actuel	5 K€
Équipements divers	15 K€
Remplacement du plan de grille	65 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
<b>TOTAL</b>	<b>105 K€</b>

# **SAINT-JEAN DE VERGES**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

Les installations hydroélectriques sont implantées sur la commune de Saint-Jean de Verges tandis que le barrage est situé à cheval sur les communes de Saint-Jean de Verges et de Crampagna.

Historiquement le site était un ancien moulin déjà recensé sur les cartes de Cassini. Le site a été acquis en 1960 par M. Subra qui a obtenu en 1963 l'autorisation de bâtir et d'exploiter une centrale hydroélectrique sur le site. L'usine a été construite en aval de l'ancien moulin aujourd'hui transformé en résidence.

Le barrage est situé 130 m en amont du pont de Saint-Jean de Verges et dérive une partie des eaux de la rivière vers l'usine située en aval du pont par l'intermédiaire d'une prise d'eau en rive droite alimentant un canal d'amenée. Les eaux turbinées sont restituées environ 100m en aval de l'usine par un canal de fuite.

L'usine hydroélectrique de M. Subra est actuellement régie par l'arrêté préfectoral du 24 décembre 1963. L'arrêté est actuellement en cours de renouvellement.



Vue du seuil depuis la rive gauche



Vue de l'usine depuis l'amont

### 1.1. LE SEUIL ET LA PRISE D'EAU

De la rive droite à la rive gauche on recense successivement :

➤ **La prise d'eau et le canal d'amenée**

La prise d'eau est constituée par 4 vannes indépendantes et identiques. L'ouverture ou la fermeture des vannes sont toujours complètes. Elles présentent les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 2.15 m
- Hauteur d'ouverture maximale : 1.82 m

Le canal d'amenée long d'environ 235 m qui passe sous le pont et l'habitation des exploitants, transite les eaux dérivées vers l'usine hydroélectrique. Il présente un déversoir de sécurité réalisé au niveau du mur bajoyer gauche et situé en amont immédiat du pont. Ainsi en cas de montée des eaux le débit excédentaire entonné vers l'usine peut être restitué vers l'Ariège.



Vue du canal d'amenée depuis l'usine



Déversoir de sécurité en rive gauche du canal d'amenée

➤ **Le seuil en lui même**

Le seuil de Saint-Jean de Verges est en fait un ancien « seuil naturel » qui a été par la suite réhaussé à l'aide d'enrochements et consolidé en crête par une dalle bétonnée qui s'est arrachée par endroit. Le seuil repose sur la roche sans semelle, sauf une partie qui est bétonnée en rive gauche côté vannages.

L'ouvrage se présente longitudinalement par rapport à l'axe principal des écoulements avec une extrémité aval localisée en rive droite au niveau de la prise d'eau.

La hauteur de chute au niveau du barrage est de l'ordre de 1.70 m en basses eaux.

Ses principales caractéristiques dimensionnelles sont les suivantes :

- Longueur de la crête déversante : 160 m,
- Largeur de la crête : variable en raison de l'agencement des enrochements, la largeur moyenne de la crête bétonnée est de 1.5 à 2 m,
- Cote d'arase : variable de 349.05 à 349.40 mNGF.
- Retenue normale (RN) : 349.40 m NGF



Vue du seuil depuis la rive gauche



Vue du seuil depuis la rive gauche

### ➤ **La passe mixte poissons-canoës**

A l'extrémité rive gauche du site se trouve la passe mixte. Cet ouvrage réalisé en 1995 a vocation à assurer le franchissement du barrage par les poissons mais également par les canoës-kayaks.

Elle est alimentée par une échancrure dans le barrage (2.00m x 0.50 m) et se compose d'un coursier bétonné sur sa partie amont et se prolonge à l'aval par un radier en enrochements.

Elle débouche en pied du barrage et ne présente aucun équipement annexe (grilles, etc.).

Le débit théorique de fonctionnement de l'ouvrage est de 1.2 m<sup>3</sup>/s à la cote de retenue normale (349.40 mNGF).



Vue de la partie amont bétonnée de la passe



Vue de la partie aval en enrochements de la passe

## **1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE**

L'usine hydroélectrique de Saint-Jean de Verges a été bâtie suite à l'arrêté d'autorisation de 1963 et mise en service en 1969. Elle se situe à l'aval du pont environ 235 m à l'aval de la prise d'eau. Les eaux turbinées à l'usine sont restituées à l'Ariège par l'intermédiaire d'un canal de fuite d'environ 100 m de long (puissance autorisée = 441 kW).

La cote d'exploitation à l'usine nécessaire au maintien de la RN au barrage est d'environ 349.35 m NGF.

L'usine est équipée d'une turbine de type KAPLAN dont les caractéristiques fournies ci-dessous sont tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000) :

- Débit maximum turbiné : 15 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : 2.5 m<sup>3</sup>/s environ
- Hauteur de chute nominale : 4.00 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 4
- Diamètre de la roue : 1.80 m
- Vitesse maximale de rotation : 165 trs/min

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 6.30 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 60°p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 6 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique sur rail permet le nettoyage du plan de grille.

Aucun dispositif de dévalaison n'est présent à ce jour au niveau de l'usine.



Vue du plan de grille et du dégrilleur à l'usine (canal assec)



Vue du plan de grille et du dégrilleur (canal en eau)



Le canal de fuite en aval de l'usine

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du seuil de Saint-Jean de Verges (Bassin versant égal à 1 540 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

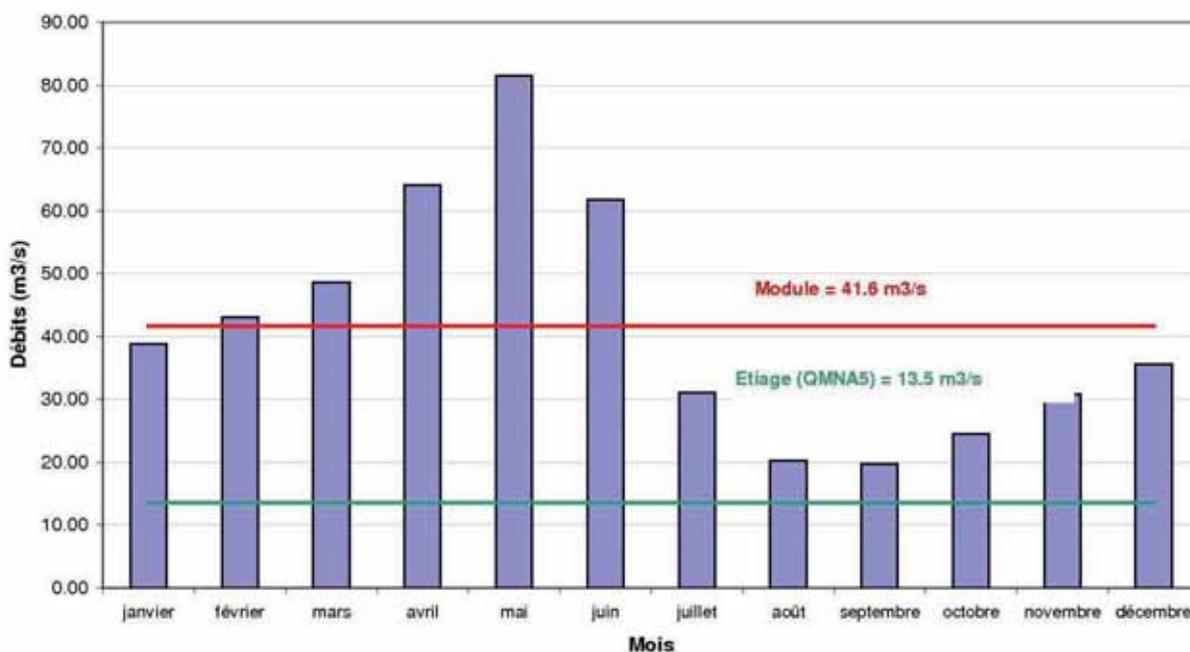
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : **41.6 m<sup>3</sup>/s**
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : **13.5 m<sup>3</sup>/s**

L'évolution des débits moyens mensuels à Saint-Jean de Verges est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

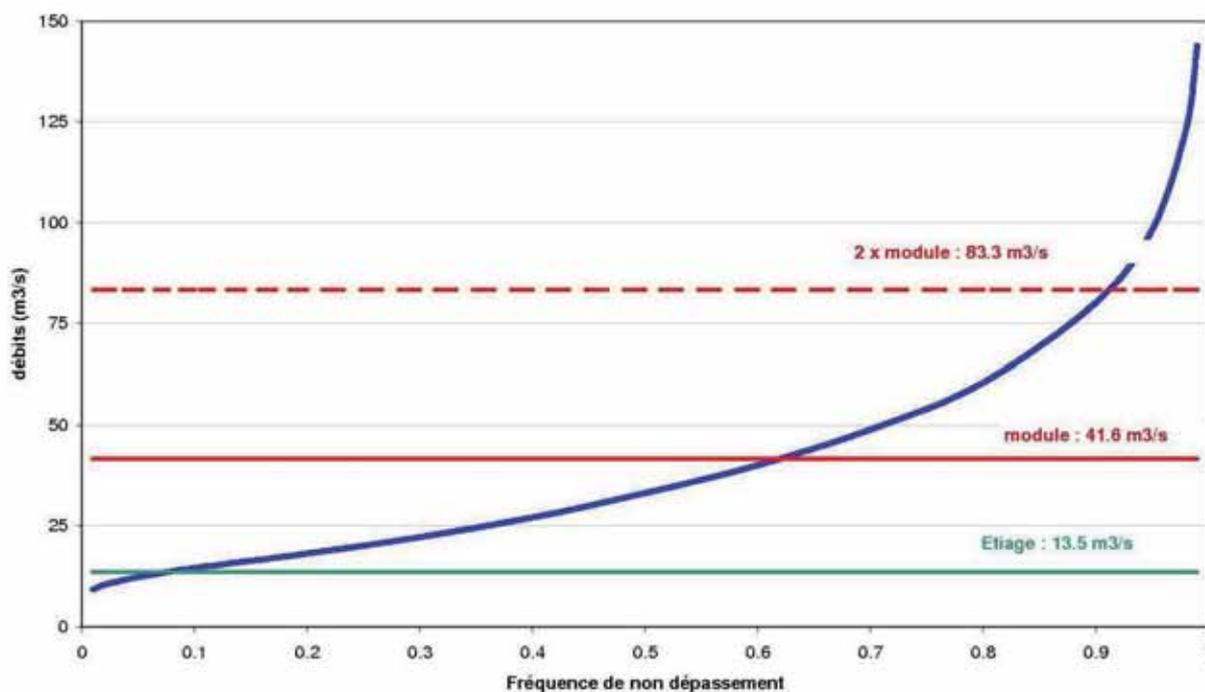
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
38.8	43.1	48.6	64.0	81.6	61.8	31.0	20.2	19.7	24.4	30.8	35.6



Evolution des débits moyens mensuels à Saint-Jean de Verges

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
143.8	123.1	98.2	80.1	60.4	48.9	40.0	33.1	27.1	22.1	18.1	14.4	12.2	10.4	9.1



### Evolution des débits classés sur l'année à Saint-Jean de Verges

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 190 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 250 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 300 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 395 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquantennale.

## 2.2. REPARTITION DES DEBITS AU DROIT DU SITE

### ■ Répartition théorique des débits

Depuis la loi pêche de 1984, le débit réservé actuel correspond au 1/40<sup>ème</sup> du débit annuel moyen (module) **soit un débit réservé de 1 m<sup>3</sup>/s**. Dans le cadre du renouvellement d'autorisation et conformément à l'article L214-18 du Code de l'Environnement le futur débit réservé devra être porté au plus tard au 1<sup>er</sup> janvier 2014, à minimum 1/10<sup>ème</sup> du module, soit 4 m<sup>3</sup>/s.

Le tableau ci-dessous récapitule la répartition théorique actuelle des débits mensuels au droit du site en fonction de l'hydrologie du cours d'eau et des caractéristiques des installations.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	QMNA5	Module
Q Ariège (m3/s)	38.8	43.1	48.6	64.0	81.6	61.8	31.0	20.2	19.7	24.4	30.8	35.6	13.5	41.6
Q turbiné (m3/s)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	12.5	15.0
Q TCC (m3/s)	23.8	28.1	33.6	49.0	66.6	46.8	16.0	5.2	4.7	9.4	15.8	20.6	1.0	26.6

### ■ Estimation de la répartition réelle des débits

Au niveau du seuil, la restitution du débit réservé dans le TCC doit théoriquement être assurée à la cote de retenue normale (RN = 349.40 mNGF) par l'ouvrage de franchissement qui a été dimensionné pour répondre à cette condition. Cependant, dans la pratique plusieurs paramètres modifient cette répartition à savoir :

#### ➤ Une crête du barrage dont l'altimétrie est très variable

La crête du barrage n'est pas uniforme de par l'agencement des enrochements qui le composent, mais aussi parce que par endroit, le dallage béton censé uniformiser la crête a été arraché. Aussi, des déversements d'eau sur le seuil interviennent pour des cotes de la retenue bien inférieures à la cote de retenue normale.

A partir des plans topographiques du seuil réalisés en octobre 2008 et des formules de déversoirs, nous avons pu estimer **que le débit déversé à la RN sur le seuil sans compter la passe à poissons est de l'ordre de 4.3 m3/s.**

**Le débit transitant par la passe à poissons est estimé, quand à lui, à 1.2 m3/s soit un peu plus que le débit réservé.**

#### ➤ La présence de fuites dans le barrage

Il a pu être constaté que le barrage présente des fuites et qu'un débit non négligeable percole au travers des enrochements. Le bureau d'études IDE, en charge de la réalisation du dossier d'autorisation (IDE, 2008), a réalisé des mesures de débit dans le tronçon court-circuité à l'aval immédiat du seuil. A partir de ces mesures, il est possible d'estimer en basses-eaux les fuites au travers du barrage.

Deux mesures ont ainsi été effectuées dans les conditions suivantes :

Date de la mesure	Q Ariège (Qa) (a)	Q turbiné (Qt)	Q passe à poissons (Qp)	Q vanne de décharge (Qv)	Q TCC	Niveau eau amont (b)
29/09/2010	≈ 8 m3/s	complément	0.45 m3/s	0.34 m3/s	2.71 m3/s	349.16 m NGF
30/09/2010	≈ 8 m3/s	0.00 m3/s	1.04 m3/s	NC	8.52 m3/s	349.36 m NGF

(a) L'estimation du débit dans l'Ariège le jour des mesures a été fourni par EDF à l'aval de l'aménagement de Labarre.

(b) Le niveau amont a été estimé par mesures du tirant d'eau à l'entrée de la passe à poissons.

A partir de ces données il est possible d'estimer grossièrement le débit de fuite  $Q_f$  au travers du barrage.

- Le 29 septembre,  $Q_f = QTCC - (Q_p + Q_v) = 1.92 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Le 30 septembre,  $Q_f = QTCC - (Q \text{ déversé au barrage} + Q_p + Q_v)$ . Or ce jour là le niveau amont a été estimé à 349.36 m NGF ce qui correspond à un débit déversé au barrage de l'ordre de 2.3 m<sup>3</sup>/s et 1.0 m<sup>3</sup>/s par la passe à poissons. On considère le débit par la vanne de chasse équivalent à la veille soit 0.34 m<sup>3</sup>/s. On a donc  $Q_f \approx 4.88 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le débit qui percole par les fuites au travers du seuil est influencé par la cote du niveau amont dans la retenue.

**On peut considérer, un débit de fuite  $Q_f$  égal à 5.00 m<sup>3</sup>/s pour un niveau d'eau amont supérieur ou égal à la RN soit 349.40 m NGF.**

## 2.3. VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

### ■ Relevés de niveaux d'eau effectués sur le site

Des relevés de ligne d'eau ont été effectués lors de nos visites sur site le 4 septembre 2009 et le 8 septembre 2010 de manière à apprécier l'évolution des niveaux au droit du seuil pour différentes conditions de débit.

Les différentes mesures effectuées sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Date des levés	Débit à Saint-Jean de Verges	Débit turbiné à l'usine	Niveau amont (mNGF)	Niveau aval (mNGF)	Chute totale
04/09/2009	18.3 m <sup>3</sup> /s (1.4 x QMNA5)	Non connu	349.38	347.71	1.67 m
08/09/2010	17.9 m <sup>3</sup> /s (1.3 x QMNA5)	Non connu	349.20	347.43	1.77 m

Remarque : Les valeurs de niveau mentionnées ont été recalées en NGF par différences d'altimétrie avec des points connus levés au cours de travaux topographiques antérieurs.

### ■ Estimation des variations de niveaux d'eau actuelles

La variation des niveaux d'eau au droit du site en fonction de l'hydrologie de l'Ariège a été estimée à partir :

- des mesures effectuées (voir tableau précédent),
- des formulations classiques de déversoir,
- de la configuration actuelle du site (topographie au niveau du seuil),
- et de l'estimation des fuites au barrage.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs obtenues.

Débit Ariège à Saint-Jean de Verges	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit passe à poissons Qp (m <sup>3</sup> /s)	Débit seuil Qs (m <sup>3</sup> /s) (a)	Fuites au barrage (m <sup>3</sup> /s) (b)	Débit total TCC (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.5 m <sup>3</sup> /s)	3.2	1.2	4.1	5.0	10.3	349.40	347.70	1.70 m
Module (41.6 m <sup>3</sup> /s)	15.0	1.8	19.8	5.0	26.6	349.55	347.95	1.60 m
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	15.0	2.4	40.0	5.0	47.4	349.65	348.10	1.55 m
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	15.0	2.8	60.4	5.0	68.2	349.75	348.25	1.50 m

Remarques :

(a) Le débit calculé pour la passe à poissons est le débit entonné au niveau de l'échancrure d'alimentation. En réalité le débit en sortie de passe est plus important compte-tenu des déversements sur le seuil qui rejoignent l'ouvrage.

(b) Dans ce calcul de répartition, et en l'absence de données supplémentaires les fuites au barrage ont été considérées constantes et égales à 5m<sup>3</sup>/s quelques soient les conditions hydrologiques.

### **3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE**

---

#### **3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON**

##### **3.1.1. PRÉSENTATION DES DISPOSITIFS EXISTANTS**

Le site est équipé d'un ouvrage de franchissement mixte poissons-canoës conçu en 1995. Cet ouvrage consiste en une rampe d'environ 27 m de longueur.

La partie amont est un coursier bétonné, tandis que la partie aval est une rampe en enrochements qui raccorde le coursier béton au pied du barrage. Cette rampe présente une rupture de pente marquée sur son tiers aval et l'on peut ainsi distinguer en réalité une succession de deux rampes rustiques.

Cet ouvrage est implanté en rive gauche au niveau de l'extrémité amont du barrage. La prise d'eau d'alimentation s'effectue par l'échancrure également bétonnée qui entonne par conception le débit réservé à la cote de retenue normale du barrage (349.40 m NGF).

A signaler qu'il n'existe aucun aménagement annexe à ce dispositif tels que grille de protection ou mur bajoyer. Aussi lors des déversements sur le seuil, une partie des écoulements rejoint directement le dispositif de franchissement.

Les principales dimensions de l'ouvrage obtenues à partir des plans collectés et des mesures effectuées sur le terrain sont récapitulées ci-dessous.

- Dimensions de l'échancrure (l x h) : 2.00 m x 0.50 m
- Longueur du coursier béton (partie amont) : 6.6 m
- Pente moyenne du coursier béton : 1.97 %
- Longueur de la rampe en enrochements partie intermédiaire : 11.2 m
- Pente moyenne de la rampe intermédiaire : 4.6 %
- Longueur de la rampe en enrochements partie aval : 9.0 m
- Pente moyenne de la rampe aval : 12.0%



Vue de la partie amont (coursier béton)



Vue de la partie aval en enrochement (partie intermédiaire)



Vue de la partie aval de la rampe en enrochements



Vue du TCC à l'aval de la passe

### 3.1.2. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

#### ■ Attractivité du canal de fuite

En fonction de la répartition des débits et des conditions hydrologiques, l'attractivité du dispositif au barrage ainsi que l'attractivité du TCC au niveau de sa connexion avec le canal de fuite de l'usine seront variables.

Le tableau ci-après présente la répartition des débits pour une hydrologie de l'Ariège allant de l'étiage à 2 fois le module.

Débit Ariège à Saint-Jean de Verges (Qa)	Débit turbiné (Qt)	Débit total en sortie de passe (Qp)	Débit total TCC * (Qtcc)	Attractivité de la passe (Qp/Qtcc)	Attractivité du TCC (Qtcc/Qa)
Étiage (13.5 m <sup>3</sup> /s)	3.2 m3/s	2.8 m3/s	10.3 m3/s	27 %	76 %
Module (41.6 m <sup>3</sup> /s)	15.0 m3/s	6.8 m3/s	26.6 m3/s	26 %	64 %
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	15.0 m3/s	11.3 m3/s	47.4 m3/s	24%	76 %
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	15.0 m3/s	15.0 m3/s	68.2 m3/s	22 %	82 %

\* : Le débit mentionné dans le TCC tient compte d'un débit de fuite de 5 m3/s au barrage.

Le canal de fuite de l'usine hydroélectrique est susceptible d'exercer une attractivité notable au niveau de sa confluence avec le tronçon court-circuité. Sa largeur davantage réduite, concentre l'écoulement et génère des vitesses d'écoulement qui peuvent être plus importantes que dans le TCC, ce qui peut accentuer la remontée des poissons jusqu'en pied des groupes.

Une fois engagés dans le canal de fuite, les poissons progressent jusqu'en pied des groupes. Ils peuvent être attirés par l'arrivée d'eau qui provient de la goulotte de défeuillage et peuvent tenter en vain de franchir la chute à ce niveau avec des risques accrus d'épuisement de blessures liés au choc contre le béton.

Ce phénomène est particulièrement marqué en période d'hydrologie faible à moyenne. Pour un débit de l'Ariège proche du module par exemple, le débit du canal de fuite représente 36 % du débit total de l'Ariège. Ce phénomène s'atténue avec la montée des eaux et l'augmentation de la part véhiculée par le TCC.

Rappelons également que la part transitant par le TCC tient compte d'un débit de 5 m3/s correspondant aux fuites du barrage. Dans le cas où l'étanchéité du barrage serait rétablie, on pourrait envisager qu'en période d'étiage ce débit puisse être turbiné à l'usine ( $Q_t = 3.2 + 5 = 8.2$  m3/s). L'attractivité du canal de fuite serait alors encore plus pénalisante pour le poisson (débit turbiné représentant 61% du débit total de l'Ariège).

#### ■ Attractivité de la passe au barrage

La passe existante est située à un emplacement idéal du fait de l'inclinaison du seuil. Le poisson aura ainsi tendance à remonter progressivement le long du seuil jusqu'à rencontrer l'entrée de l'ouvrage. De plus la passe à poissons bénéficie d'une bonne attractivité. Le débit entonné par l'échancrure de la passe reste relativement faible par rapport au débit du TCC, mais les déversements supplémentaires qui rejoignent progressivement la passe font qu'en sortie de l'ouvrage, le débit est suffisamment conséquent pour une bonne attractivité de l'ensemble et compris entre 20 et 30 % du débit dans le TCC de l'étiage à 2 fois le module.

Compte-tenu d'une variabilité importante de la cote d'arase du seuil, des déversements significatifs interviennent par endroits sur le barrage. Ces déversements peuvent attirer localement le poisson et l'inciter à passer par ces points singuliers. Les poissons peuvent alors se blesser sur le seuil en essayant de passer par ces endroits.



Déversements au barrage susceptibles d'attirer le poisson

## ■ Conditions hydrauliques dans la passe

- Estimations des débits et vitesses dans l'ouvrage

Compte-tenu des déversements sur le seuil lorsque le niveau amont dépasse la cote de déversement, la passe à poissons reçoit des apports complémentaires au débit entonné par l'échancrure de débit d'attrait. Le débit en sortie de passe est ainsi plus important qu'en entrée de l'ouvrage. En première approche, les déversements rejoignant la passe concerne une crête déversante d'environ 23 m soit près de 15% de la longueur totale du barrage.

Le tableau ci-dessous récapitule l'évolution des débits entonnés par l'échancrure et en sortie de passe pour des débits de l'Ariège de l'étiage à 2 fois le module.

Débit Ariège à Saint-Jean de Verges	Débit en entrée de passe	Débit déversé au barrage	Débit total en sortie de passe
Étiage (13.5 m <sup>3</sup> /s)	1.2 m <sup>3</sup> /s	1.6 m <sup>3</sup> /s	2.8 m <sup>3</sup> /s
Module (41.6 m <sup>3</sup> /s)	1.8 m <sup>3</sup> /s	5.0 m <sup>3</sup> /s	6.8 m <sup>3</sup> /s
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	2.4 m <sup>3</sup> /s	8.9 m <sup>3</sup> /s	11.3 m <sup>3</sup> /s
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	2.8 m <sup>3</sup> /s	12.2 m <sup>3</sup> /s	15.0 m <sup>3</sup> /s

Le débit déversé au barrage et rejoignant la passe varie suivant les conditions hydrologiques d'environ 1 à 4.5 fois environ le débit entonné par l'échancrure de l'étiage à 2 fois le module.

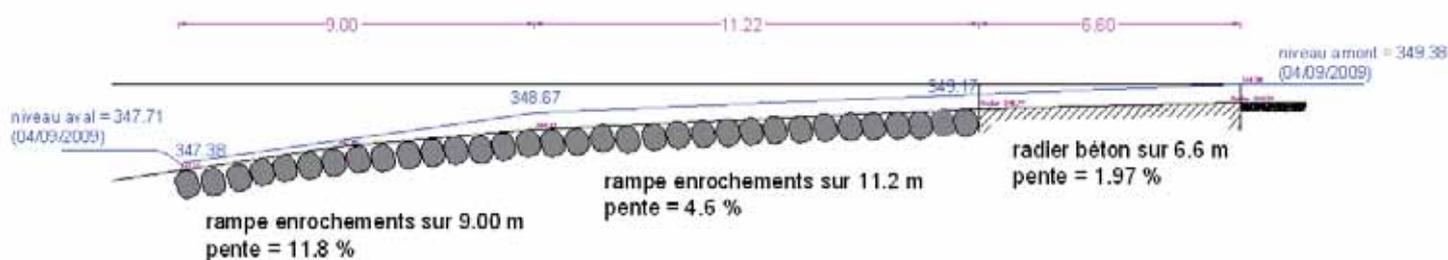
Les vitesses calculées au niveau de la partie amont de la passe (chenal bétonné) ont été évaluées entre 1.2 et 1.5 m/s. Ces valeurs sont compatibles avec le passage des différentes espèces piscicoles.

- Chute à l'aval de l'ouvrage

Lors de la visite sur site en septembre 2009, un profil en long de la ligne d'eau dans l'ouvrage a pu être établi. La passe à poissons transitait alors un débit proche du débit réservé (niveau amont = 349.38 m NGF).

Les relevés de ligne d'eau ont permis d'identifier que la chute totale au barrage (1.67 m) est rattrapée par :

- une chute aval de 96 cm par une rampe en enrochements de 9 m à une pente proche de 12 %,
- une chute de 50 cm par une rampe en enrochements de 11.2 m à une pente de 4.6 %,
- et une chute de 21 cm par le chenal bétonnée long de 6.6 m à une pente d'environ 2%.



La pente de la rampe aval (12 % environ) est trop importante entraînant des vitesses d'écoulement fortes et des tirants d'eau trop faibles pour assurer un bon franchissement des poissons.

L'ouvrage peut s'avérer sélectif pour les salmonidés notamment en période de faible hydrologie, du fait des fortes vitesses et des faibles tirants d'eau en partie aval de la passe (fortes turbulences). Le tirant d'eau est trop faible pour les gros salmonidés (grosses truites fario, saumons, truites de mer) et les vitesses d'écoulement sont trop fortes pour les petits salmonidés (truites fario).

Pour l'anguille et la lamproie, l'ouvrage ne doit pas poser de problèmes majeurs.



Vue de la rampe aval à fort pendage (septembre 2009)



Vue de la rampe aval en septembre 2010

## ■ Bilan du diagnostic

Ainsi de manière générale, les conditions hydrauliques dans l'ouvrage en partie aval pose quelques problèmes de franchissement notamment pour les plus gros (faibles tirants d'eau) et les plus petits salmonidés (fortes vitesses).

Cette sélectivité induite par la rampe rustique aval à fort pendage implique de reprendre à minima la partie aval de l'ouvrage. Rappelons que l'arrêté d'autorisation est actuellement en cours de renouvellement et qu'au titre de la loi sur l'eau le futur débit réservé sera revu à la hausse par rapport à l'état actuel. Le dimensionnement de l'ouvrage de franchissement devra être vraisemblablement repensé pour tenir compte de cette nouvelle répartition des débits de manière à optimiser son fonctionnement.

Le débit turbiné à l'usine est susceptible en basses-eaux d'exercer un attrait significatif sur le poisson qui sera alors tenté de remonter jusqu'à l'usine et risque de se retrouver bloqué en pied des groupes. La longueur notable du canal de fuite est plutôt défavorable à la redévalaison des poissons. Cependant, la localisation de l'ouvrage en partie amont du bassin ne milite pas pour aménager un dispositif spécifique de franchissement au niveau de l'usine (canal de liaison, passe à poissons...).

## 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille et du canal d'amenée, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

#### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	344.61	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	349.35	m NGF
Cote haut de grille :	349.60	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	6.3	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	60	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	4.74	m
Longueur totale de la grille :	5.76	m
Longueur immergée totale de la grille :	5.47	m
Largeur totale du plan de grille :	6.3	m
Surface totale du plan de grille :	36	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	34	m <sup>2</sup>

#### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	15	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.50	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.44	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.25	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On peut donc constater que la vitesse normale est inférieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### 3.2.2. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

Actuellement le site ne présente aucun dispositif de dévalaison spécifique au droit de l'usine.

Au vu de l'espacement actuel entre barreaux (6 cm), la perméabilité de la grille est totale pour les smolts et pour des anguilles de 70 cm. On peut donc penser que les poissons dévalants par le canal d'amenée vont transiter obligatoirement au travers la turbine.

### 3.2.3. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers des turbines hydroélectriques ont été calculés à partir des caractéristiques des turbines et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

Chaque groupe présente des caractéristiques identiques, les taux de mortalités de chaque turbine sont donc identiques.

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 7 % par Bosc et Larinier (2000).**

Pour l'anguille dévalante, le taux de mortalité est quant à lui d'environ 47%.

### 3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Saint-Jean de Verges le taux de mortalité générale au droit du site s'élève à 0.3 % pour les smolts et 15 % pour les anguilles.**

### **3.2.5. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA DÉVALAISON**

Le site de Saint-Jean de Verges n'est actuellement pas équipé d'ouvrage de dévalaison à l'usine. Dans le cadre du renouvellement d'autorisation (en cours), il paraît nécessaire de procéder à l'aménagement d'ouvrage spécifique, notamment vis à vis de la dévalaison des anguilles.

On préconisera d'une part la création d'un exutoire de surface en rive gauche du canal d'amenée et d'une goulotte de restitution des poissons qui sera préférentiellement orientée vers le TCC et non le canal de fuite pour en limiter l'attractivité.

Le plan de grille devra être repris avec notamment une réduction de l'écartement entre barreaux porté à 2 cm maximum. En effet, les mortalités potentielles sur les anguilles sont importantes (15%) et cet écartement constitue la valeur maximale acceptable pour réaliser une « barrière » au passage des anguilles dans la turbine.

Un tel espacement sera également bénéfique pour la dévalaison des smolts, même si la centrale est moins problématique.

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENT

---

### 4.1. REMARQUES PRÉALABLES À LA CONCEPTION DES AMÉNAGEMENTS

#### 4.1.1. MISE EN CONFORMITÉ DES DISPOSITIFS AVEC LE FUTUR RÈGLEMENT D'EAU

Les installations hydroélectriques de Saint-Jean de Verges dont M. Subra est le propriétaire, font l'objet d'une demande d'autorisation actuellement en cours pour le renouvellement de la concession. **Dans le cadre de ce renouvellement et conformément à l'article L214-18 du Code de l'Environnement, le débit réservé sera porté à 1/10<sup>ème</sup> du module au minimum soit 4 m3/s.**

La répartition des débits au droit du site sera donc modifiée par rapport à la situation actuelle. Le tableau ci-dessous récapitule l'évolution de cette répartition.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	QMNA5	Module
Q Ariège (m3/s)	38.8	43.1	48.6	64.0	81.6	61.8	31.0	20.2	19.7	24.4	30.8	35.6	13.5	41.6
Q turbiné (m3/s)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	9.5	15.0
Q TCC (m3/s)	23.8	28.1	33.6	49.0	66.6	46.8	16.0	5.2	4.7	9.4	15.8	20.6	4.0	26.6

#### 4.1.2. SUPPRESSIONS DES FUTURES AU BARRAGE

Il subsiste actuellement de nombreuses interrogations quant à la répartition exacte des débits au droit du site. Les fuites au barrage ont fait l'objet d'une estimation mais l'on ne connaît pas la variabilité de ces valeurs en fonction de l'hydrologie de l'Ariège.

De plus l'irrégularité de la cote d'arase du barrage, induit des déversements non contrôlés sur le parement qui restent difficilement quantifiables. Si l'ensemble de ces débits (fuites + déversements) peuvent permettre la circulation dans le TCC d'un débit suffisant pour le maintien d'une vie biologique, il est en revanche quasi impossible d'en connaître la valeur et de s'assurer de l'entière restitution du débit réservé réglementaire. Qui plus est, ces pertes occasionnées par le défaut d'étanchéité au barrage peuvent occasionner un manque à gagner conséquent pour l'exploitant qui devra retarder la mise en marche des installations.

Aussi, pour la suite de l'étude et pour un dimensionnement satisfaisant et fonctionnel des dispositifs proposés, on considèrera que seront rétablis une étanchéité parfaite du barrage (suppression des fuites) et une cote d'arase régulière calée à la cote de la retenue normale (349.40 m NGF) sur l'ensemble du barrage. Ces travaux auront pour double avantage de faciliter le contrôle de la restitution du débit réservé de 4 m3/s mais également de réduire les pertes d'exploitation.

#### 4.1.3. ÉVOLUTION DE L'ATTRACTIVITÉ DU CANAL DE FUITE

Compte-tenu de ces modifications, l'attractivité du canal de fuite et du TCC vont se trouver ainsi modifié en période de basses-eaux. Elles sont ici re-précisées de manière à en tenir compte dans la définition des aménagements à réaliser.

Débit Ariège à Saint-Jean de Verges (Qa)	Débit turbiné (Qt)	Débit dans le TCC au barrage (Qtcc)	Attractivité du TCC (Qtcc/Qa)
Étiage (13.5 m <sup>3</sup> /s)	9.5 m <sup>3</sup> /s	4.0 m <sup>3</sup> /s	30 %
Module (41.6 m <sup>3</sup> /s)	15.0 m <sup>3</sup> /s	26.6 m <sup>3</sup> /s	64 %
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	15.0 m <sup>3</sup> /s	47.4 m <sup>3</sup> /s	76 %
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	15.0 m <sup>3</sup> /s	68.2 m <sup>3</sup> /s	82 %

En période d'étiage, le débit transitant par le canal de fuite lors du fonctionnement de l'usine sera d'environ 70 % du débit total de l'Ariège. Cette attractivité peut pénaliser les poissons qui risquent d'être attirés vers l'usine et non vers le barrage.

Pour accentuer l'attractivité du TCC, et dans le cadre de l'aménagement d'un dispositif de dévalaison à l'usine, on privilégiera la restitution des poissons et du débit de dévalaison vers le TCC plutôt que dans le canal de fuite à l'aval de l'usine.

## 4.2. AMÉLIORATION DE LA FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

L'ouvrage de franchissement actuel, bien que bénéficiant d'une bonne attractivité, ne permet pas d'offrir des conditions de franchissement satisfaisantes et il reste trop sélectif.

La problématique vient essentiellement de la rampe aval qui présente un trop fort pendage et génère ainsi des fortes vitesses d'écoulement et des faibles tirants d'eau.

Il serait donc à minima nécessaire de reprendre la partie aval de la passe de manière à assurer des conditions d'écoulement compatibles avec les capacités de franchissement des poissons.

Cependant, au vu de l'évolution future du débit réservé, de l'obligation d'intervenir sur le seuil et sur le dispositif de franchissement, nous proposons plutôt de reprendre complètement l'ouvrage existant et de réaliser de nouveaux aménagements permettant d'améliorer le passage des poissons vers l'amont.

Deux solutions d'aménagement pourraient être envisagées au barrage à savoir :

- **le reprofilage de la partie aval de la passe**, par un apport complémentaire d'enrochements,
- **la démolition du coursier béton amont et la création d'une rampe rugueuse** pourvue de blocs régulièrement répartis permettant de limiter les vitesses d'écoulement et de dissiper l'énergie.

La première proposition consisterait à aménager sur partie aval de l'ouvrage existant une rampe en enrochements en apportant des matériaux pour combler le déficit actuel. L'objectif serait ainsi de supprimer la rupture du profil en long de la rampe en lui conférant une pente uniforme de l'ordre de celle observée sur l'amont soit 4.5 % environ. Cela permettrait de diminuer les contraintes hydrauliques en pied de passe (turbulences, vitesses fortes, tirants d'eau faibles). En complément on réaliserait une échancrure calibrée au barrage pour faire transiter le débit réservé complémentaire.

En terme de travaux elle est sensiblement équivalente à la seconde proposition. La première option nécessite d'importants travaux au barrage sans pour autant résoudre l'ensemble des

problématiques. A devoir réaliser des travaux conséquents au barrage, il nous semble donc plus pertinent de réaliser un nouvel aménagement complet et fonctionnel par conception qui entonnera à lui seul un débit important et offrira des conditions hydrauliques favorables à la remontée du poisson. **On retiendra donc le dimensionnement d'une nouvelle rampe rugueuse en place des dispositifs actuels.**

#### 4.2.1. POSITION DES INSTALLATIONS ET DÉBIT DE FONCTIONNEMENT

##### ■ Emplacement des dispositifs

Au vu de la configuration du site les aménagements seront réalisés, comme actuellement, en rive gauche au niveau de l'actuel dispositif de franchissement.

##### ■ Débit de fonctionnement

Le débit réservé devra être augmenté jusqu'à 4 m<sup>3</sup>/s dans le cadre du renouvellement d'autorisation, ce qui implique de reprendre le seuil. **On proposera donc de faire transiter entre 50 et 100 % de ce débit réservé directement dans l'ouvrage en conditions d'étiage. Le débit minimum de la passe sera donc compris entre 2 et 4 m<sup>3</sup>/s en basses-eaux**, sachant que d'un point de vue attractif et facilité d'entretien et de gestion, il serait préférable de faire transiter la totalité du débit réservé.

#### 4.2.2. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU DISPOSITIF

##### ■ Type d'ouvrage

L'ouvrage proposé consiste en un chenal permettant de relier le bief amont au bief aval et dans lequel l'énergie est dissipée et les vitesses réduites par la **rugosité du fond** et ainsi que par des **successions de singularités (enrochements) plus ou moins régulièrement réparties**.

L'objectif de la disposition adaptée des enrochements sur la rampe est de permettre de dissiper localement l'énergie de l'écoulement et de réduire les vitesses et augmenter les tirants d'eau, de manière à offrir des zones de repos pour les poissons circulant dans le dispositif.

Le profil en long de l'ouvrage sera calé de manière à ne pas imposer un pendage trop important et à réduire les vitesses au sein de l'ouvrage. Cependant on veillera également à limiter la longueur du chenal. Ainsi, en amont, on ne dépassera pas la limite de l'ouvrage actuel. A l'aval, l'entrée piscicole ne devra pas être trop éloignée du pied du seuil pour garantir une bonne attractivité pour le poisson longeant le barrage à la recherche d'un passage. Mais la rampe devra être assez longue pour que le pied soit suffisamment ennoyé y compris en cas d'enfoncement du lit. Pour satisfaire à ces recommandations la pente de l'ouvrage sera de 5 %.

**L'ouvrage présentera également un dévers latéral** de 10%, de manière à offrir pour n'importe quelles conditions de débit une zone de bordure avec un tirant d'eau et des vitesses moindres. Cette frange latérale sera également une zone de passage privilégiée des anguilles qui y trouveront un substrat de reptation faiblement ennoyé.



Rampe en enrochements présentant des singularités préfabriquées en béton armé régulièrement réparties (passe de Remoulins sur le Gardon)



Rampe en enrochements présentant des singularités préfabriquées en béton armé régulièrement réparties (passe de Callet sur le Gardon)



Passe « rustique » à enrochements régulièrement répartis de Carennac sur la Dordogne

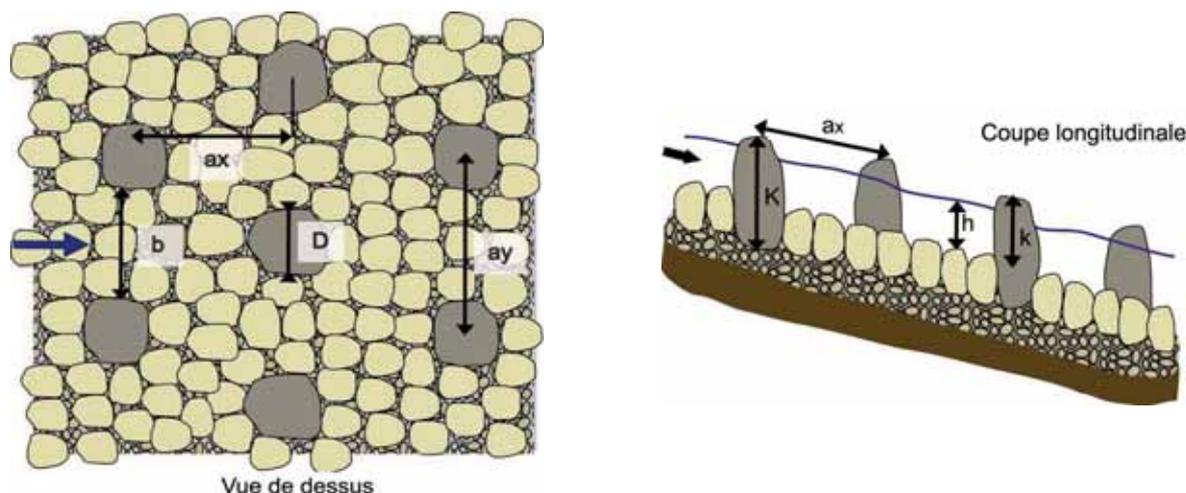
#### ■ Débit dans l'ouvrage et tirant d'eau

Le débit entonné devra être suffisamment conséquent pour pouvoir exercer un attrait satisfaisant sur le poisson et le guider vers l'entrée de l'ouvrage. A ce stade de l'étude, **on dimensionnera la passe rustique pour qu'elle entonne un débit minimum à l'étiage équivalent au futur débit réservé soit 4 m<sup>3</sup>/s.**

On veillera également à garder dans l'ouvrage y compris en période d'étiage, un tirant d'eau suffisant sur toute la largeur de la rampe. La rampe sera calée de manière à obtenir **un tirant d'eau minimum de 50 cm.**

#### ■ Critères géométriques des enrochements répartis

La passe rustique sera pourvue d'enrochements régulièrement répartis dont les caractéristiques sont présentées ci-après.



Schémas de principe d'une rampe « naturelle » avec enrochements régulièrement répartis  
(d'après Larinier et al, 2006)

- Dimensions des blocs

De manière générale, plus la hauteur des blocs est importante, plus le dispositif est hydrauliquement efficace mais il est sujet au colmatage et à la formation d'embâcles. Le dispositif n'étant pas protégé en amont, on compensera par une augmentation rapide du tirant d'eau lors de la montée des débits afin que le dispositif puisse être rapidement submergé en cas de crues.

La hauteur utile  $k$  retenue (hauteur mise en opposition à l'écoulement au dessus du radier) sera de 0.60-0.80 m environ.

Les blocs enchâssés dans le radier auront un diamètre moyen  $D$  d'environ 0.50 m (voir également § blocométrie ci-après). Le rapport de forme  $k/D$  sera donc de l'ordre de 1.2, valeur comprise dans la fourchette recommandée dans le *Guide technique pour la conception des passes naturelles* (Larinier et al, 2006) qui mentionne des valeurs admises de 1 à 2 au maximum.

On veillera également à disposer ces blocs de manière à positionner la face la plus plane face à l'écoulement. Ceci permettra, pour une concentration et une hauteur d'eau donnée de réduire les vitesses et puissances dissipées.

- Concentration des blocs

Plus la pente est élevée, plus la concentration doit être élevée. Pour des questions d'entretien, il est recommandé de limiter la concentration des blocs à 16 % (Larinier et al, 2006).

On retiendra ici une concentration des blocs à hauteur de 13 % correspondante à un espace libre entre les blocs de l'ordre de 90 cm.

- Forme des blocs et mise en place

Il sera recommandé de choisir des blocs à face plane plutôt qu'à face arrondie de manière à accentuer l'effet de rugosité sur l'écoulement. Cela aura pour conséquence d'une part de limiter les vitesses d'écoulement au sein de l'ouvrage, mais également d'obtenir un débit dans la passe légèrement plus faible pour un débit donné du cours d'eau.

Ces enrochements seront répartis selon les critères définis précédemment et la face plane des blocs sera orientée vers l'amont face à l'écoulement.

## ■ Dimensionnement de l'ouvrage

Les principales caractéristiques de l'ouvrage pourraient être les suivantes si la totalité du débit réservé transitait par le dispositif :

- Type : Rampe rustique à enrochements régulièrement répartis
- Pente de l'ouvrage : 5.0 %
- Longueur développée de l'ouvrage : 36 m
- Largeur de l'ouvrage : 12 m
- Largeur latérale des blocs (largeur face à l'écoulement) : 0.50 m
- Hauteur utile des blocs : 0.60-0.80 m
- Concentration des blocs : 13 %
- Espacement longitudinal entre blocs, d'axe à axe 1.40 m
- Espacement latéral entre blocs, d'axe à axe 1.40 m
- Largeur de passage libre entre les blocs 0.90 m
- Débit dans le dispositif à l'étiage : 4 m<sup>3</sup>/s environ

La granulométrie et les caractéristiques précises des blocs devront, bien sur, être affinées au stade avant projet ou projet des aménagements. Le dimensionnement devra être optimisé pour trouver le meilleur compromis entre conditions hydrauliques optimales pour le poisson en hydrologie normale d'une part, et résistance de l'ouvrage aux crues d'autre part.

### 4.2.3. EQUIPEMENTS ET TRAVAUX ANNEXES

Préalablement à la réalisation de ce nouveau dispositif, il sera nécessaire de procéder à la destruction complète de la passe existante. La partie amont bétonnée sera démantelée et la partie aval en enrochements sera retravaillée pour donner à l'ensemble une pente et une granulométrie uniforme.

Comme précisé précédemment, l'aménagement de la rampe s'accompagnera d'une reprise complète du seuil. Le barrage sera étanché pour supprimer les fuites et sa crête sera réunifiée à la cote de retenue normale soit 349.40 m NGF.

### 4.2.4. ADAPTABILITE DE L'OUVRAGE AUX VARIATIONS DE DEBIT

Suite à la suppression des fuites au barrage, le niveau aval à l'étiage va être légèrement réduit et la chute au barrage va augmenter. A ce stade de l'étude on prendra donc une chute à l'étiage de 1.80 m soit une marge de sécurité d'une dizaine de centimètres.

En fonction du niveau du plan d'eau amont et des caractéristiques du site, la plage de fonctionnement du dispositif pourrait être la suivante :

Débit Ariège à Saint-Jean de Verges	Niveau amont (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute	Débit turbiné (Qt)	Débit au barrage (Qb)	Débit rampe (Qr)	Attractivité de la passe (Qr/Qtcc)
Étiage (13.5 m <sup>3</sup> /s)	349.40	347.60	1.80 m	0.0 m <sup>3</sup> /s	≈ 0.0 m <sup>3</sup> /s	≈ 4.0 m <sup>3</sup> /s	≈ 100 %
Module (41.6 m <sup>3</sup> /s)	349.58	347.95	1.63 m	15.0 m <sup>3</sup> /s	≈ 21 m <sup>3</sup> /s	≈ 6 m <sup>3</sup> /s	≈ 22 %
1,5 x module (62.4 m <sup>3</sup> /s)	349.69	348.10	1.59 m	15.0 m <sup>3</sup> /s	≈ 40 m <sup>3</sup> /s	≈ 7 m <sup>3</sup> /s	≈ 15%
2 x module (83.2 m <sup>3</sup> /s)	349.78	348.25	1.53 m	15.0 m <sup>3</sup> /s	≈ 60 m <sup>3</sup> /s	≈ 8 m <sup>3</sup> /s	≈ 12 %

#### 4.2.5. MONTANTS ESTIMATIFS DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux est récapitulé dans le tableau ci-dessous. Il comprend les travaux sur le dispositif de franchissement et la réparation des fuites au barrage :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	10 K€
Batardeaux, Mise hors d'eau	20 K€
Réparation du barrage (fuites)	20 K€
Destruction de la passe actuelle	5 K€
Aménagement d'une nouvelle rampe rustique	25 K€
Études diverses, divers et imprévus	20 K€
<b>TOTAL</b>	<b>100 K€</b>

### 4.3. AMELIORATION DE LA FRANCHISSABILITE A LA DEVALAISON

Actuellement le site de Saint-Jean de Verges n'est pourvu d'aucun dispositif spécifique pour assurer la dévalaison des poissons.

Pour les poissons qui dévalent au niveau du barrage, il n'y a pas de difficultés majeures pour le franchissement de l'obstacle qui pourra se faire par le parement aval du barrage ou bien même au niveau de l'ouvrage de montaison.

En revanche pour les poissons engagés dans le canal d'amenée et en l'absence d'ouvrage dédié, le passage des poissons se fait obligatoirement par la turbine qui au vu de ses caractéristiques induit des mortalités de l'ordre de 7 % pour les smolts et 47 % pour l'anguille (voir § 3.2). De plus, la configuration du plan de grille et les conditions d'écoulement dans le canal d'amenée ne permettent pas à l'heure actuelle de réaliser une barrière physique efficace pour le poisson.

Aussi, l'amélioration de la dévalaison sur le site ne pourra passer que par la réduction de l'espacement entre barreaux du plan de grille et par la mise en place d'un exutoire de dévalaison associée à l'usine.

#### 4.3.1. AMENAGEMENT DU PLAN DE GRILLE

De manière à éviter que les poissons dévalants ne passent au travers des grilles, on préconisera de réduire l'espacement inter-barreaux de manière suffisante pour créer une barrière physique et comportementale efficace. Deux scénarios d'améliorations ont été étudiés à savoir :

**Proposition 1** : plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 3 cm (valeur proposée dans le dossier de demande de renouvellement d'autorisation). Rappelons qu'un écartement de 3 cm peut assurer une certaine barrière comportementale pour les smolts (sachant que par retour d'expérience, un espacement égal à 2.5 cm est préférable) et les ravalés mais n'est pas suffisant pour l'anguille.

**Proposition 2** : plan de grille refait à un écartement entre barreaux de 2 cm, ce qui permettrait d'assurer une barrière physique pour l'anguille, et une quasi barrière physique pour les smolts.

Pour chaque proposition, les caractéristiques du plan de grille actuel (inclinaison, dimensions, etc.) ont été conservées. Les pertes de charge induites par ces aménagements ont été calculées et comparées à la situation actuelle.

### ■ Estimation des pertes de charges actuelles

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par le plan de grille, a été estimée par la formule de Meusburger suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge estimées au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

PLAN DE GRILLE AVEC UN ESPACEMENT DE 3 CM			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.27	0.55	0.84
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.013	0.013	0.013
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>
PLAN DE GRILLE AVEC UN ESPACEMENT DE 2 CM			
Pourcentage de colmatage	Grille propre	15%	25%
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.013	0.013	0.013
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>

## ■ Bilan

Les calculs de pertes de charge montrent que la réduction de l'espacement n'induit pas d'augmentation significative des pertes de charges au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée.

Il nous paraît donc plus judicieux d'installer un plan de grille dont l'espacement entre les barreaux est égal à 2 cm, ce qui permettra non seulement d'assurer une bonne barrière comportementale pour les smolts et une barrière physique pour les anguilles dévalantes.

Cette réduction sera effective sur l'ensemble de la hauteur de la grille pour tenir compte du comportement des différentes espèces lors de la dévalaison.

### 4.3.2. AMENAGEMENT D'UN DISPOSITIF DE DEVALAISON

#### ■ Type de dispositif et implantation

Le dispositif de dévalaison consistera à créer un exutoire latéral de surface en amont immédiat du plan de grille.

L'implantation de l'exutoire au droit de la vanne actuelle est une bonne alternative car elle est située au plus proche du plan de grille, en rive gauche du canal d'amenée.

**On préconise également la mise en place de système d'éclairage nocturne au niveau de l'exutoire, allumé en permanence en période de dévalaison des smolts.** En effet, l'influence positive de ce type d'aménagement a pu être démontrée au cours de suivis spécifiques lors d'études antérieures.

#### ■ Débit de fonctionnement

De manière à lui conférer une bonne efficacité, le dispositif de dévalaison sera dimensionné pour entonner un débit suffisamment attractif en comparaison du débit turbiné à l'usine.

**On préconisera un débit d'alimentation d'au minimum 5 % du débit maximum turbiné à l'usine soit 750 l/s.**

Le dimensionnement et la cote de déversement de l'exutoire seront adaptée pour lui permettre d'entonner le débit prescrit avec une charge suffisante sur le seuil de l'exutoire pour faciliter le passage des poissons.

#### ■ Dimensionnement de l'ouvrage

On considèrera, au vu des levés topographiques ayant été réalisés à l'usine en septembre 2009, que pour un niveau au barrage équivalent à la retenue normale et compte-tenu des pertes de charges, que le niveau d'eau dans le canal d'amenée est de 349.35 m NGF.

L'ouvrage de dévalaison présentera donc les dimensionnements suivants :

- Largeur de l'exutoire (= largeur de la vanne) : 1.20 m
- Cote de déversement : 348.85 mNGF
- Charge sur l'exutoire : 0,50 m
- Débit de l'exutoire : 750 l/s

#### ■ Equipements complémentaires

Afin d'assurer la dévalaison des poissons et leur restitution à l'aval, il sera nécessaire d'aménager certains équipements complémentaires pour éviter tous chocs ou blessures pouvant induire par la suite des mortalités sur l'effectif de poissons dévalants.

- Grille de protection

Une grille de protection (barreaux espacés de 25-30 cm) pourra être implantée au niveau de l'exutoire pour éviter l'entrée de corps flottants (branchages, déchets divers, etc.) dans le système de restitution des poissons.

- Canal de restitution

On aménagera un canal de restitution (ou goulotte) dans la continuité de l'exutoire. Elle aura pour vocation d'assurer le transit des poissons vers le TCC.

Nous préconisons d'aménager cette rampe de manière à restituer les poissons vers le tronçon court-circuité et non vers le canal de fuite. En effet, cela permettrait de réduire l'attractivité du canal de fuite, qui pour l'heure, pénalise la montaison des poissons (voir § 3.1).

Un bassin de réception devra être aménagé en enrochements pour assurer un tirant d'eau suffisant en pied de chute à la sortie du canal de liaison.

La restitution des poissons par le canal de décharge peut être envisageable mais elle présente deux inconvénients :

- Le débit de dévalaison est alors injecté dans le canal de fuite et ne bénéficie pas à l'augmentation du débit dans le TCC
- Les poissons bloqués au pied du groupe dans le canal de fuite, risquent de s'engager à la montaison dans le canalet de décharge. Pour éviter les tentatives de saut et les blessures éventuelles, il faudra alors que la chute des poissons dévalants soit suffisamment haute et nette (un matelas d'eau devra être assuré).

### 4.3.3. MONTANTS ESTIMATIFS DES AMENAGEMENTS

Le montant estimatif des travaux pour la réalisation de l'exutoire et le remplacement du plan de grille est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	5 K€
Aménagement de l'exutoire	5 K€
Remplacement du plan de grille	30 K€
Restitution des poissons au canal de fuite ou TCC	15 K€
Études diverses, divers et imprévus	15 K€
<b>TOTAL</b>	<b>70 K€</b>

**B.2 DIAGNOSTIC DES**  
**OUVRAGES DE LABARRE ET**  
**GARRABET**

**LABARRE**

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

La centrale hydroélectrique de Labarre est située sur la rivière Ariège sur les communes de Foix et de Vernajoul. Elle a été mise en service en 1948 et est régie par le décret de concession du 4 novembre 1954.

### 1.1. LE BARRAGE ET LA PRISE D'EAU

#### ➤ Le barrage en lui-même

Le barrage de Labarre mis en service en 1948, forme une retenue d'eau d'environ 470 000 m<sup>3</sup> située en aval de Vernajoul et qui s'étend sur environ 1 kilomètre en amont du seuil.

**La cote de retenue normale (RN) est de 365.00 m NGF.**

A noter que selon le fonctionnement de l'usine de Labarre et de l'usine de Ferrières située en amont et fonctionnant par écluses, la retenue peut être soumise à des marnages plus ou moins conséquents selon la période de l'année. **La réserve utile de la retenue sur les 2 m de marnage maximum représente un volume de 400 000 m<sup>3</sup> mobilisables.**



Vue de la retenue depuis le barrage



Vue de l'Ariège à l'aval du barrage

Le seuil de Labarre est un barrage dit « mobile » fonctionnant par des manœuvres de vannages. Cet ouvrage totalise une longueur de 100 mètres environ et présente de la rive gauche vers la rive droite :

- un barrage en béton armé non déversant calé à la cote de 367.00 m NGF
- un déversoir également en béton armé. Ce déversoir est pourvu de 3 passes de 8.50 m de large chacune dont le seuil est arasé à la cote de 359.75 m NGF. Ces passes sont fermées par des vannes métalliques type wagon qui peuvent s'effacer en cas de montée des eaux.
- deux pertuis de dégravolement d'une largeur de 5 m sur 4 m de hauteur dont le seuil est arasé à la cote de 351.50 m NGF. Ces pertuis sont fermés en fonctionnement normal par des vannes manuelles et n'ont vocation à être ouverts qu'en cas de crue.

La hauteur de chute est de l'ordre de 12 m en basses eaux.

Le déversoir et les pertuis permettent en théorie l'évacuation d'une partie du débit de crue de l'ordre de 1200 m<sup>3</sup>/s sans que la surélévation du plan d'eau amont n'excède 1m.



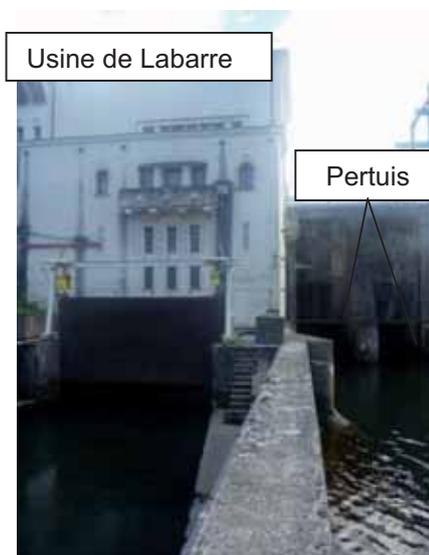
Vue du barrage depuis l'aval en rive droite



Vue du barrage et de l'usine depuis la rive gauche



Vue d'une des passes du déversoir



Vue des pertuis de dégravoisement contre l'usine  
(vue depuis l'aval)

### ➤ **La prise d'eau**

La prise d'eau s'effectue dans la retenue directement au droit du barrage. Elle est située en rive droite immédiatement après les pertuis. Il n'y a pas de canal d'amenée.

Sa largeur est de 9 m et son seuil est arasé à la cote de 358.00 m NGF.

## **1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE**

La centrale de Labarre est implantée au barrage en rive droite. Elle est équipée d'un groupe Kaplan. Le débit maximum turbiné à l'usine est de 50 m<sup>3</sup>/s sous 11.60 m de chute brute en eaux moyennes (Puissance maximale brute autorisée = 5 590 kW).

Les eaux turbinées sont restituées à la rivière à l'aval immédiat du barrage par un canal de fuite de 50 mètres environ, séparé du lit de la rivière par un mur guide-eau.

Les caractéristiques des turbines tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000), sont les suivantes.

- Type de turbine : KAPLAN
- Débit maximum turbiné : 50 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 11.6 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 6
- Diamètre de la roue : 2.85 m
- Vitesse de rotation : 200 trs/min

La prise d'eau de l'usine est protégée par un plan de grille dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du plan de grille : 9 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 60°p ar rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale du plan de grille : 90°
- Espacement entre barreaux : 3 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 8 mm

Un dégrilleur automatique permet le nettoyage du plan de grille.



Vue de l'usine de Labarre depuis l'aval



Vue du canal de fuite et du mur guide-eaux



Vue de la prise d'eau de l'usine et du plan de grille

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Labarre (Bassin versant égal à 1 520 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

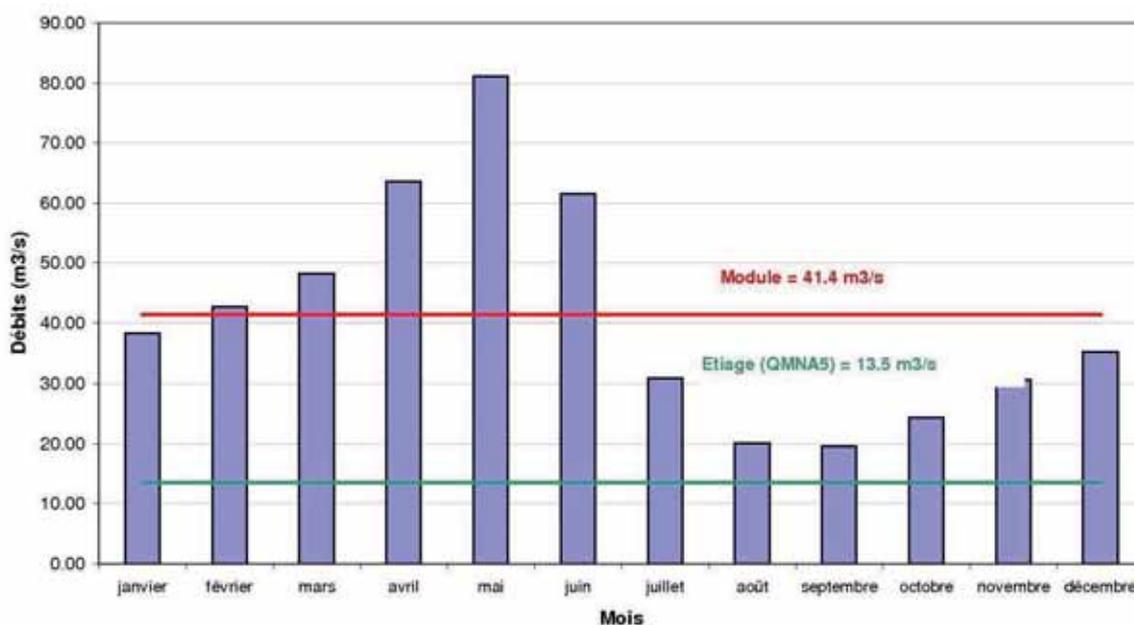
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- Débit moyen interannuel (MODULE) : **41.4 m<sup>3</sup>/s**
- Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) : **13.5 m<sup>3</sup>/s**

L'évolution des débits moyens mensuels au droit du site est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

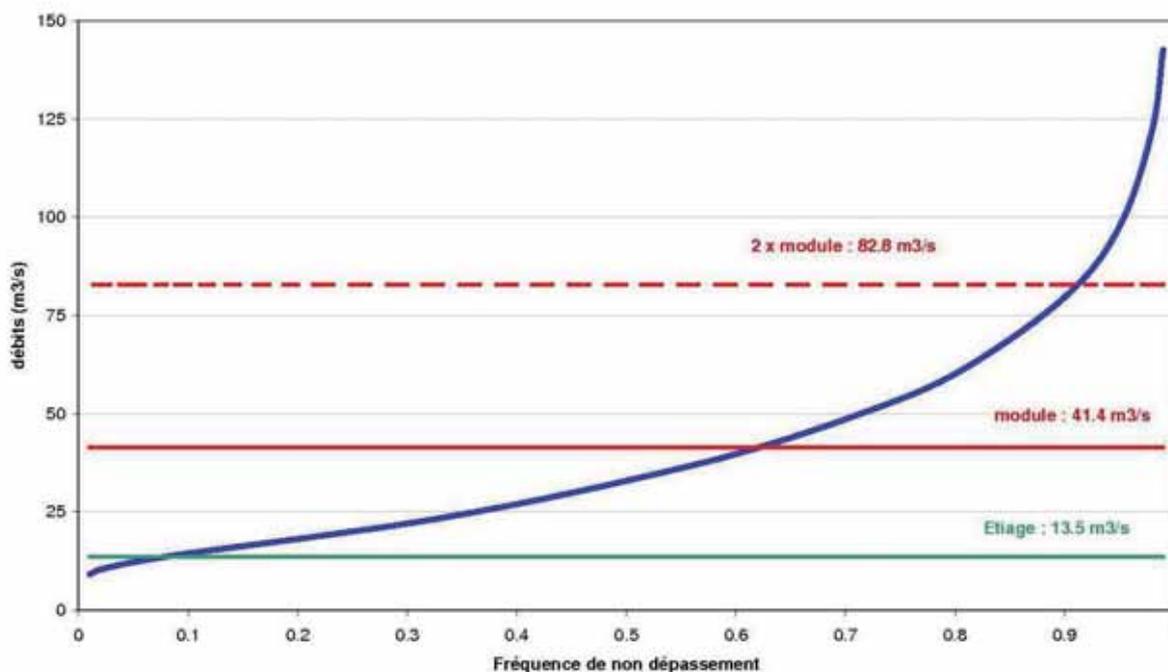
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
38.4	42.7	48.2	63.6	81.2	61.6	30.9	20.1	19.6	24.3	30.6	35.4



Evolution des débits moyens mensuels à Labarre

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de non-dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
142.6	122.2	97.6	79.6	60.1	48.6	39.7	32.9	26.9	22.0	18.0	14.4	12.2	10.3	9.1



Evolution des débits classés sur l'année à Labarre

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 190 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 250 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 300 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 390 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquennale.

## 2.2. DETAIL DU FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE LABARRE

### 2.2.1. RESTITUTION DES DEBITS EN AVAL DU BARRAGE

Le fonctionnement des installations de Labarre est étroitement lié au débit de l'Ariège qui est influencé par le fonctionnement par éclusées de l'usine de Ferrières.

Bien que turbinant globalement au fil de l'eau, les débits entrant dans la retenue, la restitution des débits à l'aval de Labarre est régie par des consignes de fonctionnement précisées dans les

cahiers des charges d'exploitation des concessions de Labarre et de Ferrières ainsi que dans une convention établie le 12 mai 1981 entre le Ministère de l'Environnement et EDF.

Les consignes d'exploitation de Labarre fournies par EDF sont rappelées ci-après :

#### ■ **Exploitation en période estivale**

*Du 15 juin au 15 septembre les deux usines de Ferrières et Labarre fonctionnent au fil de l'eau ; le débit entrant dans la retenue de Ferrières (Garrabet) sera donc restitué intégralement à l'aval de Labarre dans le respect de l'Article 15 du Cahier des Charges d'exploitation de la concession de Ferrières.*

Article 15 : « *Du 15 juin au 15 septembre, le fonctionnement conjugué par éclusées des usines de Ferrières et Labarre devra permettre de garantir en permanence à l'aval de la retenue de Labarre un débit de 25 m<sup>3</sup>/s, ou le débit moyen journalier entrant dans la retenue de Ferrières si ce débit est inférieur à 25 m<sup>3</sup>/s. »*

#### ■ **Exploitation en période hivernale**

*En dehors de la période du 15 juin au 15 septembre il est possible de faire des éclusées (pour la plupart journalières) à Ferrières et Labarre.*

*L'usine de Ferrières pourra vider puis remplir tout ou partie de sa réserve utile (1 700 000 m<sup>3</sup>) en restituant des débits compris entre 10 et 70 m<sup>3</sup>/s.*

*Les éclusées de l'aménagement de Labarre auront alors pour objectif d'amortir de telles variations de débit en démodulant les éclusées de Ferrières dans les limites de la capacité de la retenue (400 000 m<sup>3</sup>).*

Précisons également qu'il est défini à l'article 1<sup>er</sup> de la convention : « *La convention prévoit un soutien des étiages tel que les débits moyens journaliers ne soient pas inférieurs à 8 m<sup>3</sup>/s à la restitution de la chute de Ferrières »*

Aussi, eu égard aux consignes préalablement exposées, **le débit minimum à l'aval du barrage de Labarre ne sera pas inférieur à 8 m<sup>3</sup>/s.**

### **2.2.2. MARNAGES POTENTIELS**

Des variations plus ou moins importantes du niveau de la retenue sont susceptibles de se produire compte-tenu du fonctionnement par éclusées de l'usine de Ferrières située en amont de Foix.

Ces variations de niveau, ou marnages, sont modulées par le fonctionnement de l'usine de Labarre. Pour limiter leur importance, les programmes d'exploitation de Labarre sont donc définis en relation avec les éclusées de Ferrières.

A noter que des valeurs maximales de marnage sont définies dans le cahier des charges d'exploitation de la centrale. Ces marnages ne devront ainsi pas excéder 2 m en conditions normales et 50 cm en période estivale.

## 2.3. RÉPARTITION THÉORIQUE ET VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE

A partir :

- de la configuration actuelle du site,
- d'un débit turbiné maximal de 50 m<sup>3</sup>/s à l'usine,
- d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège à Labarre	Débit turbiné Qt (m <sup>3</sup> /s)	Débit au déversoir (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont * (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (13.5 m <sup>3</sup> /s)	13.5	0.0	365.00	353.00	12.00 m
Module (41.4 m <sup>3</sup> /s)	41.4	0.0	365.00	353.40	11.60 m
1,5 x module (62.1 m <sup>3</sup> /s)	50.0	12.1	365.00	353.70	11.30 m
2 x module (82.8 m <sup>3</sup> /s)	50.0	32.8	365.00	354.00	11.00 m

\* : Le niveau amont est ici considéré égal à la RN. Cependant le niveau amont peut être soumis à des variations plus ou moins importantes en fonction du marnage (- 2 mètres maximum). Cote minimale d'exploitation = 363.00 mNGF

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

Le barrage de Labarre n'est actuellement pas équipé d'ouvrage spécifique de montaison.

Compte-tenu de la configuration du site, et de la chute au barrage (globalement supérieure à 11 m), le site de Labarre est totalement infranchissable pour l'ensemble des espèces susceptibles de se présenter à l'aval de l'ouvrage.

On ne recense pas non plus de zones de passage potentiellement favorables au franchissement de l'obstacle par reptation pour l'anguille.

**Si l'on souhaite restaurer le franchissement en amont, cette restauration devra passer inévitablement par la mise en place d'un dispositif spécifique en rive droite coté usine de manière à bénéficier de l'attractivité de la sortie du groupe.**

#### 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

##### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE L'USINE

A partir des caractéristiques du plan de grille, les conditions d'écoulement au droit de l'usine ont été étudiées.

##### ■ Caractéristiques du plan de grille

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	358.0	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	365.0	m NGF
Cote haut de grille :	365.5	m NGF
Largeur du canal d'amenée en amont immédiat des grilles :	9	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	60	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	7.00	m
Longueur totale de la grille :	8.66	m
Longueur immergée totale de la grille :	8.08	m
Largeur totale du plan de grille :	9.0	m
Surface totale du plan de grille :	78	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	73	m <sup>2</sup>

##### ■ Conditions d'écoulement au droit du plan de grille

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer (en situation de Retenue Normale), la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)		
Débit turbiné :	50	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.79	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.69	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.40	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

On constate que la vitesse normale est supérieure à 0.5 m/s, vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille.

### 3.2.2. EFFICACITÉ DU DISPOSITIF DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

Actuellement le site ne présente **aucun dispositif de dévalaison spécifique au droit de l'usine**. Les poissons dévalants dans la retenue ne peuvent donc que transiter au travers de la turbine ou par le barrage lorsque des déversements ont lieu sur les vannages (en cas de forte hydraulité ou de déclenchement à l'usine).

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, et compte-tenu d'un espacement entre barreaux de 3 cm **la perméabilité de la grille est de l'ordre de 80% pour des anguilles de 70 cm**.

### 3.2.3. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers de la turbine hydroélectrique ont été calculés à partir des caractéristiques du groupe installé et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

**Pour les smolts, le taux de mortalité a été estimé à 12 %** par Bosc et Larinier (2000).

**Pour les anguilles, le taux de mortalité lors du passage par la turbine s'élève à 42 %**.

### 3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques ,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Labarre le taux de mortalité générale au droit du site s'élèverait à 10.5 % pour les smolts et 19 % pour les anguilles.**

## **4. POSSIBILITES D'AMELIORATIONS DE LA MIGRATION**

---

### **4.1. A LA MONTAISON**

Au vu de la hauteur de chute et de l'étroitesse du site, seul l'équipement d'un ascenseur à poissons de type Castet ou Saint Cricq sur le gave d'Ossau ou Poutes-Monistrol sur l'Allier nous paraît éventuellement envisageable.

Pour assurer une attractivité suffisante de l'ouvrage, il paraît inévitable que l'ouvrage soit installé en rive droite à proximité de la sortie du groupe. Cet emplacement nécessitera un terrassement important en berge (talus relativement haut), mais présente l'avantage d'être protégé des crues.

L'ouvrage serait constitué :

- d'une passe à bassins à échancrures latérales reliant le canal de fuite (au plus près de la restitution de la turbine) au pied de l'ascenseur,
- de l'ascenseur proprement dit,
- d'un canal de rejet dans le bassin de mise en charge de la centrale.

#### **■ Principe de fonctionnement**

##### **➤ Passe à bassins**

La passe à bassins successifs pourrait être alimentée par un débit de l'ordre de 300 l/s pris dans le canal d'amenée de l'usine. Une conduite assurera le transit du débit d'alimentation jusque dans une chambre de diffusion prévue pour dissiper l'énergie.

Le débit circulera ensuite dans la cuve de l'ascenseur créant ainsi un courant qui attirera les poissons.

Dans le bassin aval, sera injecté un débit d'attrait complémentaire pris par gravitation depuis le canal d'amenée ou par refoulement de pompes depuis le canal de fuite comme proposé à l'époque par EDF. Le débit d'attrait sera de l'ordre de 700 l/s portant ainsi le débit total en sortie de passe à 1 m<sup>3</sup>/s (soit 2% du débit maximum turbiné à l'usine).

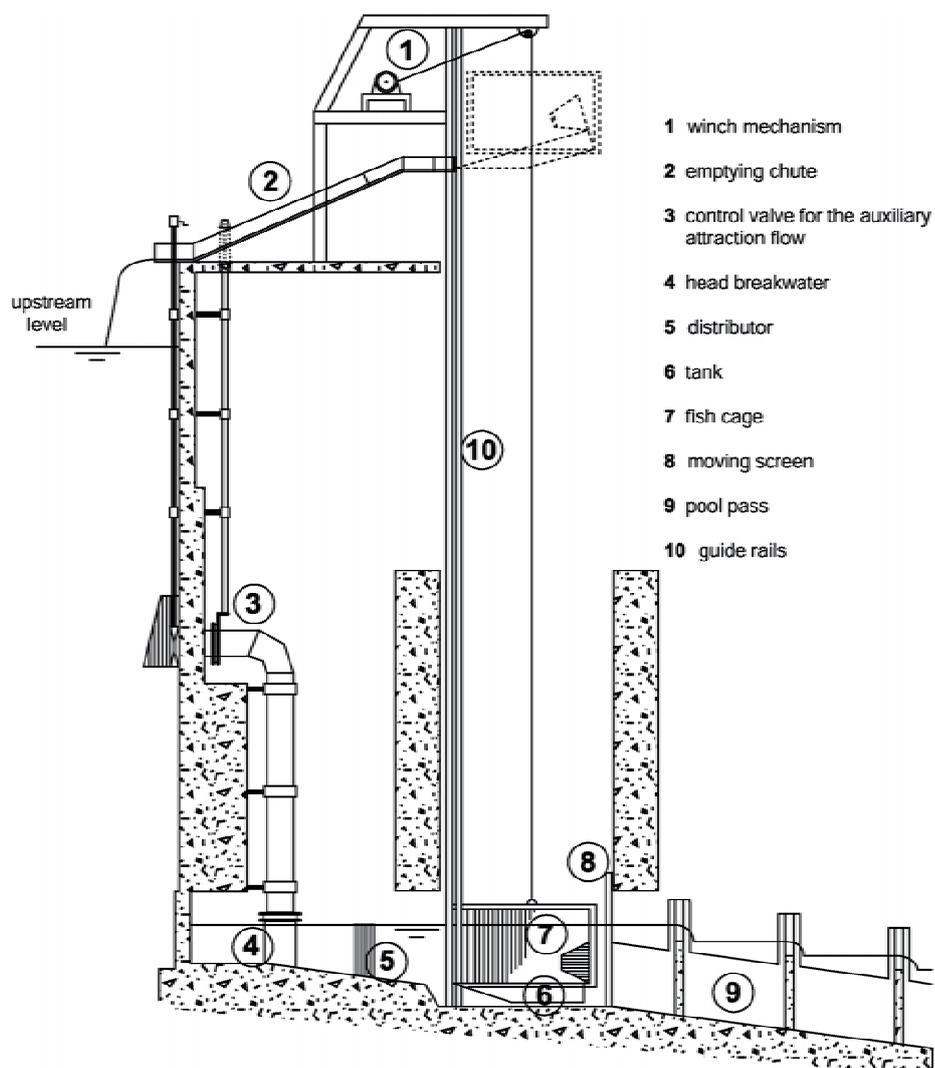
Une vanne asservie au niveau dans le canal de fuite permettra de réguler les niveaux dans la passe et de conserver une chute pour attirer le poisson vers la passe à bassins.

##### **➤ Ascenseur à poissons**

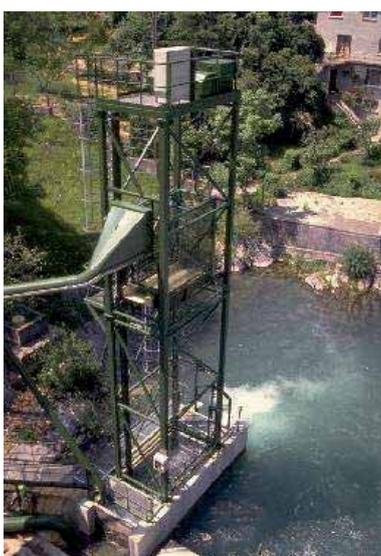
L'ascenseur serait constitué d'une cuve surmontée d'une nasse et qui est régulièrement relevée par un treuil. Les poissons remontant dans la passe d'amenée, transiteront jusqu'à la cuve, attirés par le courant du débit d'alimentation de la passe. Un dispositif anti-retour bloquera les poissons dans la cuve jusqu'au relevage.

Une grille amovible positionnée à l'entrée de l'ascenseur bloquera les poissons en haut de la passe pour éviter les entrées au cours des phases de mouvement de l'ascenseur.

Les poissons remontés seront ensuite déversés dans une goulotte alimentée par une prise d'eau dans le canal d'amenée qui restituera les poissons jusque dans le bassin de mise en charge.



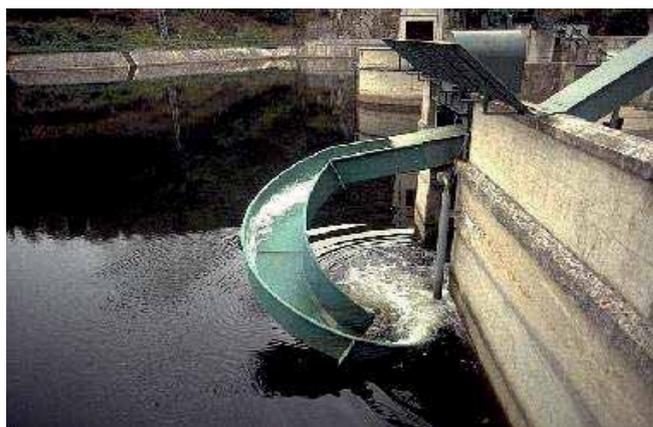
Coupe transversale d'un ascenseur à cuve intégrée (ascenseur de Poutes sur l'Allier)  
 source : Travade et Larinier (1992)



Ascenseur de Castet sur le gave d'Ossau



Cuve de l'ascenseur de St Cricq sur le gave d'Ossau



Goulotte restitution des poissons

## ■ Dimensionnement sommaire des aménagements

### ➤ Passe à bassins d'amenée

Chaque cloison de la passe à bassins pourra être équipée d'une échancrure latérale de 0.40 m et d'un orifice de fond.

La passe à bassins devra permettre de rattraper environ 2-3 m de chute de manière à ce que la cuve de l'ascenseur ne soit pas sous l'influence du niveau aval. La cote de la ligne d'eau au niveau de la cuve de l'ascenseur pourra permettre d'assurer une revanche d'environ 1 m par rapport à la ligne d'eau haute dans le canal de fuite.

Les principales caractéristiques de la passe pourraient être les suivantes :

- Type : Passe à bassins à échancrures latérales et orifices de fond
- Débit d'alimentation de la passe : 0.30 m<sup>3</sup>/s environ
- Largeur des échancrures : 0.40 m
- Dimensions des orifices de fond : 0.20 m x 0.20 m
- Nombre de chutes : 10 chutes environ
- Chute entre bassins : 30 cm maximum
- Longueur intérieure des bassins : 2.50 - 3.00 m environ
- Largeur intérieure des bassins : 1.50 –2.00 m environ

### ➤ Ascenseur à poissons

L'ascenseur à cuve intégrée pourrait avoir les caractéristiques suivantes :

- Hauteur de levage : 13 m environ (cote haute voisine de 368 mNGF)
- Dimension de la cuve : 1.30 m x 2.40 m
- Tirant d'eau dans la cuve : 0.40 m
- Volume de la cuve : 1.25 m<sup>3</sup>
- Anti-retour : 1.00 m x 1.30 m se réduisant à 0.20 m x 0.80 m sur 60-70 cm

Le cycle de l'ascenseur pourrait être d'environ 3 heures en période normale. La durée du cycle serait par contre réduite à environ 1 heure en période de migration (juillet à décembre).

La restitution des poissons dans la retenue s'effectuera par une goulotte PVC D300mm d'environ 50 m de longueur. Cette restitution devra contourner le bâtiment de l'usine par la rive droite.

Le montant estimatif des travaux et études peut être résumé de la manière suivante :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	15 K€
Batardeaux, mise hors d'eau	15 K€
Terrassements	50 K€
Génie civil de la passe à bassins	120 K€
Structure métallique de l'ascenseur, y compris système de relevage	175 K€
Système de restitution des poissons	50 K€
Équipements divers	75 K€
Études diverses, divers et imprévus	180 K€
<b>TOTAL</b>	<b>680 K€</b>

A Saint Cricq où la chute à franchir était assez proche, les conditions d'accès étaient plus difficiles (mais la restitution plus facile), le coût au 02/2011 était de l'ordre de 350 K€ (Voegtlé et al, 2001), ce qui reviendrait aujourd'hui, suivant l'indice TP02, à un aménagement de l'ordre de 500 K€ (sans les études, divers et imprévus).

## 4.2. A LA DÉVALAISON

Dans tous les cas, si l'on souhaite améliorer la dévalaison sur le site, il sera nécessaire d'aménager un exutoire latéral au plan de grille dans le bajoyer gauche.

De plus, le plan de grille présentant un espacement entre barreaux un peu fort (3 cm) milite pour réduire cet espacement, même si cette réduction pourrait intervenir dans un deuxième temps (sauf si l'on souhaite traiter la dévalaison des anguilles en complément).

Conformément aux recommandations de Courret et Larinier (2008), l'appréciation des pertes de charge induites par un plan de grille resserré, a été estimée par la formule de Meusburger suivante :

$$\Delta H = K_F \times K_O \times K_C \times K_\alpha \times K_\beta \times (V_A^2 / 2g)$$

Avec :

- $K_F$  qui prend en compte l'influence de la forme des barreaux du plan de grille,
- $K_O$  qui prend en compte le degré d'obstruction de la grille par les barreaux et les entretoises,
- $K_C$  qui prend en compte le colmatage de la grille,
- $K_\alpha$  qui prend en compte l'influence de l'orientation latérale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement
- $K_\beta$  qui prend en compte l'influence de l'orientation longitudinale du plan de grille par rapport à la direction de l'écoulement

Le tableau ci-dessous reprend les principales valeurs des coefficients et les valeurs des pertes de charge estimées au droit du plan de grille en fonction de son état de colmatage (grille propre, grille colmatée à 15%, grille colmatée à 25%).

<b>PLAN DE GRILLE ACTUEL AVEC UN ESPACEMENT DE 3 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.27	0.55	0.84
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.032	0.032	0.032
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>
<b>PLAN DE GRILLE AVEC UN ESPACEMENT DE 2 CM</b>			
<b>Pourcentage de colmatage</b>	<b>Grille propre</b>	<b>15%</b>	<b>25%</b>
$K_F$	2.42	2.42	2.42
$K_B$ (intègre $K_O$ et $K_C$ )	0.54	0.94	1.35
$K_\alpha$	1.00	1.00	1.00
$K_\beta$	0.87	0.87	0.87
$V_A^2 / 2g$	0.032	0.032	0.032
<b>Pertes de charge (en m)</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>	<b>0.09</b>

Les calculs de pertes de charge semblent montrer que la réduction de l'espacement ne devrait pas induire d'augmentation significative des pertes de charges au niveau du plan de grille y compris lorsque la grille est partiellement colmatée, tout au moins lorsque la cote du plan d'eau est à la RN.

Cependant, on peut imaginer que l'usine puisse turbiner son débit maximum d'équipement (50 m<sup>3</sup>/s) avec une cote d'exploitation minimale. Dans ce cas, les vitesses d'approche et normale au plan de grille sont plus conséquentes (respectivement de l'ordre de 1.1 m/s et 1 m/s), ce qui va induire des pertes de charges plus conséquentes. Dans cette configuration d'exploitation et avec un plan de grille présentant un espacement réduit à 2cm, les pertes seraient respectivement de l'ordre de 7 cm, 12 cm et 18 cm pour un plan de grille propre, colmaté à 15% ou colmaté à 25%.

Le dispositif de dévalaison pourrait consister à aménager un exutoire latéral de surface d'environ 1.5-2 m de largeur minimum et situé en amont immédiat du plan de grille, au niveau du bajoyer rive gauche.

Cependant, l'aménagement d'un tel ouvrage semble assez complexe au vu de la localisation et nécessite un relevé topographique précis de l'ensemble des ouvrages mobiles et fixes présents dans ce secteur potentiel.

L'implantation de l'exutoire est d'autant plus délicate qu'il devra absolument prendre en compte au maximum les marnages de la retenue.

Pour cela, il devra être équipé d'un organe mobile (vanne, clapet) asservi au plan d'eau amont, permettant de garantir un débit stable quelle que soit la cote de la retenue.

De manière à lui conférer une bonne efficacité, le dispositif de dévalaison devra être dimensionné pour entonner un débit suffisamment attractif en comparaison du débit turbiné à l'usine.

**On préconisera un débit d'alimentation d'au minimum 3-4 % du débit maximum turbiné à l'usine soit de l'ordre de 1.5-2 m3/s.**

S'il était décidé de s'engager dans une amélioration des conditions de dévalaison sur ce site, on peut d'ores et déjà penser que la mise au point d'un dispositif efficace devra passer par plusieurs années d'études expérimentales lourdes, sans malheureusement aucune garantie à l'issue des études et travaux.

En ce qui concerne les travaux et études de dimensionnement, on peut penser en l'état actuel et en l'absence de plans topographiques particuliers du secteur que le montant estimatif des travaux pour la réalisation de l'exutoire et le remplacement du plan de grille pourrait être le suivant :

DESIGNATION	MONTANT HT
Installation de chantier	20 K€
Aménagement de l'exutoire	50 K€
Remplacement du plan de grille	60 K€
Modification du dégrilleur	25 K€
Équipements divers	25 K€
Études diverses, divers et imprévus	70 K€
<b>TOTAL</b>	<b>250 K€</b>

# MERCUS-GARRABET

## 1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

---

Le barrage de Garrabet a été construit entre 1982 et 1984. Il est situé sur l'Ariège à l'amont de Foix et s'appuie sur les communes d'Amplaing en rive gauche et de Mercus-Garrabet en rive droite.

Le débit prélevé au barrage transite jusqu'à la centrale hydroélectrique de Ferrières via une galerie d'amenée souterraine.

Il est régi par décret de concession du 29 juillet 1981.

### 1.1. LE BARRAGE ET LA PRISE D'EAU

#### ➤ Le barrage en lui-même

Le barrage de Garrabet mis en service en 1986, forme une retenue d'eau d'environ 3.4 millions de m<sup>3</sup> située sur la commune de Mercus-Garrabet et qui s'étend sur environ 3 kilomètres en amont de l'ouvrage.

**La cote de retenue normale (RN) est de 460.00 m NGF. La réserve utile de la retenue sur les 5 m de marnage maximum autorisé représente un volume de 1 700 000 m<sup>3</sup> mobilisables.**

A noter que la retenue peut être soumise à des marnages plus ou moins conséquents selon la période de l'année en raison du fonctionnement par écluses de l'usine de Ferrières.



Vue de la retenue depuis le barrage



Vue de l'Ariège à l'aval du barrage

Le barrage de Garrabet est un barrage poids de près de 42 m de hauteur. La crête du barrage totalise une longueur de 84 m pour 9 m de largeur. Il présente les ouvrages suivants :

- Deux clapets de surfaces de 6.75 m de largeur calés en position haute à la cote de la retenue. En cas de montée des eaux, ces clapets peuvent s'abaisser pour laisser transiter le débit et ainsi maintenir la RN. Leur débitance maximale est de 100 m<sup>3</sup>/s chacun.
- Deux vannes de fond permettant la vidange de la retenue et constituant également des ouvrages évacuateurs de crue. Ces deux vannes ont chacune une débitance de 750 m<sup>3</sup>/s.

Les vannages prennent le relais des clapets pour évacuer le débit en cas de montée des eaux pour une consigne de débit supérieur à 150 m<sup>3</sup>/s entrant dans la retenue.



Vue du barrage depuis la rive droite



Vue d'un des clapets de surface équipant le barrage



Vue des canaux de décharge à l'aval immédiat des vannes de fond. Ils assurent également la dissipation de l'énergie lors des déversements sur les clapets.

La hauteur de chute au barrage est de 32 m environ en basses eaux.

**Le débit réservé à maintenir dans le tronçon court-circuité de l'Ariège est de 4 m<sup>3</sup>/s du 15 juin au 15 septembre et de 2 m<sup>3</sup>/s le reste de l'année.**

A noter également que le barrage est équipé d'une turbine hydroélectrique. Ce groupe turbine le débit réservé restitué à l'aval. Le débit maximum turbiné est de 2 m<sup>3</sup>/s soit la moitié du débit réservé l'été et la totalité le reste de l'année.

Les principales caractéristiques de la turbine du barrage sont rappelées ci-dessous :

- Type de turbine : FRANCIS
- Débit maximum turbiné : 2 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 32 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 9
- Diamètre de la roue : 0.62 m
- Vitesse de rotation : 750 trs/min

### ➤ **La prise d'eau pour l'alimentation de l'usine de Ferrières**

La prise d'eau s'effectue dans la retenue directement au droit du barrage en rive gauche. Le seuil de la prise d'eau est arasé à la cote de 438.50 m NGF soit 21.5 m sous la cote de la RN.

Cette prise d'eau alimente une conduite souterraine de 5.4 m de diamètre qui achemine le débit prélevé sur environ 5 kilomètres jusqu'à l'usine de Ferrières.

La prise d'eau de Garrabet est protégée en tête de la conduite par deux grilles inclinées. Un dégrilleur automatique assure le nettoyage de la grille pour limiter les pertes de charge.

Les principales caractéristiques de la grille sont rappelées ci-après :

- Cote du seuil des grilles : 438.50 m NGF
- Largeur d'une grille : 5 m
- Hauteur d'une grille : 10 m
- Inclinaison longitudinale du plan de grille : 75°p ar rapport à l'horizontale
- Espacement entre barreaux : 5 cm
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 10 mm

### ➤ **La prise d'eau de la turbine du barrage**

La prise d'eau du groupe Francis équipant le barrage, est alimentée par l'intermédiaire de deux pertuis (1.70 m x 1.70 m) protégés en tête par deux grilles dont les principales caractéristiques sont précisées ci-après :

- Cote du seuil des grilles : 449.15 m NGF
- Inclinaison longitudinale des grilles : 90° par rapport à l'horizontale
- Inclinaison latérale des grilles : 90°
- Espacement entre barreaux : 5 cm (grille rive gauche) et 3 cm (grille rive droite)
- Epaisseur / diamètre des barreaux : 16 mm (grille rive gauche) et 14 mm (grille rive droite)

Le nettoyage des grilles nécessite le relevage de ces dernières et un dégrillage manuel.

### ➤ **Réservation Ecluse à poissons**

Lors de la conception du barrage, une réservation d'emplacement (1.5 x 3 m) a été réalisée pour l'implantation ultérieure d'un dispositif de montaison de type écluse à poissons.

Depuis la création de l'ouvrage, aucun dispositif de montaison n'a cependant été aménagé et l'emplacement libre subsiste.



Emplacement réservé dans le barrage pour  
l'aménagement d'une écluse à poissons

## 1.2. L'USINE HYDROELECTRIQUE DE FERRIERES

La centrale de Ferrières-sur-Ariège est implantée à l'amont de la commune en rive gauche. Elle est équipée de deux groupes de type Francis. Le débit maximum turbiné à l'usine est de 70 m<sup>3</sup>/s pour une puissance totale installée de 38 MW.

Les eaux turbinées sont restituées à la rivière à l'aval immédiat du barrage par un canal de fuite de 80 mètres environ à la cote de 392.80 m NGF lorsque l'usine turbine au maximum (70 m<sup>3</sup>/s).

Les caractéristiques des turbines tirées de l'étude de Bosc et Larinier (2000), sont les suivantes.

### ■ Turbine FRANCIS n°1

- Débit maximum turbiné : 50 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 68 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 12
- Diamètre de la roue : 2.45 m
- Vitesse de rotation : 273 trs/min

### ■ Turbine FRANCIS n°2

- Débit maximum turbiné : 20 m<sup>3</sup>/s
- Débit minimum turbiné : NC
- Hauteur de chute nominale : 68 m
- Nombre de pales ou d'aubes : 12
- Diamètre de la roue : 1.58 m
- Vitesse de rotation : 428 trs/min



Vue de la sortie des groupes



Vue du canal de fuite de l'usine

## 2. HYDROLOGIE ET NIVEAUX D'EAU

### 2.1. DEBITS DE REFERENCE AU DROIT DU SITE

Les débits caractéristiques de référence de l'Ariège au droit du site de Garrabet (Bassin versant égal à 685 km<sup>2</sup> environ) ont été évalués à partir du traitement statistique des mesures aux deux stations hydrométriques suivantes, gérées par la DREAL Midi-Pyrénées :

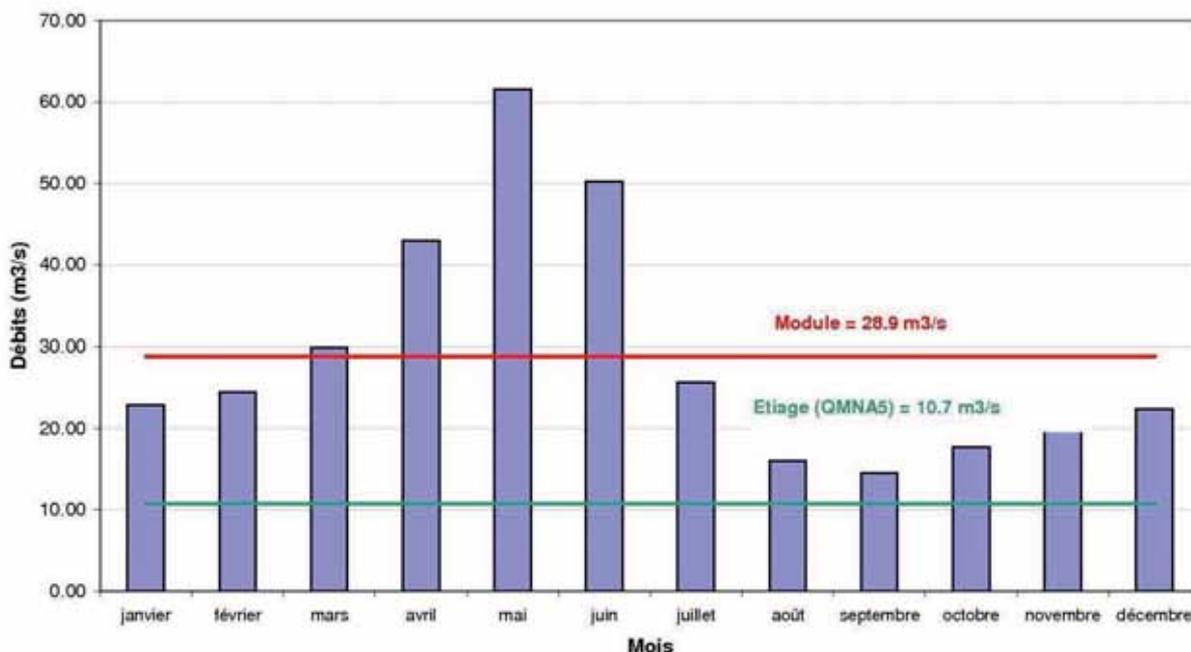
- Station de Foix : BV : 1340 km<sup>2</sup>  
chronique : 1906-2010
- Station d'Auterive : BV : 3450 km<sup>2</sup>  
chronique : 1966-2010

Aussi, les valeurs utiles retenues dans la présente étude sont les suivantes :

- **Débit moyen interannuel (MODULE) :** 28.9 m<sup>3</sup>/s
- **Débit moyen minimum quinquennal (QMNA<sub>5</sub>) :** 10.7 m<sup>3</sup>/s

L'évolution des débits moyens mensuels au droit du site est fournie dans le tableau et le graphique ci-dessous :

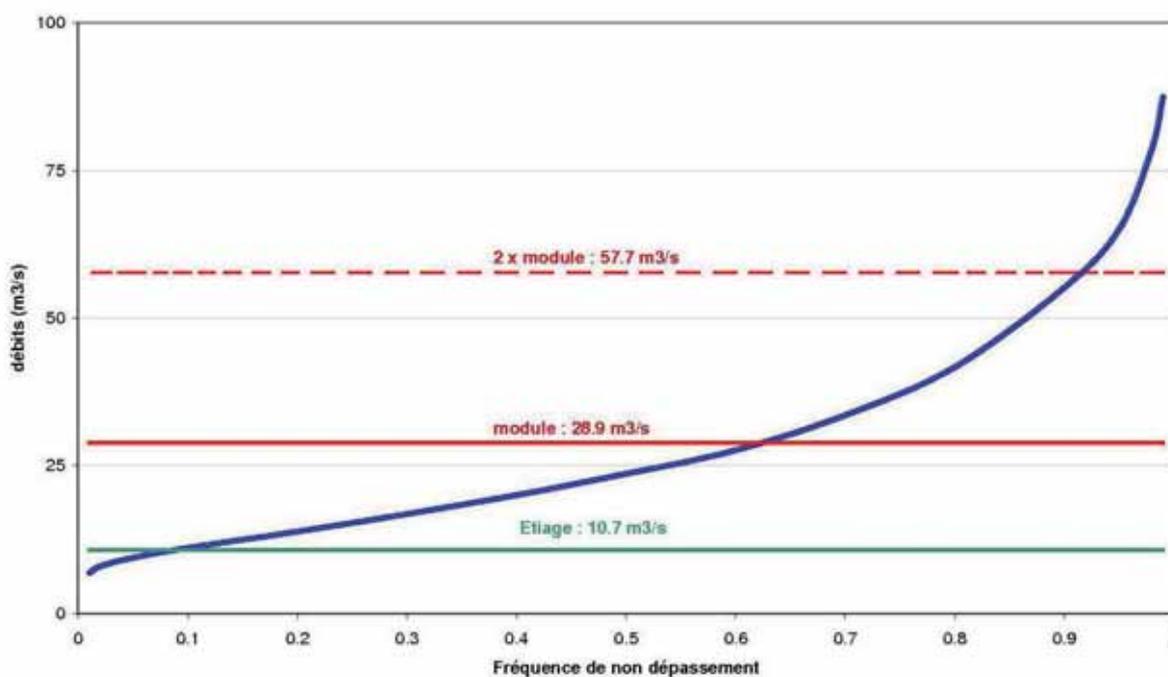
Débit moyens mensuels (en m <sup>3</sup> /s)											
Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
22.8	24.4	30.0	43.0	61.5	50.2	25.6	16.0	14.5	17.7	22.2	22.4



Evolution des débits moyens mensuels à Garrabet

L'évolution des débits classés sur l'année est fournie ci-dessous :

Fréquence de Non dépassement														
0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
87.4	78.8	65.0	55.2	41.7	33.6	27.6	23.6	20.0	16.8	13.8	11.1	9.4	8.0	6.8



Evolution des débits classés sur l'année à Garrabet

Les débits instantanés de crue sont les suivants :

- 100 m<sup>3</sup>/s pour la crue biennale,
- 115 m<sup>3</sup>/s pour la crue quinquennale,
- 130 m<sup>3</sup>/s pour la crue décennale,
- 165 m<sup>3</sup>/s pour la crue cinquennale.

## 2.2. DETAIL DU FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE FERRIERES / GARRABET

### 2.2.1. RESTITUTION DES DEBITS EN AVAL DU BARRAGE DE GARRABET

Comme indiqué précédemment, le barrage de Garrabet doit restituer un **débit réservé minimum de 2 m<sup>3</sup>/s dans le tronçon court-circuité** à l'aval du barrage, **débit porté à 4 m<sup>3</sup>/s sur la période du 15 juin au 15 septembre**.

Ce débit réservé est directement turbiné au barrage et restitué à l'aval immédiat de l'ouvrage.

Les autres ouvrages hydrauliques au barrage ont pour fonction de transiter le débit excédentaire en cas de déclenchement à l'usine ou de crue :

- les clapets de surface permettent de maintenir la RN en s'abaissant en cas d'arrêt à l'usine ou de légère montée des eaux,
- les vannages prennent le relais des clapets à partir d'un débit entrant dans la retenue supérieur à 150 m<sup>3</sup>/s lors d'une crue.

### **2.2.2. MARNAGES POTENTIELS**

L'usine de Ferrières suit un régime d'éclusées en fonction de la demande en énergie. Pour cette raison la retenue de Garrabet est soumise à d'importantes variations de niveaux en fonction de l'activité de l'usine.

Ces marnages ne doivent pas excéder :

- 1 m en période estivale soit du 15 juin au 15 septembre avec une cote minimale d'exploitation fixée à 459.00 m NGF
- 5 m le reste de l'année correspondant à une cote minimale d'exploitation de 455.00 m NGF.

Rappelons que la réserve utile mobilisable sur 5 m de marnage représente 1 700 000 m<sup>3</sup>.

### **2.2.3. CONSIGNES D'EXPLOITATION RELATIVES A L'USINE DE FERRIERES**

Le cahier des charges de la concession de Ferrières précise :

A l'Article 5 : « *le Concessionnaire sera tenu de maintenir à l'aval de la restitution de l'usine de Ferrières un débit minimum de 10 m<sup>3</sup>/s ou le débit entrant dans la retenue si celui-ci est inférieur* »,

A l'Article 15 : « *Du 15 juin au 15 septembre, le fonctionnement conjugué par éclusées des usines de Ferrières et Labarre devra permettre de garantir en permanence à l'aval de la retenue de Labarre un débit de 25 m<sup>3</sup>/s, ou le débit moyen journalier entrant dans la retenue de Ferrières si ce débit est inférieur à 25 m<sup>3</sup>/s.* »

De plus une convention établie le 12 mai 1981 entre le Ministère de l'Environnement et EDF précise à l'Article 1 : « *la convention prévoit un soutien d'étiage tel que les débits moyens journaliers ne soient pas inférieurs à 8 m<sup>3</sup>/s à la restitution de la chute de Ferrières* ».

## **2.3. RÉPARTITION THÉORIQUE ET VARIATIONS DES NIVEAUX D'EAU AU DROIT DU SITE**

A partir :

- de la configuration actuelle du site,
- d'un débit turbiné maximal de 70 m<sup>3</sup>/s à l'usine,
- d'un fonctionnement en conformité avec le règlement d'eau

on retiendra, en fonction des conditions hydrologiques, les variations de niveaux d'eau et la répartition des débits suivants :

Débit Ariège à Garrabet	Débit turbiné au barrage (m <sup>3</sup> /s)	Débit réservé restitué au barrage (m <sup>3</sup> /s)	Débit turbiné à Ferrières (m <sup>3</sup> /s)	Niveau amont * (m NGF)	Niveau aval (m NGF)	Chute totale
Étiage (10.7 m <sup>3</sup> /s)	2.0	4.0	6.7	460.00	428.00	32.00 m
Module (28.9 m <sup>3</sup> /s)	2.0	2.0	26.9	460.00	428.00	32.00 m
1,5 x module (43.4 m <sup>3</sup> /s)	2.0	2.0	41.4	460.00	428.00	32.00 m
2 x module (57.8 m <sup>3</sup> /s)	2.0	2.0	55.8	460.00	428.00	32.00 m

\* : Le niveau amont est considéré égal à la RN. Cependant, le niveau amont peut être soumis à des marnages liés aux éclusées de Ferrières (- 5 mètres maximum). Cote minimale d'exploitation = 455 mNGF.

### 3. DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ PISCICOLE AU DROIT DU SITE

---

#### 3.1. FRANCHISSABILITÉ À LA MONTAISON

Au droit de la restitution de Ferrières, le débit turbiné peut représenter jusqu'à 35 fois le débit circulant dans le TCC ( $Q_t = 70 \text{ m}^3/\text{s}$  contre  $Q_{tcc} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Aussi les poissons seront inévitablement attirés par la sortie des groupes de l'usine.

Pour les poissons qui parviendraient à s'engager dans le TCC, aucun dispositif spécifique de montaison n'est actuellement présent au barrage.

Compte-tenu de la configuration du site, et de la chute au barrage (32 m), le barrage de Garrabet est totalement infranchissable pour l'ensemble des espèces susceptibles de se présenter à l'aval de l'ouvrage.

#### 3.2. FRANCHISSABILITÉ À LA DÉVALAISON

##### 3.2.1. ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DES PRISES D'EAU

###### 3.2.1.1. La prise d'eau de Ferrières

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du plan de grille actuel.

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :		
Cote du radier :	438.50	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	460.00	m NGF
Cote haut de grille :	448.15	m NGF
Largeur du pertuis au droit des grilles :	10	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	75	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	45	°
Hauteur d'eau :	21.50	m
Longueur totale de la grille :	9.99	m
Longueur immergée totale de la grille :	9.99	m
Largeur totale du plan de grille :	14.1	m
Surface totale du plan de grille :	141	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	141	m <sup>2</sup>

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement au droit du plan de grille en 3 composantes :

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.

- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des différentes composantes de la vitesse :

<b>CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DU PLAN DE GRILLE (grille non colmatée)</b>		
Débit turbiné :	70	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.73	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.50	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.13	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.51	m/s

On constate que malgré une inclinaison latérale du plan de grille les vitesses d'approche restent assez importantes (0.73 m/s) et les vitesses normales moyennes sont de l'ordre de 0.5 m/s. Rappelons que la vitesse normale au plan de grille maximale généralement préconisée pour les smolts et les anguilles pour limiter les risques de placage de poisson sur la grille est de 0.5 m/s.

### 3.2.1.2. Les prises d'eau de la turbine du barrage

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques de chaque grille.

<b>CARACTERISTIQUES GENERALES DU PLAN DE GRILLE :</b>		
Cote du radier :	449.15	m NGF
Cote du niveau d'eau (RN) :	460.00	m NGF
Cote haut de grille :	450.85	m NGF
Largeur du pertuis au droit de la grille :	1.7	m
Inclinaison longitudinale du plan de grille b:	90	°
Inclinaison latérale du plan de grille a:	90	°
Hauteur d'eau :	10.85	m
Longueur totale de la grille :	1.70	m
Longueur immergée totale de la grille :	1.70	m
Largeur totale du plan de grille :	1.7	m
Surface totale du plan de grille :	3	m <sup>2</sup>
Surface immergée totale du plan de grille :	3	m <sup>2</sup>

Ainsi, à partir de ces caractéristiques physiques, on peut décomposer la vitesse de l'écoulement en 3 composantes au droit de chaque plan de grille:

- Une composante normale  $V_N$  perpendiculaire au plan de grille
- Une composante tangentielle  $V_{T1}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'écoulement principal. En fait c'est une vitesse ascendante dans le sens de l'inclinaison longitudinale.
- Une composante tangentielle  $V_{T2}$  parallèle au plan de grille dans le sens de l'inclinaison latérale.

<b>CONDITIONS D'ÉCOULEMENT AU DROIT DE CHAQUEPLAN DE GRILLE (grille non colmatée)</b>		
Débit turbiné :	1	m <sup>3</sup> /s
Vitesse d'approche moyenne :	0.35	m/s
Vitesse normale moyenne :	0.35	m/s
Vitesse tangentielle ascendante moyenne :	0.00	m/s
Vitesse tangentielle latérale moyenne :	0.00	m/s

### 3.2.2. EFFICACITÉ DES DISPOSITIFS DE DÉVALAISON DES SMOLTS / PERMÉABILITÉ DES PLANS DE GRILLE POUR L'ANGUILLE

**Actuellement le site ne présente aucun dispositif de dévalaison spécifique au barrage.**

Les poissons dévalants dans la retenue ne peuvent donc transiter :

- au barrage, que par les clapets de surface lorsqu'ils déversent ou bien au travers de la turbine du débit réservé,
- au travers de la prise d'eau de l'usine de Ferrières.

En ce qui concerne la dévalaison des anguilles, et compte-tenu d'un espacement entre barreaux, **la perméabilité des grilles de prise d'eau des turbines peut être considérée comme totale.**

### 3.2.3. ESTIMATION DES MORTALITÉS DANS LES TURBINES

Les taux de mortalité des poissons transitant au travers de la turbine hydroélectrique ont été calculés à partir des caractéristiques du groupe installé et des formules prédictives présentées précédemment (voir Volet A - § 2.5.2.3).

**Pour les smolts**, les taux de mortalité ont été estimés par Bosc et Larinier (2000). **Pour l'anguille** ils ont été évalués à partir des formules prédictives. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats.

Usine	Usine de Ferrières			Turbine du barrage (Francis)
	(Francis n°1)	(Francis n°2)	Mortalité globale	
Mortalité smolts	37 %	46 %	40 %	52 %
Mortalité anguilles	70 %	81 %	73 %	87 %

### 3.2.4. ESTIMATION DES MORTALITÉS GÉNÉRALES DE L'AMÉNAGEMENT

À partir de l'estimation :

- de l'efficacité à la dévalaison pour les smolts et de la perméabilité du plan de grille pour l'anguille,
- de l'hydrologie en période de dévalaison,
- et de la mortalité dans les turbines hydroélectriques,

il est possible d'estimer un taux de mortalité globale de l'aménagement sur les populations de smolts et d'anguille dévalants.

**Pour le site de Garrabet le taux de mortalité générale au droit du site s'élève à près de 40 % pour les smolts et 58 % pour les anguilles.**

**On ne prend pas en compte ici les mortalités potentielles au niveau des déversements au barrage qui peuvent être très problématiques au niveau de la chute (32 m).**

En effet, Le passage par les déversoirs, évacuateurs de crues ou chutes naturelles peut entraîner des mortalités directes (blessures, chocs...) ou indirectes (sensibilité à la prédation sur des espèces choquées, désorientées). Les études menées sur plusieurs sites à l'étranger, notamment sur le saumon semblent montrer que les mortalités sont très variables d'un site à l'autre en fonction notamment de la hauteur de chute, de la présence d'une fosse de dissipation suffisamment profonde en pied, de possibilités de chocs sur des radiers, rochers...

Lors du franchissement d'un déversoir ou d'une chute naturelle, les individus dévalants sont susceptibles suivant la configuration des écoulements et le débit, de chuter :

➤ **soit en chute libre**

Lorsque les individus se trouvent en situation de chute libre, ils atteignent à partir d'une certaine hauteur de chute, une vitesse limite fonction notamment de sa taille et de sa morphologie. Globalement pour des poissons de l'ordre de 10-15 cm, la vitesse limite est de l'ordre de 12 m/s au bout d'une chute de l'ordre de 25-30 m (Pour des poissons de l'ordre de 15-20 cm, la vitesse limite est de l'ordre de 15-16 m/s). Pour des poissons de l'ordre de 60 cm de longueur, la vitesse limite est de l'ordre de 60 m/s après une chute de près de 200 m.

Des expérimentations ont montré clairement que des dommages significatifs apparaissent sur les poissons, dès lors que la vitesse d'impact du poisson sur le plan d'eau dépasse 15-16 m/s et ce quelle que soit la taille (Bell et Delacy, 1972 ; Larinier et Travade, 2002).

Ainsi, les poissons de taille inférieure à 10-15 cm ne subissent aucun dommage particulier quelle que soit la hauteur de chute, cette vitesse critique n'étant jamais atteinte.

Pour les poissons de tailles plus conséquentes, il ne devrait pas y avoir de dommages particuliers tant que la chute est inférieure à 30 m pour des poissons de l'ordre de 15-20 cm et tant que la chute est inférieure à une douzaine de mètres pour les plus gros individus de taille supérieure à 60 cm.

➤ **soit dans la lame d'eau**

Lorsqu'un poisson dévalant chute en restant confiné à l'intérieur de la lame d'eau, sa survie serait identique à celle résultant d'une chute libre induisant la même vitesse d'impact au niveau du plan d'eau et ce à condition que la fosse en pied assure un matelas d'eau suffisant. La vitesse d'impact peut s'apprécier alors par la formule suivante :  $V = (2 \times 9.81 \times H)^{0.5}$ .

Une lame d'eau atteint cette vitesse critique de l'ordre de 16 m/s à partir de 13 m de chute environ. Au-dessus de cette hauteur de chute, les dommages sur les poissons deviennent significatifs. Les mortalités augmentent rapidement pour être totales au bout d'une cinquantaine de mètres (vitesse d'impact de l'ordre de 30 m/s).

Ainsi, on peut voir que pour les petits individus (poissons de taille inférieure à 15-20 cm), il est préférable que les individus tombent en chute libre. Pour les plus gros individus, (cas des smolts, ravalés et anguilles), que la chute se fasse au sein ou en dehors de la lame d'eau, les effets seront très proches (limite de chute vers 12-13 m environ).

Les études conduites sur les barrages de Bonneville et McNary (27 m) sur la rivière Columbia semblent montrer que pour les smolts, les mortalités seraient de 0 à 4% environ.

## **4. POSSIBILITES D'AMELIORATIONS DE LA MIGRATION**

---

### **4.1. A LA MONTAISON**

Le site présente une réservation de 1.5 x 3.00 m au niveau du barrage pour l'équipement d'une écluse à poissons. Au vu des différents retours d'expériences sur les écluses à poissons, on peut difficilement imaginer qu'un tel ouvrage, sur une telle hauteur de chute, puisse assurer une bonne efficacité.

Aussi, au vu de la hauteur de chute et de l'étroitesse du site, seul l'équipement d'un ascenseur à poissons de type Castet ou Saint Cricq sur le gave d'Ossau ou Poutes-Monistrol sur l'Allier nous paraît éventuellement envisageable.

Le débit issu de l'ascenseur viendrait augmenter le débit dans le TCC permettant ainsi d'améliorer l'attractivité générale du TCC par rapport au canal de fuite de l'usine de Ferrières.

Au vu de l'implantation nécessaire à l'ensemble des équipements utiles au fonctionnement, la réservation actuellement existante pour l'écluse à poissons nous paraît insuffisante. L'implantation éventuellement possible serait en rive droite du barrage en aval immédiat de la culée.

A Saint Cricq et à Montrigon, où les conditions d'accès étaient plus faciles, et la chute à franchir plus faible, les coûts au 02/2011 étaient de l'ordre de 350 K€ et 610 K€ (Voegtlé et al, 2001).

On peut penser qu'un tel aménagement coûterait de l'ordre de 1.5 à 2 M€ environ.

### **4.2. A LA DÉVALAISON**

Au vu de la configuration du site et de la hauteur de chute, il paraît d'ores et déjà très difficile de pouvoir assurer une dévalaison des poissons sur ce site.

Au vu du retour d'expériences sur de telles retenues (hauteur de chute, volume de la retenue...), il semble difficile de pouvoir garantir une dévalaison efficace des poissons pour diverses raisons :

- Problème d'attractivité de l'exutoire de surface,
- Problème de restitution des poissons, qui peut être parfois plus dommageable que le passage des poissons par la turbine.

Dans tous les cas, si l'on souhaitait aménager un exutoire de dévalaison au niveau du site, il serait indispensable d'ores et déjà de pouvoir réduire l'espacement entre barreaux des deux plans de grille (2 cm).

De plus, afin de s'assurer d'un minimum de garantie que les poissons puissent trouver l'exutoire, on peut penser qu'il faudrait que l'exutoire de dévalaison soit installé en rive gauche, à proximité de la prise d'eau principale et qu'il entonne à minima 3-5 m<sup>3</sup>/s, ce qui représente 6 à 10 % du débit maximum turbiné.

Un tel débit pourrait éventuellement être évacué par le clapet gauche de surface qui pourrait alors être asservi au niveau amont, de manière à garantir en permanence le débit de dévalaison.

A noter que la cote basse du clapet est à la cote de 456 mNGF, ce qui ne permettrait pas de garantir le débit de dévalaison dès lors que le niveau de la retenue est en dessous de la cote 456.50 mNGF.

On peut rapprocher le contexte du site de Garabet de celui de Poutes Monistrol sur l'Allier qui reste très problématique alors que la configuration générale est plus favorable.

S'il était décidé de s'engager dans une amélioration des conditions de dévalaison sur ce site, on peut d'ores et déjà penser que la mise au point d'un dispositif efficace devra passer par plusieurs années d'études expérimentales lourdes, sans malheureusement aucune garantie à l'issue des études et travaux.

Dans tous les cas, si un tel aménagement était réalisé, il faudrait :

- en premier lieu regarder l'efficacité seule du débit sur le clapet vis à vis de la dévalaison, avant de s'engager vers d'autres travaux. Des expérimentations par radiotélémétrie devraient alors être menées.
- Dans un deuxième temps, regarder les dommages de la chute des poissons en sortie de clapet. La fosse en pied de clapet pourrait se révéler suffisante, même si elle est inférieure au quart de la hauteur de chute comme préconisée par Odeh et Orvis (1998). Des études expérimentales (radiotélémétrie, marquage-recapture) seraient également nécessaires.

Le débit alloué à la dévalaison resterait un débit non turbinable qui entraînerait une perte de production conséquente (  $P = 1\,375$  KWh) durant la période de dévalaison des smolts (début mars - fin mai).

## **C. SYNTHÈSE**

# 1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

---

## ■ Contexte de l'étude

La rivière Ariège fait partie du site NATURA 2000 FR7301822 constitué de la Garonne et de ses principaux affluents en Midi-Pyrénées « Garonne, Ariège, Hers, Salat, Pique et Neste ». Le réseau Natura 2000 a pour objectif de préserver la biodiversité tout en tenant compte des exigences socio-économiques locales.

L'Ariège peut être empruntée potentiellement par plusieurs espèces de poissons migrateurs. Parmi ces espèces, on peut recenser notamment 6 espèces migratrices amphibiotiques (saumon atlantique, truite de mer, grande alose, lamproies marine et fluviatile et anguille) et une espèce holobiotique qui accomplit l'ensemble de son cycle de vie en eau douce à savoir la truite fario.

L'enjeu de la franchissabilité piscicole des aménagements hydrauliques présents sur la rivière Ariège est prioritaire sur l'axe.

Ainsi, les actions 5 à 15 inscrites dans le DOCOB prévoient l'amélioration de la libre circulation sur l'Ariège aussi bien pour la migration de dévalaison que pour celle de montaison. La priorité est de travailler en aval du barrage de Labarre qui est actuellement la limite amont d'accessibilité de l'axe Ariège aux espèces migratrices.

Par ailleurs, par le décret du 20 juin 1989, l'Ariège est classée au titre de l'article L.432.6 du Code de l'Environnement à l'aval de sa confluence avec la Lauze, soit depuis Ax-les-Thermes jusqu'à la confluence avec la Garonne. Par arrêté ministériel du 21 août 1989, les espèces migratrices à prendre en compte, dans le cadre de ce classement sur la rivière Ariège sont le Saumon Atlantique, la Truite de mer et la Truite fario à l'aval du barrage de Labarre.

De plus, il s'agit d'un des axes majeurs du programme de restauration des poissons migrateurs ciblé par le SDAGE Adour Garonne.

## ■ Objectifs de l'étude

**NATURA 2000 a confié au bureau d'études ECOGEA (Etudes et Conseils en Gestion de l'Environnement Aquatique) la réalisation d'un diagnostic de la franchissabilité, tant à la montaison qu'à la dévalaison, des différents obstacles présents sur l'Ariège en aval de Labarre. Un diagnostic sur la faisabilité technique d'équiper les ouvrages de Labarre et Garrabet a été mené en complément.**

Ce diagnostic des dispositifs de franchissement piscicole existants a été réalisé de manière à évaluer la franchissabilité des obstacles par le poisson à la montaison mais également à la dévalaison.

## ■ Secteur étudié

L'étude de franchissabilité porte essentiellement sur le linéaire de l'Ariège actuellement classé au L432.6 du Code de l'Environnement et dont une liste d'espèces migratrices est présente, à savoir la partie située en aval du barrage EDF de Labarre (Foix).

Sur ce linéaire d'environ 70 km, on retrouve **11 barrages principaux** susceptibles de poser des problèmes à la libre circulation. L'ouvrage le plus aval du secteur est le site hydroélectrique de

Grépiac situé à une quinzaine de kilomètres environ de la confluence avec la Garonne et l'ouvrage le plus amont du secteur est le moulin du Vieux Moulin situé environ 2 kilomètres en aval du barrage EDF de Labarre.

A noter également qu'un diagnostic a été réalisé sur les différents obstacles présents sur les canaux principaux de la ville de Pamiers (alimentés depuis la prise d'eau de la digue du Foulon). **Ces canaux de Pamiers présentent globalement 4 ouvrages transversaux** (radiers, seuils) susceptibles de poser des problèmes à la migration de montaison.

En complément et au vu des fortes potentialités en zones potentielles de grossissement de juvéniles de salmonidés présentes en amont de Foix, **un diagnostic des deux obstacles majeurs EDF de Labarre et Mercus-Garrabet ont été réalisés** de manière à étudier la faisabilité technique de rétablir la libre circulation sur de tels ouvrages (fortes chutes, retenues de grande longueur, forts équipement des centrales hydroélectriques associées au barrage...). A noter que des ouvrages de tailles plus modérés sont présents entre les deux grands barrages EDF comme notamment les centrales du moulin de Foix et de Tramezaygues.

Les chutes au niveau des barrages sont généralement comprises entre 2 m et 4 m, à l'exception des deux grands barrages de Labarre (12 m) et Garrabet (32 m).

Mis à part le site du Foulon à Pamiers (agrément - alimentation des canaux traversant la ville), l'ensemble des barrages permet de dériver de l'eau destinée à la production d'électricité.

Le seuil de Saverdun est équipé quant à lui de trois centrales hydroélectriques (une centrale en rive droite et deux centrales en parallèle en rive gauche).

Ainsi, l'Ariège comporte **12 centrales hydroélectriques sur la partie classée au L432.6 du Code de l'Environnement en aval de Labarre.**

Les centrales sont équipées pour turbiner en moyenne un débit maximum de l'ordre de 32 m<sup>3</sup>/s. Les débits d'équipement des **14 centrales hydroélectriques étudiées** (12 usines dans la partie classée en aval de Labarre + les 2 usines de Labarre et Ferrières) varient globalement de 7 m<sup>3</sup>/s (usine de la minoterie de Saverdun) à 70 m<sup>3</sup>/s (usine de Ferrières).

L'ensemble des 11 seuils/barrages présents sur l'Ariège dans sa partie classée au L432.6 du Code de l'Environnement et situé en aval de Labarre, comporte des dispositifs visant à améliorer le franchissement des poissons à la montaison.

En ce qui concerne la dévalaison, 9 des 12 centrales hydroélectriques présentes sur ce secteur sont équipées d'exutoires de dévalaison. Seule l'usine hydroélectrique du Vieux moulin de Saint-Jean de Verges et les deux usines de la Régie municipale de Saverdun (rive droite et rive gauche) ne sont pas équipées d'exutoires de dévalaison.

## ■ Les enjeux de l'amélioration du franchissement piscicole à l'échelle de l'axe / espèces concernées par l'étude

### ➤ Grands salmonidés

L'Ariège présente des enjeux majeurs pour la migration des grands salmonidés. En effet i) d'une part cet axe est emprunté par les grands salmonidés qui viennent se reproduire (les études de radiopistage ont montré qu'une part significative des géniteurs remontant la Garonne en amont de Toulouse s'engageait ensuite sur l'Ariège); ii) d'autre part l'Ariège présente d'importantes potentialités de production et de grossissement des smolts, la majeure partie ayant été recensée entre Auterive et Labarre; iii) enfin, l'Ariège est concernée par des opérations de repeuplement

depuis une vingtaine d'années dans le cadre du programme de restauration des grands migrateurs sur le bassin de la Garonne, les déversements de jeunes saumons étant réalisés essentiellement entre Pamiers et Foix (aval Labarre).

Sur le cours de l'Ariège, 111 ha de surfaces théoriques utiles de radiers et de rapides ont été recensés (Bosc et Larinier, 2000) ce qui devrait permettre une production de 54 500 équivalents smolts pour une hypothèse moyenne de 490 smolts par hectare de radier ou rapide (Gayou, 1999).

Ce potentiel place l'Ariège par son importance comme le plus productif en quantité de smolts des affluents de la Garonne à l'amont de Toulouse. Sa capacité de production au kilomètre linéaire est de 1,09 ha/kml.

La répartition des potentialités fait apparaître trois zones de développement des juvéniles :

- du confluent de la Garonne jusqu'au barrage EDF de Pébernat (Pamiers). Elle représente 23% du potentiel de la rivière
- du barrage de Pébernat (Pamiers) jusqu'au barrage de Labarre (Foix). Cette zone représente 38% du potentiel
- et de Labarre au confluent avec l'Aston. Elle représente 39% du potentiel dont la majeure partie se situe en amont de la retenue de Ferrière (28% du potentiel total de La Garonne).

Le rétablissement de la libre circulation sur l'axe est donc un enjeu majeur sur l'axe de manière à restaurer l'accès aux géniteurs sur les zones de fraie (montaison) et faciliter le retour des juvéniles vers l'Océan (dévalaison).

#### ➤ **Autres espèces**

L'enjeu est également important pour l'anguille compte-tenu des menaces qui pèsent sur l'espèce et de la diminution importantes des populations au cours des dernières décennies.

Contrairement à l'alose et la lamproie marine qui sont des espèces migratrices pouvant potentiellement coloniser l'Ariège, l'anguille est quant à elle, déjà bien présente sur l'axe.

Cette espèce dévalant au stade adulte (anguilles argentées), elle est particulièrement vulnérable lors de son transit au travers les centrales hydroélectriques. L'étude s'est surtout intéressée à la dévalaison de l'espèce.

La truite fario a également été prise en compte, surtout sur la partie amont du secteur d'étude, à savoir à partir de Saverdun-Pamiers.

#### ■ **Méthodologie de l'étude**

Le diagnostic de la franchissabilité des sites s'est basé sur les points suivants :

- des mesures effectuées lors de reconnaissances de terrain en basses eaux et en eaux moyennes,
- des données fournies par les gestionnaires des ouvrages (plans et levés topographiques, études antérieures, etc.).
- des formulations classiques d'hydraulique générale

- des simulations des conditions hydrauliques dans les ouvrages pour différentes conditions hydrologiques. Ces simulations ont été réalisées à l'aide notamment du logiciel Cassiopée mis au point par le Conseil Supérieur de la Pêche (actuellement Onema).
- de la connaissance du comportement migratoire et des capacités de franchissement des différentes espèces migratrices.

### **Le diagnostic à la montaison**

Il a consisté à regarder :

- l'attractivité des ouvrages,
- le dimensionnement des dispositifs,
- la fonctionnalité des ouvrages qui est en fait l'état physique de l'ouvrage.

Les dispositifs de franchissement de Saverdun et de Pébernat sont équipées de stations de contrôle (vitre de visualisation). Les stations suivis il y a quelques années ont permis de quantifier et qualifier en complément, les espèces piscicoles ayant empruntés les ouvrages sans pour autant pouvoir juger de l'attractivité des ouvrages (Dartiguelongue et Langon, 1998 ; Dartiguelongue, 1999 et 2000).

En complément lors des études de radiopistage menée par le CEMAGREF/GHAAPPE (Croze *et al.*, 2004 ; Bau *et al.* 2005, 2006 et 2007) lors des suivis par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique en amont de Golfech de 2002 à 2005, certains poissons ont emprunté l'Axe Ariège après avoir traversé l'agglomération toulousaine. Les résultats de ces études de radiopistage ont été pris en compte dans la présente étude.

### **Le diagnostic à la dévalaison**

Les poissons sont susceptibles lors de leur transit à travers les turbines de subir des dommages d'origines diverses (chocs contre les parties fixes ou mobiles des turbines, fortes variations de pression, cisaillements...). L'anguille dévalant au stade adulte avec une taille importante est donc très vulnérable lors de son passage au travers les aménagements hydroélectriques.

Au niveau d'un aménagement hydroélectrique, en fonction des débits respectifs transitant par les ouvrages évacuateurs et dans le canal d'amenée, de la configuration du barrage et de l'ouvrage de prise, une partie des poissons dévalant transite par les ouvrages évacuateurs (déversoir, vanne...) et une autre est entraînée jusqu'à la centrale.

Suivant l'existence ou non d'un dispositif spécifique de dévalaison et des caractéristiques des grilles de la prise d'eau de la centrale, un certain pourcentage de poissons transite par les turbines de la centrale avec un pourcentage de mortalité plus ou moins important suivant les caractéristiques des turbines. Les individus ayant survécu rejoignent alors ceux qui ont transité (le plus souvent sans dommage) par les ouvrages évacuateurs au barrage ou par le dispositif de dévalaison et continuent leur migration vers l'aval.

La survie des poissons au niveau d'un aménagement est donc liée à la répartition des passages des poissons entre les ouvrages évacuateurs et la prise d'eau, à la perméabilité des grilles de prise d'eau et aux dommages potentiels lors du transit par les turbines.

Pour apprécier la mortalité générale au droit d'un site sur la dévalaison, cela suppose donc la connaissance :

- de la répartition des passages des poissons au niveau de chaque prise d'eau, en fonction des débits en période de migration, du débit d'équipement et de la

configuration de l'aménagement (barrage, prise d'eau, centrale, dispositif de dévalaison),

- de la perméabilité des grilles avant tout liée à leur espacement et de l'efficacité des exutoires de dévalaison lorsqu'ils existent et qu'ils sont ouverts,
- des dommages potentiels en fonction du type et des caractéristiques des turbines équipant chaque aménagement.

Ce volet a porté sur les migrateurs amphibiotiques déjà présents sur l'axe, à savoir : les grands salmonidés (saumon atlantique et truite de mer) et l'anguille et espèces pour lesquelles les comportements en dévalaison sont les plus connus.

Pour les smolts de salmonidés, une étude a été réalisée par Bosc et Larinier (2000), visant à définir une stratégie de réouverture de la Garonne et de l'Ariège à la dévalaison des salmonidés grands migrateurs. L'appréciation des dommages des sites à la dévalaison des smolts a été tirée de cette étude sous réserve que les caractéristiques des sites n'aient pas changé. En cas de modification, une actualisation a été effectuée selon la même méthodologie qu'en 2000.

Pour l'anguille, la méthodologie utilisée a été similaire à celle utilisée dans l'étude menée pour la DDTM des Pyrénées atlantiques visant à simuler les mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison des anguilles sur les bassins du gave de Pau (Voegtli et Larinier, 2008) et sur celui de la Nive (Ecogea, 2010).

Le diagnostic à la dévalaison a consisté en :

- l'estimation de l'efficacité des exutoires de dévalaison pour les juvéniles de saumon atlantique
- l'appréciation des perméabilités des plans de grille à la dévalaison des anguilles
- l'estimation des mortalités lors du passage au travers des installations hydroélectriques à partir des caractéristiques hydromécaniques des installations hydroélectriques
- l'estimation de la mortalité générale au droit des aménagements en prenant en compte les déversements de poissons aux ouvrages évacuateurs (déversoirs, exutoires...)

### **Propositions d'aménagements**

A partir des éléments du diagnostic réalisé sur chacun des sites et des différentes contraintes rencontrées, des orientations d'aménagements visant à améliorer la migration ont été proposées.

Un chiffrage sommaire des études et travaux relatifs à chaque proposition, a été réalisé en complément.

## **2. BILAN DU DIAGNOSTIC DE LA FRANCHISSABILITÉ**

---

**A l'issue du diagnostic, le constat global fait état d'un certain nombre de dysfonctionnements sur chacun des aménagements expertisés qui pénalisent de manière plus ou moins conséquente le franchissement des poissons à la montaison ou/et à la dévalaison.**

A l'échelle du linéaire étudié, on peut distinguer deux secteurs : le secteur en aval du barrage de Labarre (Foix) puis le secteur en amont de Labarre avec ses deux ouvrages majeurs : Labarre et Garrabet.

### **■ Cas des aménagements de Labarre et Garrabet**

De part leur position sur le cours d'eau et leur configuration actuelle, les ouvrages de Labarre et de Garrabet ont volontairement été traités à part.

Ces deux ouvrages se distinguent en effet des ouvrages situés à l'aval de Labarre. Les barrages de Garrabet et Labarre présentent les plus fortes hauteurs de chutes (respectivement 32 et 12 m de chute au barrage). La présence de ces obstacles génère également des retenues conséquentes (plusieurs kilomètres).

Le fonctionnement de ces installations est étroitement corrélé. L'usine de Ferrières alimentée par dérivation des eaux au barrage de Garrabet fonctionne en effet par d'importantes éclusées, lesquelles sont partiellement démodulées à Labarre situé à l'aval par un fonctionnement mixte fil de l'eau – éclusées.

Ces deux ouvrages ne présentent actuellement aucun ouvrage de franchissement piscicole que ce soit à la montaison ou à la dévalaison. Il convient de rappeler que l'Ariège est actuellement classée pour le saumon Atlantique, la truite de mer et la truite fario à l'aval de Labarre uniquement.

Les conclusions du diagnostic de franchissabilité les classent actuellement comme totalement infranchissables à la montaison.

A la dévalaison, les mortalités induites par ces aménagements sont conséquentes. A Garrabet (Labarre) elles ont été estimées à 40% (10%) pour les smolts de salmonidés et à 58% (19%) pour les anguilles. Ces valeurs les classent parmi les ouvrages les plus meurtriers sur les populations dévalantes parmi l'ensemble des sites expertisés.

Compte-tenu de la configuration des ouvrages, l'amélioration de la franchissabilité piscicole passerait impérativement par des installations lourdes et coûteuses (ascenseurs, augmentation du débit réservé dans le TCC entre Garrabet et Ferrières pour la montaison ; changement des plans de grille, mise en place d'exutoires et de systèmes de restitution pour la dévalaison).

Le rapport coût/bénéfice de tels aménagements ne milite pas pour que la priorité soit donnée à l'aménagement de ces ouvrages, tout du moins à court et moyen terme.

En théorie, l'aménagement de Labarre à la dévalaison pourrait être intéressant compte tenu du potentiel de près de 9 000 eq. smolts entre Labarre et Garrabet. Cependant, ce secteur est soumis à de fortes éclusées de l'aménagement de Ferrières et on peut supposer que ces potentialités soient surestimées.

On peut raisonnablement penser que la question de l'aménagement de ces ouvrages ne devra réellement se poser que lorsque :

- En montaison, le stock de géniteurs de grands salmonidés migrateurs remontant l'Ariège sera conséquent et qu'une accumulation de poissons sera constatée au pied de Labarre ou que l'ensemble des zones de frayères en aval sont saturés.
- En dévalaison, la totalité des zones de grossissement en aval des ouvrages est déjà saturée par le recrutement naturel ou l'alevinage et qu'il faille aleviner d'autres secteurs favorables dans le cadre du plan de restauration du saumon atlantique.
- Que l'ensemble des aménagements en aval sera équipé de dispositifs de franchissement efficaces, notamment en ce qui concerne la dévalaison.

Actuellement, ces différents points ne sont pas d'actualités.

Les remontées actuelles de migrateurs à hauteur de Foix sont quasi nulles et les zones de frayères recensées à l'aval de Labarre sont largement suffisantes pour accueillir les géniteurs empruntant actuellement sur l'axe.

L'effort d'alevinage de saumon atlantique effectué dans le cadre du programme de restauration de l'espèce n'est pas encore optimal sur le secteur en aval de Labarre (environ 50% du potentiel de l'Ariège dans sa partie considérée comme ouverte à la dévalaison).

Les dispositifs de franchissement actuellement présents sur les obstacles situés en aval de Labarre ne présentent pas une grande fonctionnalité et efficacité.

**L'effort d'aménagement doit donc être porté en priorité sur les ouvrages situés à l'aval de Labarre.**

#### ■ **Le diagnostic en aval de Labarre**

A l'aval de Labarre et depuis la confluence avec la Garonne on recense un total de 11 barrages sur le cours d'eau.

Sur ce linéaire et au vu des diagnostics réalisés, on peut dire qu'à ce jour, la franchissabilité des ouvrages n'est pas satisfaisante et que des améliorations sont indispensables au vu des enjeux du linéaire notamment pour les grands salmonidés.

##### ➤ **Franchissabilité à la montaison**

Dans le détail, les sites les plus pénalisants à la montaison sont, d'aval en amont, les sites de Grépiac, Saverdun et Pébernat.

**Le barrage de Grépiac** est le premier obstacle rencontré par les géniteurs à la montaison sur l'Ariège. Il est donc impératif de le rendre le plus « transparent » possible pour que les poissons puissent le franchir le plus rapidement possible et dans de bonnes conditions. Rappelons que les premières zones potentiellement favorables à la reproduction sont situées à l'amont de l'obstacle. La passe située en rive droite est théoriquement fonctionnelle, son défaut principal résidant dans son manque d'attractivité. Les poissons sont ainsi bloqués à l'aval de l'ouvrage et les durées de blocage constatées lors des suivis par radiopistage sont importantes. Les améliorations devront donc portées en priorité à ce niveau et il conviendra de suivre par la suite l'évolution des passages à l'amont avant d'entreprendre des travaux plus lourds pour concevoir un dispositif fonctionnel en rive gauche (rappelons que la passe mixte existante n'est pas efficace).

**Le site de Saverdun** constitue un second verrou à la montaison. Le principal problème est la forte attractivité du canal de fuite de l'usine du moulin en rive gauche. Les poissons qui s'y engagent se retrouvent bloqués en pied des groupes avec pour conséquence des retards

potentiellement importants à la migration (le temps que les poissons redévalent pour emprunter ensuite le lit principal jusqu'au barrage et à la passe en rive droite) voire des blocages définitifs (repli des poissons à l'aval sur des secteurs peu favorables à la fraie). En rive droite, la passe existante est fonctionnelle, seul le débit d'attrait pourra être amélioré pour augmenter son efficacité.

**Le site de Pébernat** constitue le troisième point de blocage important. Les dysfonctionnements n'incombent pas à la passe existante au barrage qui semble théoriquement fonctionnelle et qui est franchie sans difficultés par les poissons parvenus au barrage. Le problème du site de Pébernat est l'attractivité du canal de fuite de l'usine.

En eaux basses à moyenne c'est près de 95 % du débit de l'Ariège qui est ainsi restitué au pied des turbines. Les poissons sont donc majoritairement attirés vers le canal de fuite et les durées de blocage sont importantes voir les blocages peuvent être définitifs avec dévalaison des poissons n'ayant jamais emprunté le TCC.

**Sur les autres sites référencés sur l'Ariège, les dispositifs sont globalement satisfaisants.** Dans l'ensemble, les passes existantes sont fonctionnelles et les ouvrages ne semblent pas poser de difficultés majeures.

Toutefois, **certains sites nécessitent tout de même des interventions pour remettre en état le dispositif ou améliorer sa fonctionnalité (Ramier, Foulon), ou encore améliorer le calage général de l'ouvrage (La Ville, Guilhot, Las Mijeannes, St Jean de Verges).**

#### ➤ **Franchissabilité à la dévalaison**

**Le diagnostic de la franchissabilité des ouvrages à l'aval de Labarre a mis en évidence que la problématique de dévalaison sur l'Ariège est importante sur ce secteur. De manière générale, les conditions de dévalaison ne sont pas satisfaisantes et les dispositifs spécifiques, lorsqu'ils sont présents, sont pour la plupart peu efficaces.**

#### ■ **Les dispositifs de dévalaison actuels**

Hormis les installations de Saint-Jean de Verges, de Pamiers, de la Régie à Saverdun et de Grépiac, toutes les centrales possèdent un ou des dispositifs de dévalaison. Cependant, en fonction de l'équipement des centrales et de la configuration de ces dispositifs, leur efficacité actuelle varie de manière importante en fonction du site.

Les centrales de Guilhot, Pébernat et Crampagna présentent les taux d'efficacité les plus importants avec respectivement 75 %, 68 % et 66 % d'efficacité.

Viennent ensuite les centrales du Moulin du Ramier et du Moulin (rive gauche) à Saverdun avec une efficacité estimée à 50 %.

Les centrales de Las Mijeannes et du Moulin de la Ville présentent les taux d'efficacité les plus faibles avec respectivement 32 % et 15 % d'efficacité.

De manière générale la configuration des plans de grille n'est pas favorable à une bonne efficacité des dispositifs de dévalaison existants. En effet l'espacement entre barreaux est en moyenne supérieur ou égal à 3 cm. **Ces écartements ne sont que peu efficaces pour créer une barrière pour les smolts, quant aux anguilles, de tels espacements confèrent au grille une perméabilité quasi-totale voir totale.**

## ■ Les taux de mortalités au droit de chaque site

**Concernant les salmonidés**, les ouvrages les plus potentiellement pénalisants actuellement en terme de mortalité globale induite par l'aménagement sont Pébernat (4.6%), Las Rives (4.5%), Las Mijeannes (4.0%) et le Moulin du Ramier à Auterive (2.9%).

Viennent ensuite les usines de Grépiac, du Moulin de la Ville, de Saverdun et de Guilhot dont le taux de mortalité est de l'ordre de 2%.

Les centrales de Crampagna et de Saint-Jean de Verges sont quant à elles les moins pénalisantes avec des taux de mortalités sur les smolts respectifs de 0.9 et 0.3%.

**Pour l'anguille**, les taux de mortalités sont de manière générale nettement plus importants en raison notamment d'une taille supérieure des individus dévalants.

Le site le plus potentiellement problématique est celui de Pébernat avec un taux de mortalité de 40%. Le site de Las Mijeannes est le second ouvrage le plus dommageable avec un taux de mortalité de 19%.

Viennent ensuite les ouvrages de Saint-Jean de Verges, Guilhot, Grépiac et Saverdun avec une mortalité comprise entre 13 et 16%.

Le taux de mortalité des usines du Moulin de la Ville (Auterive), Las Rives et Crampagna sont d'environ 10%.

L'ouvrage le moins problématique est le site du Moulin du Ramier avec un taux de mortalité de 4%.

## ■ Aménagements les plus dommageables

Suivant leur localisation sur l'axe, certains aménagements ne voient transiter qu'une faible part du stock total d'individus migrants (cas par exemple du site de Saint-Jean de Verges). A contrario, certains sites localisés en aval de toutes les zones de grossissement vont voir l'ensemble du stock dévaler (cas par exemple de Grépiac).

Ainsi, suivant les situations respectives des aménagements vis à vis de la répartition des habitats et des mortalités générales au droit de chacun des sites, nous avons regardé l'impact potentiel susceptible d'être occasionné par chaque aménagement en considérant que les autres centrales de l'axe ne posaient pas de problèmes particuliers (ou plutôt que la problématique de la dévalaison était résolue sur ces sites).

En ce qui concerne les smolts, nous avons pris en considération les surfaces de grossissement.

Pour l'anguille, la notion d'habitat à l'échelle d'un bassin versant est plus difficile à appréhender que pour des espèces comme le saumon, en raison notamment du caractère fortement ubiquiste de l'espèce. Il paraît ainsi préférable de raisonner globalement, en fonction des données disponibles, en terme de linéaire de cours d'eau (km), de surface en eau (m<sup>2</sup>), de volume d'eau (m<sup>3</sup>) ou de superficie de bassin versant (km<sup>2</sup>).

Dans notre cas, il avait été fait l'hypothèse que l'habitat favorable était grosso-modo proportionnel à la surface de bassin versant. L'habitat favorable ou le stock potentiel dévalant depuis l'amont d'un ouvrage peut donc être exprimé en terme de superficie, par la différence de surface de bassin versant entre l'amont (Labarre) et l'aménagement.

- Cas des smolts

Aménagement	Mortalité globale à l'aménagement en tenant compte des déversements (%)	Potentiel total du bassin en aval de Labarre (eq. smolts)	Potentiel en amont de l'aménagement (eq. smolts)	Pertes occasionnées par l'aménagement (eq. smolts)
St Jean de Verges	0.3	33077	2000	6
Crampagna	0.9		2744	25
Las Rives	4.5		3886	175
las Mijeannes	4		9790	392
Guilhot	2		11358	227
Pébernat	4.6		20582	947
Saverdun	2		28324	566
Auterive_La Ville	1.8		33077	595
Auterive_Ramier	2.9		33077	463
Auterive_Total	3.2		33077	1058
Grépiac	2.3		33077	761

NOTA : pour rappel, ce tableau ne prend en compte que les mortalités au travers des centrales hydroélectriques et considère que les poissons dévalant au niveau des ouvrages évacuateurs (barrage, exutoire) ne subissent aucun dommage.

**Ainsi, on peut voir que les aménagements les plus potentiellement dommageables à l'échelle de l'axe (aval Labarre) sont les sites de Pébernat, Grépiac, du Moulin de La Ville et de Saverdun.**

Dans une moindre mesure, on retrouve, le site du moulin du Ramier et de Las Mijeannes, puis les centrales de Guilhot et Las Rives.

Et enfin, on peut citer pour les moins problématiques, les centrales de Crampagna et Saint Jean de Verges.

- Cas des anguilles

Aménagement	Mortalité globale à l'aménagement en tenant compte des déversements (%)	Potentiel total du bassin en aval de Labarre (Km2 de BV)	Potentiel en amont de l'aménagement (Km2 de BV)	Pertes susceptibles d'être occasionnées par l'aménagement (km2 de BV)
St Jean de Verges	15	2580	20	3
Crampagna	9		35	3
Las Rives	10		35	4
las Mijeannes	19		65	12
Guilhot	13		65	8
Pébernat	40		110	44
Saverdun	16		240	38
Auterive_La Ville	11		1800	198
Auterive_Ramier	4		1800	45
Auterive_Total	13.5		1800	243
Grépiac	14		2005	281

**Pour la dévalaison de l'anguille, les deux aménagements de Grépiac et du Moulin de La Ville sont les plus problématiques à l'échelle de l'axe.**

Dans une moindre mesure, on retrouve ensuite les centrales du Ramier, Saverdun et Pébernat, puis les centrales de Guilhot et Las Mijeannes.

Les centrales de Las Rives, Crampagna et St Jean de Verges sont les moins dommageables de par notamment leur position en amont sur l'axe.

### **3. PRIORITES EN MATIERE D'AMENAGEMENT**

---

➤ **L'aval de Labarre est le linéaire à aménager en priorité**

Compte-tenu de la configuration des ouvrages de Labarre et Garrabet, l'amélioration de la franchissabilité piscicole passerait impérativement par des installations lourdes et coûteuses (ascenseurs, augmentation du débit réservé dans le TCC entre Garrabet et Ferrières pour la montaison ; changement des plans de grille, mise en place d'exutoires et de systèmes de restitution pour la dévalaison).

Le rapport coût/bénéfice de tels aménagements ne milite pas pour que la priorité soit donnée à l'aménagement de ces ouvrages, tout du moins à court et moyen terme.

**L'effort d'aménagement devra être porté en priorité sur les ouvrages situés à l'aval de Labarre.**

➤ **L'amélioration de la dévalaison est l'enjeu prioritaire sur ce secteur**

L'enjeu principal prioritaire du franchissement piscicole sur l'Ariège est l'amélioration de la dévalaison, avant la montaison.

A l'heure actuelle, la quasi-majorité des sites ne présente pas une efficacité suffisante des dispositifs de dévalaison spécifiques lorsqu'ils en sont pourvus. Certains ouvrages (Saint-Jean de Verge, les usines de la Régie à Saverdun, Grépiac) ne sont même pas équipés d'ouvrages dédiés.

Par souci de cohérence des actions à mener, l'amélioration de la dévalaison est donc un enjeu prioritaire. Il ne serait en effet pas pertinent de faciliter la remontée des géniteurs à l'amont d'obstacles qui occasionneraient des mortalités conséquentes sur les populations de juvéniles qui dévaleraient après la reproduction.

De plus, dans le cadre du plan de restauration du saumon, des alevinages sont effectués notamment en amont de Pamiers et la réussite de tels plans nécessite la perte minimale de poissons à la dévalaison. Actuellement, une part conséquente des effectifs de juvéniles déversés dans le cadre du repeuplement est décimée par le passage au travers des turbines des centrales équipant le cours d'eau en aval.

Les mortalités cumulées pour l'ensemble des aménagements de l'Ariège sur le secteur prioritaire (aval Labarre) sont importantes et sont de l'ordre de 12 % en se basant sur l'étude de Bosc et Larinier (2000) réactualisée avec les efficacités estimées des exutoires. La perte moyenne correspond donc sur l'ensemble de l'Ariège en aval de Labarre potentiellement alevinée à terme à environ 3 900 individus sur un potentiel d'environ 33 000 eq. Smolts.

**L'amélioration de la dévalaison sur l'Ariège est donc la priorité n°1 à court terme pour rétablir la circulation des populations dévalantes.** Une attention toute particulière devra être portée sur les ouvrages diagnostiqués comme étant les plus pénalisants pour la dévalaison des poissons (salmonidés et anguilles), à savoir de l'aval vers l'amont : les ouvrages de Grépiac, du Ramier et de la Ville à Auterive, les trois usines de Saverdun, Pébernat ainsi que les sites de Guilhot, Las Mijeannes.

**L'amélioration de la montaison** constitue également un enjeu important sur certains ouvrages qui ont été identifiés au travers de l'expertise comme des verrous majeurs (Grépiac, Saverdun et Pébernat). De part notamment sa localisation en partie aval de l'axe, l'amélioration au complexe des centrales d'Auterive devra également être traitée avec attention.

## BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1997. Définition d'une stratégie de réouverture de la Garonne amont à la dévalaison des espèces migratrices, 9p. Rapport 1<sup>ère</sup> modélisation Garonne.

ARIEGE Environnement, ?. Projet de franchissement pour les poissons Canal de fuite de la centrale de Las Rives à Varilhes. Rapport pour la SHEMA.

ARIEGE Environnement, ?. Plans de recollement des ouvrages de franchissement des aménagements hydroélectriques de la Shema. Rivière Ariège. Dossier de présentation. Rapport pour la SHEMA.

BAU F., BREINIG T., JOURDAN H., CROZE O., 2005. Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en amont de Golfech – Deuxième campagne (suivi 2003). Rapport GHAAPPE RA05.01, 102 p.

BAU F., MOREAU N., CROZE O., BREINIG T., JOURDAN H., 2006. Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en amont de Golfech – Troisième campagne (suivi 2004). Rapport GHAAPPE RA06.03, 153 p.

BAU F., CROZE O., DELMOULY L., MOREAU N., ALESINA R., 2007. Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en aval et en amont de Golfech – quatrième campagne (suivi 2005). Rapport GHAAPPE RA07.03, 108 p.

BESSY P., ANDRIEU JP., 1996. Passe à poissons de Pébernat. Contrôle d'efficacité de la dévalaison en 1995. Rapport EDF D4161/RAP/96-039-A/PAP/127.

BOSC S., NARS A., MIGNOTTE S., 2007. Contrôle de la migration des smolts de saumon atlantique en dévalaison au niveau des dispositifs de piégeage et de transport de Camon et de Pointis sur la Garonne – Campagne 2006. Rapport MIGADO 2G-07-RT, 46p + annexes.

BOSC S., NARS A., MIGNOTTE S., 2008. Contrôle de la migration des smolts de saumon atlantique en dévalaison au niveau des dispositifs de piégeage et de transport de Camon et de Pointis sur la Garonne – Campagne 2007. Rapport MIGADO 2G-08-RT, 43p + annexes.

BOSC S., LARINIER M., 2000. Définition d'une stratégie de réouverture de la Garonne et de l'Ariège à la dévalaison des salmonidés grands migrateurs - Simulation des mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison. Rapport GHAAPPE RA.00.01 / MIGADO G17-00-RT /, 53 p.

BOUCARD F., 2011. Aménagement de Pébernat. Amélioration des conditions de dévalaison à l'usine. Avant Projet Sommaire. Rapport EDF CIH IH/PEBER-DVAL/ENV/0001/B/BPE.

CHANSEAU M., DARTIGUELONGUE J., LARINIER M., 2000 : Analyse des données sur les passages enregistrés aux stations de contrôle de poissons migrateurs de Golfech et du Bazacle sur la Garonne et de Tuilières sur la Dordogne. Rapport Ghaappe/Migado.

CROZE O., LARINIER M., 1999. Étude du comportement de smolts de saumon atlantique (*Salmo salar L.*) au niveau de la prise d'eau de l'usine hydroélectrique de Pointis sur la Garonne et estimation de la dévalaison au niveau du barrage de Rodère. Bull. Fr. Pêche Piscic., 353/354 : 141-156.

CROZE O., SALAUN B., CHANSEAU M., 2000. Efficacité de deux exutoires de dévalaison pour smolts de saumons Atlantiques (*Salmo salar L.*) situés au niveau des usines hydroélectriques de Guilhot et de Las Mijanes (Ariège - 09). Rapport GHAAPPE RA 00.03, 57 p. + annexes.

CROZE O., BREINIG T., PALLO S., LARINIER M., 2001. Étude de l'efficacité de deux dispositifs de dévalaison pour smolts de saumon atlantique (*Salmo salar L.*) – Usines hydroélectriques de Guilhot, Las Rives et Las Mijanes (Ariège – 09). Rapport GHAAPPE RA 00.03, 49p.

CROZE O., BAU F., BREINIG T., 2004. Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur la Garonne en amont de Golfech \_ Première campagne (suivi 2002). Rapport GHAAPPE RA04.06, 225 p.

CROZE O., BLOT E., DELMAS F., ALESINA R., JOURDAN H., BAU F., BREINIG T., 2006. Suivi de la qualité de l'eau de la Garonne lors de la migration anadrome du saumon en amont de Golfech. Rapport GHAAPPE RA06.04, 156 pp.

COURRET D., LARINIER M., 2008. Guide pour la conception de prises d'eau ichtyocompatibles pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPPE RA.08.04 pour l'ADEME : 72p.

DARTIGUELONGUE J., LANGON M., 1998. Contrôle du fonctionnement de la passe à poissons installée au barrage de Pébernat sur l'Ariège (09). Suivi de l'activité ichtyologique à l'automne 1997. Rapport SCEA pour MIGADO. 14p.

DARTIGUELONGUE J. 1999. Contrôle du fonctionnement des passes à poissons installées sur l'Ariège (09) au barrage de Pébernat et à Saverdun. Suivi de l'activité ichtyologique en 1998. Rapport SCEA pour MIGADO. 24p.

DARTIGUELONGUE J. 2000. Contrôle du fonctionnement des passes à poissons de Pébernat et de Saverdun sur l'Ariège (09). Suivi de l'activité ichtyologique en 1999. Rapport SCEA pour MIGADO G2-00-RT. 27p.

DE FAVERI N., 1996. Expérimentation d'un dispositif de dévalaison pour les juvéniles de saumon atlantique (Radiopistage et suivis visuels)-Usine hydroélectrique de St Cricq (Gave d'Ossau). Rapport de stage, 34p.

DURIF, 2003. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Rapport de thèse, 348p.

EUZENAT G., FOURNEL F., 1976 – Recherches sur la truite commune dans une rivière de Bretagne : le Scorff.

EUZENAT, 1992. Migr' En Seine - Stratégie pour le retour du saumon en seine. Rapport IAAP/CSP, 38p.

FDAAPPMA 09, MIGADO, ANA, 2006. Réseau Natura 2000. Documents d'objectifs de la zone spéciale de conservation "Garonne, Ariège, Hers, Salat, Pique et Neste". Partie « Rivière Ariège » FR7301822.

GAYOU F., 1986. Possibilité de restauration du saumon atlantique et de l'aloise dans le bassin de la Garonne. Rapport de synthèse CSP, 87 p.

GAYOU F., 1999. Groupe de travail « saumon atlantique : objectif Garonne-Ariège » Bilan des actions réalisées et Perspectives. Rapport de synthèse CSP.

GOMES P., LARINIER M., 2008. Dommages subis par les anguilles lors de leur passage au travers des turbines Kaplan. Établissement de formules prédictives. Rapport GHAAPPE RA 08.05 42p+ annexes.

GOSSET C., TRAVADE F., 1999. Étude de dispositifs d'aide à la migration de dévalaison des salmonidae : Barrières comportementales. *Cybiurn* 1999 ; 23(1) supp 45-66.

IDE, 2000. Société hydroélectrique du moulin SHM Saverdun (09). Dossier de demande de renouvellement de l'autorisation d'exploiter un ouvrage utilisant l'énergie hydraulique.

IDE, 2008. Société du Vieux Moulin SCI du Plantaurel St Jean de Verges (09). Dossier de renouvellement de l'autorisation d'un ouvrage hydroélectrique.

LARINIER M., DARTIGUELONGUE J., 1989. La circulation des poissons migrateurs : le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 312/313, 90 p.

LARINIER M., TRAVADE F. 1999 : La dévalaison des migrateurs : problèmes et dispositifs. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 353/354 : 181-210.

LAUTERS F., SEGURA G., 1998. Exutoire de dévalaison de Pébernat. Contrôle d'efficacité. Année 1998. Rapport EDF D4161/RAP/1998-107-A

ODEH M., ORVIS C., 1998. Downstream fish passage design considerations and developments at hydroelectric projects in the North-east USA.

SEGURA G., LAUTERS F. 1996. Exutoire de dévalaison de Pébernat. Contrôle d'efficacité. Année 1996. Rapport EDF D4160/DTG/RE-ENV/96-104-A

TRAVADE F., LARINIER M., SUBRA S., GOMES P., DE OLIVEIRA E., 2010. Franchissement des aménagements hydroélectriques par l'anguille argentée en dévalaison. Etude des voies de franchissement de l'usine hydroélectrique de Baigts de Béarn (64). Test d'exutoires de dévalaison et de grilles fines. Rapport EDF R&D H-P 76-2009-02948-FR.

VOEGTLE B., PALLO S., LARINIER M., 2001. Cout des passes à poissons et méthodes constructives. Rapport MIGADO GHAAPPE RA01.08 et GT11-01-RT.

VOEGTLE B., LARINIER M., 2008. Définition d'une stratégie de restauration de l'axe de migration pour l'anguille. Cours d'eau du gave de Pau. Rapport MIDIVAL-ECOGEA-GHAAPPE RA08.02 pour la DDAF 64.

VOEGTLE B., 2010. Simulation des mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison des anguilles. Bassin de la Nive. Rapport ECOGEO E080501.02 pour la DDTM 64.