



EPTB Garonne

*Syndicat Mixte d'Etudes et
d'Aménagement de la Garonne*



Devenir du Seuil de Beauregard

Phase 1 – Diagnostic

juillet 2008 – version 2.3

SOMMAIRE

1	CONTEXTE DE L'ETUDE ET CONTENU DU RAPPORT	8
2	HISTORIQUE DU SEUIL DE BEAUREGARD	11
2.1	OUVRAGE EN CONFIGURATION INITIALE (1846-1849)	11
2.1.1	<i>Fonctions historiques du barrage</i>	11
2.1.2	<i>Description de l'ouvrage dans sa configuration initiale</i>	12
2.2	ENTRETIEN, CONFORTEMENT ET MODIFICATION DE L'OUVRAGE ENTRE 1850 ET 1967	14
2.3	SITUATION DEPUIS 1967	18
3	CONTEXTE JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE	22
3.1	CONTEXTE JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE ACTUEL	22
3.1.1	<i>Contexte général de la Garonne et du site d'étude</i>	22
3.1.2	<i>Contexte juridique, réglementaire et administratif du barrage de Beauregard</i>	26
3.2	PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION	28
3.2.1	<i>Directive cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (DCE) et transposition dans le droit français (2004)</i>	28
3.2.2	<i>Mise en œuvre de la nouvelle loi sur l'eau et les milieux aquatiques (2006)</i>	29
3.2.3	<i>La directive européenne relative à la promotion de l'électricité à partir d'énergie renouvelable (2001) et sa transposition en droit français (2005)</i>	31
3.2.4	<i>SDAGE 2010-2015 et PLAGEPOMI 2008-2012</i>	32
3.3	SYNTHÈSE RÉGLEMENTAIRE	33
4	CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE	35
4.1	CONTEXTE GÉOLOGIQUE	35
4.1.1	<i>Contexte géologique et géotechnique</i>	35
4.1.2	<i>Instabilités géologiques coteaux de Layrac et de Le Passage</i>	37
4.2	CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	40
4.2.1	<i>Présentation des nappes alluviales ([6] et [9])</i>	40
4.2.2	<i>Caractérisation des nappes phréatiques et évolution piézométrique</i>	40
4.2.3	<i>Synthèse sur l'influence du barrage de Beauregard sur la piézométrie des nappes alluviales</i>	49
5	DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE	50
5.1	HYDROLOGIE DE LA GARONNE À AGEN	50
5.1.1	<i>Débits mensuels, modules et courbes des débits classés</i>	50
5.1.2	<i>Débits de crue</i>	52
5.1.3	<i>Débits d'étiage</i>	53
5.1.4	<i>Synthèse hydrologique</i>	53
5.2	HYDRAULIQUE	54
5.2.1	<i>Modèle hydraulique et calage</i>	54
5.2.2	<i>Diagnostic hydraulique de la situation actuelle</i>	56
5.2.3	<i>Diagnostic hydraulique de la situation avant les brèches (1967-2000)</i>	64
5.2.4	<i>Synthèse hydraulique</i>	65
5.3	MORPHODYNAMIQUE FLUVIALE	67
5.3.1	<i>Evolution du lit mineur</i>	67
5.3.2	<i>Evolution récente (depuis 2001-2002) et diagnostic de l'état actuel</i>	78
5.3.3	<i>Synthèse morphodynamique</i>	85
6	DIAGNOSTIC DE LA STABILITE DE L'OUVRAGE	87
6.1	STABILITÉ DU SEUIL D'APRÈS LES RECONNAISSANCES VISUELLES ET LES PHOTOGRAPHIES DISPONIBLES	88
6.1.1	<i>Diagnostic général</i>	88
6.1.2	<i>Passe profonde</i>	89
6.1.3	<i>Brèche principale</i>	90
6.1.4	<i>Brèche secondaire</i>	91
6.2	STABILITÉ STRUCTURELLE	92

6.2.1	<i>Caractéristique du sol de fondation</i>	92
6.2.2	<i>Calcul de la stabilité de la structure</i>	93
6.3	STABILITÉ HYDRAULIQUE.....	95
6.4	SYNTHÈSE.....	95
7	DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL	96
7.1	QUALITÉ DE L'EAU.....	96
7.2	FAUNE-FLORE.....	98
7.2.1	<i>Oiseaux</i>	98
7.2.2	<i>Flore</i>	98
7.2.3	<i>Odonates (libellules)</i>	99
7.3	PEUPELEMENT PISCICOLE - COMPOSITION GÉNÉRALE ET MIGRATEURS.....	99
7.4	ENJEUX LIÉS AUX MIGRATEURS ET NOTAMMENT À LA GRANDE ALOSE.....	101
7.4.1	<i>Quelques rappels sur l'évolution de la population de grande alose</i>	101
7.4.2	<i>Habitat de reproduction de la grande alose et enjeux liés au devenir du seuil de Beauregard</i>	102
7.4.3	<i>Problème de la libre circulation et enjeux liés au devenir du seuil de Beauregard</i>	105
8	DIAGNOSTIC PAYSAGER	108
9	USAGES PASSÉS, EXISTANTS ET POTENTIELS	109
9.1	PRÉLÈVEMENTS EN RIVIÈRE ET EN NAPPE ALLUVIALE.....	109
9.1.1	<i>Situation des points de prélèvement</i>	109
9.1.2	<i>Prélèvements potentiellement influencés par le seuil de Beauregard</i>	109
9.2	ACTIVITÉS NAUTIQUES.....	111
9.2.1	<i>Motonautisme et ski nautique</i>	111
9.2.2	<i>Jet ski</i>	112
9.2.3	<i>Bateau école</i>	112
9.2.4	<i>Canoë kayak</i>	112
9.3	PÊCHE.....	113
9.3.1	<i>Réglementation</i>	113
9.3.2	<i>Pêche amateur</i>	113
9.3.3	<i>Pêche professionnelle</i>	114
9.4	HYDROÉLECTRICITÉ.....	115
9.4.1	<i>Synthèse des études existantes</i>	115
9.4.2	<i>Faisabilité réglementaire et régime administratif</i>	116
9.4.3	<i>Faisabilité technique d'une continuité écologique</i>	118
9.4.4	<i>Evaluation du potentiel hydroélectrique</i>	119
9.5	SYNTHÈSE SUR LES USAGES.....	124
10	SYNTHÈSE	125

FIGURES

FIGURE 1 : PLAN D'IMPLANTATION DU SEUIL DE BEAUREGARD.....	8
FIGURE 2 : PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE D'OCTOBRE 2005 DE L'OUVRAGE.....	9
FIGURE 3 : CARTE DES OUVRAGES LIÉS AU CANAL LATÉRAL À LA GARONNE À AGEN VERS 1850 (SOURCE VNF [2])	12
FIGURE 4 : BARRAGE DE BEAUREGARD VU DEPUIS LA RIVE DROITE, APRÈS 1872 (PRÉSENCE DE PILES)	12
FIGURE 5 : COUPE PRÉSENTANT LES TRAVAUX RÉALISÉS EN 1885-1886 SUR LE PAREMENT AVAL DU SEUIL (PASSE PROFONDE) ET INDIQUANT LA STRUCTURE D'ORIGINE. NOTA : LES COTES ALTIMÉTRIQUES NE SONT PAS DANS LE RÉFÉRENTIEL NGF IGN69	13
FIGURE 6 : BARRAGE DE BEAUREGARD : COUPE DE PRINCIPE DES PARTIES MOBILES, PLAN DES FERMETTES ET PHOTOGRAPHIES DATANT DE 1972 ISSUES DES ARCHIVES DE VNF [2]	14
FIGURE 7 : PROFIL AU NIVEAU DE LA PASSE PROFONDE EN 1906 [2].....	15
FIGURE 8 : PROFIL AU NIVEAU DES PASSES SUPÉRIEURES (SANS DALLE BÉTON), 1906 [2].....	15
FIGURE 9 : PROFIL AU NIVEAU DES PASSES SUPÉRIEURES (AVEC DALLE BÉTON SUR LE PAREMENT AVAL), 1906 [2]	16
FIGURE 10 : PHOTOGRAPHIE DE 1906 [4].....	16
FIGURE 11 : COUPE SUR LES PASSES SUPÉRIEURES 1920 [2]	17
FIGURE 12 : PLAN DE 1952 [2].....	18
FIGURE 13 : PROJET DE RÉFECTION DU PAREMENT AVAL DES PASSES SUPÉRIEURES 4 ET 5	18
FIGURE 14 : PASSE PROFONDE EN 1982 (SOURCE DDE [4]).....	19
FIGURE 15 : PASSE À POISSONS [4].....	20
FIGURE 16 : FORMATION D'UNE BRÈCHE AU NIVEAU DE LA PASSE N°2 [4].....	20
FIGURE 17 : PILE PRINCIPALE FENDUE ET S'INCLINANT VERS L' AVAL [4]	20
FIGURE 18 : BRÈCHE AU NIVEAU DE LA PASSE SUPÉRIEURE N°5. NOTER LE NIVEAU D'ÉTIAGE EN JUILLET 2006 PLUS BAS QUE LA PASSE PROFONDE. PHOTOGRAPHIE : SMEAG.....	21
FIGURE 19 : CARTOGRAPHIE DU SITE INSCRIT DES CHUTES DES COTEAUX DE GASCOGNE.....	22
FIGURE 20 : LIMITE DE LA RÉSERVE NATURELLE DE LA FRAYÈRE D'ALOSE (SOURCE : HTTP://WWW.BORDEAUX.CEMAGREF.FR/PUBLIC/RABX/ALOSE.SHAD/FRAYERE.HTML)	23
FIGURE 21 : RECENSEMENT DES COURS D'EAU REMARQUABLES DU BASSIN ADOUR GARONNE, SOURCE : INVENTAIRE DES COURS D'EAU REMARQUABLES DU BASSIN ADOUR GARONNE (GEODIAG/ECOCÉA, OCTOBRE 2007)	30
FIGURE 22 : EXTRAIT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE D' AGEN AU 1/50000 DU BRGM.....	35
FIGURE 23 : LOCALISATION DES SONDAGES GÉOTECHNIQUES. SOURCE : BRGM ET AVP DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS [9]	36
FIGURE 24 : LOCALISATION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN [1]	37
FIGURE 25 : LOCALISATION DES HABITATIONS AFFECTÉES PAR LE GLISSEMENT DE TERRAIN DU LOTISSEMENT BELLEVUE (SOURCE [14] ET ORTHOPHOTOGRAPHIE DE 2005).	37
FIGURE 26 : COUPE EN TRAVERS DU TALUS DU LOTISSEMENT DE BELLEVUE AU DROIT DE LA PROPRIÉTÉ 39 CLASSÉE EN CATASTROPHE NATURELLE EN 1985 [14]	38
FIGURE 27 : ÉROSION DE BERGE AU NIVEAU DU LOTISSEMENT DE BELLEVUE DERRIÈRE L' ANCIENS ENROCHEMENTS DE PROTECTION [6].....	39
FIGURE 28 : LIGNES D'EAU DE LA GARONNE ET GÉOLOGIE EN RIVE DROITE EN SITUATION ACTUELLE, D' APRÈS LES SONDAGES DISPONIBLES.....	42
FIGURE 29 : ÉVOLUTION DU CUMUL DE PRÉCIPITATIONS ANNUELLES À AGEN SUR LA PÉRIODE 1978-2007. SOURCE : MÉTÉO FRANCE.	43
FIGURE 30 : ÉVOLUTION PIÉZOMÉTRIQUE EN RIVE DROITE EN LIEN AVEC LA PLUVIOMÉTRIE MENSUELLE.	44
FIGURE 31 : ÉVOLUTION PIÉZOMÉTRIQUE EN RIVE DROITE EN LIEN AVEC LE DÉBIT JOURNALIER DE LA GARONNE À LA STATION DE LAMAGISTÈRE.	44
FIGURE 32 : LOCALISATION DU PIÉZOMÈTRE 09028X0071/P (SAUVETERRE SAINT DENIS) SOURCE : ADES	46
FIGURE 33 : ÉVOLUTION DE LA PIÉZOMÉTRIE AU NIVEAU DU PIÉZOMÈTRE 09028X0071/P (SAUVETERRE SAINT DENIS) ET DU DÉBIT DE LA GARONNE À LAMAGISTÈRE. SOURCES : ADES ET BANQUE HYDRO.	46
FIGURE 34 : DÉBITS MOYENS MENSUELS, MODULE ET COURBE DES DÉBITS CLASSÉS À LAMAGISTÈRE (1967-2007), SOURCE : BANQUE HYDRO	50
FIGURE 35 : DÉBITS MOYENS MENSUELS DU GERS (À GAUCHE), 1967-2005, ET DE LA SÈOUNE (À DROITE), 1967-2007. SOURCE : BANQUE HYDRO.....	51
FIGURE 36 : DÉBITS MOYENS MENSUELS, MODULE ET COURBE DES DÉBITS CLASSÉS CALCULÉS À AGEN (1978-2005).....	51
FIGURE 37 : CHRONIQUE DES DÉBITS JOURNALIERS RECONSTITUÉS AU SEUIL DE BEAUREGARD (1978-2006).....	52
FIGURE 38 : CALAGE DU MODÈLE HYDRAULIQUE À L'ÉTIAGE $Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$	55

FIGURE 39 : LIGNE D'EAU POUR LA CRUE DE FÉVRIER 2003 (Q= 4700 m ³ /s) ET REPÈRES DE CRUE DE L'ÉTUDE GINGER [6]	56
FIGURE 40 : LIGNES D'EAU POUR LES DÉBITS D'ÉTIAGE (30 m ³ /s ET 50 m ³ /s) ET POUR LES DÉBITS DE 120 m ³ /s ET 200 m ³ /s	57
FIGURE 41 : NIVEAU À L'ÉTIAGE Q=63,2 m ³ /s À AGEN. PHOTO RÉALISÉE PAR LE SMEAG LE 18 JUILLET 2006.	57
FIGURE 42 : COMPARAISON DES LIGNES D'EAU EN SITUATION ACTUELLE ET EN SITUATION D'ARASEMENT DU SEUIL POUR DES DÉBITS (DE GAUCHE À DROITE ET DE HAUT EN BAS) DE 30 m ³ /s, 50 m ³ /s, 120 m ³ /s ET 200 m ³ /s	58
FIGURE 43 : VITESSES MOYENNES POUR LES DÉBITS D'ÉTIAGE (30 m ³ /s ET 50 m ³ /s) ET POUR LES DÉBITS DE 120 m ³ /s ET 200 m ³ /s	59
FIGURE 44 : LIGNES D'EAU POUR LES DÉBITS COURANTS ET D'HIVER 290 m ³ /s, 420 m ³ /s ET 660 m ³ /s	59
FIGURE 45 : PHOTO DU SEUIL LE 7 FÉVRIER 2008, RÉGIME HYDRAULIQUE COURANT : Q = 341 m ³ /s (SOURCE : BANQUE HYDRO).....	60
FIGURE 46 : COMPARAISON DES LIGNES D'EAU EN SITUATION ACTUELLE ET EN SITUATION D'ARASEMENT DU SEUIL POUR DES DÉBITS DE 290 m ³ /s À GAUCHE ET DE 660 m ³ /s À DROITE	60
FIGURE 47 : VITESSES MOYENNES EN LIT MINEUR POUR LES DÉBITS COURANTS ET D'HIVER 290 m ³ /s, 420 m ³ /s ET 660 m ³ /s	61
FIGURE 48 : LIGNES D'EAU POUR LES DÉBITS DE CRUE 1200 m ³ /s, 2800 m ³ /s, 4000 m ³ /s ET 4700 m ³ /s.....	62
FIGURE 49 : COMPARAISON DES LIGNES D'EAU EN SITUATION ACTUELLE ET EN SITUATION D'ARASEMENT DU SEUIL POUR UN DÉBIT DE 2 800 m ³ /s.....	62
FIGURE 50 : VITESSES MOYENNES POUR LES DÉBITS DE CRUE 1200 m ³ /s, 2800 m ³ /s, 4000 m ³ /s ET 4700 m ³ /s	63
FIGURE 51 : ÉVOLUTION DE LA CHUTE DE LA LIGNE D'EAU EN FONCTION DU DÉBIT	63
FIGURE 52 : LIGNES D'EAU POUR LES DÉBITS DE 50 m ³ /s, 290 m ³ /s, 2800 m ³ /s ET 4700 m ³ /s DE LA GAUCHE VERS LA DROITE ET DE HAUT EN BAS ET IMPACT HYDRAULIQUE	64
FIGURE 53 : CARTE DE CASSINI – AGEN (18 ^{ÈME} SIÈCLE)	68
FIGURE 54 : CARTE 1860 (SOURCE : VNF).....	68
FIGURE 55 : ORTHOPHOTOGRAPHIE 2005 (SOURCE CAA).....	69
FIGURE 56 : ÉVOLUTION DE LA COURBE DE TARAGE À LA STATION D'ANNONCE DES CRUES SUR LA PÉRIODE 1969-1999 [12].....	73
FIGURE 57 : ÉVOLUTION DU PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR ENTRE LE PONT DE SAINT PIERRE DE GAUBERT ET LE PONT CANAL.....	74
FIGURE 58 : ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ENTRE LE PONT DE SAINT PIERRE DE GAUBERT ET LE PONT DE LA RD17, ENTRE 1983 ET 2002 (À GAUCHE : PROFIL P6, À DROITE PROFIL P8)	75
FIGURE 59 : ABAISSEMENT LOCALISÉ DU LIT AU NIVEAU DU PROFIL P10.....	75
FIGURE 60 : ENFONCEMENT DU FOND DU LIT SUR LES 2 KM EN AMONT DU SEUIL DE BEAUREGARD ENTRE 1983 ET 2002 : PROFILS P20, P21 ET P22.....	76
FIGURE 61 : COMPARAISON DE LA BATHYMÉTRIE À L'AMONT DU SEUIL DE BEAUREGARD ENTRE 1985 [7] ET 2008	76
FIGURE 62 : ÉVOLUTION À L'AVANT DU BARRAGE DE BEAUREGARD ENTRE 1980 ET 2001.....	77
FIGURE 63 : EN AVANT DU SEUIL DE BEAUREGARD (P24) : BAISSÉ DU FOND DU LIT ET DÉVELOPPEMENT D'ATTERRISSÉMENT EN PARTIE GAUCHE DU LIT MINEUR.....	77
FIGURE 64 : COURBE GRANULOMÉTRIQUE AU SONDAGE SC1 SOURCE : GÉOTEC	78
FIGURE 65 : FORCES TRACTRICES POUR LE DÉBIT MÉDIAN Q= 290 m ³ /s	79
FIGURE 66 : FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 1200 m ³ /s	80
FIGURE 67 : FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 2800 m ³ /s	81
FIGURE 68 : FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 4 700 m ³ /s	81
FIGURE 69 : ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE EN P23AMONT, 90 M EN AMONT DU SEUIL (À GAUCHE) ET EN P22, 80 M EN AVANT DU PONT DE BEAUREGARD (À DROITE)	83
FIGURE 70 : PILES DU PONT DE SAINT PIERRE DE GAUBERT (FÉVRIER 2006)	85
FIGURE 71 : CHRONIQUE HYDROMÉTRIQUE À AGEN DEPUIS 2002 (SOURCE : BANQUE HYDRO).....	86
FIGURE 72 : PHOTOGRAPHIE DU SEUIL DANS LES ANNÉES 1940 VUE DEPUIS LA RIVE GAUCHE [4]	88
FIGURE 73 : SITUATION ACTUELLE VUE EN PLAN SUR L'ORTHOPHOTOGRAPHIE 2005	88
FIGURE 74 : PASSE PROFONDE ET DESTRUCTION AU TROIS QUARTS DE LA PILE PRINCIPALE SOURCES : PHOTOGRAPHIES RÉALISÉES PAR LE SMEAG LE 17/08/2006	89
FIGURE 75 : BRÈCHE PRINCIPALE DANS LA CINQUIÈME PASSE DÉVERSANTE. SOURCE : FILMS D'ÉTIAGES RÉALISÉS PAR LA CAA, AOÛT 2005	90
FIGURE 76 : BRÈCHE SECONDAIRE FORMÉE DE PALPLANCHES PLIÉES AU NIVEAU DE LA PASSE DÉVERSANTE 2, BASCULEMENT DES PILES 1 ET 2 VERS L'AVANT À COMPARER À LA SITUATION EN 1920 AU DROIT DE LA PILE N°2. SOURCES : PHOTOGRAPHIES RÉALISÉES PAR LE SMEAG LE 17/08/2006 ET ARCHIVE DDE [4].....	91

FIGURE 77 : RIDEAU DE PIEUX EN BOIS SOUS LE PAREMENT AVAL DU SEUIL. SOURCE : PHOTOGRAPHIES RÉALISÉES PAR LE SMEAG LE 18 JUILLET 2006.....	92
FIGURE 78 : SCHÉMATISATION DE LA GÉOMÉTRIE MODÉLISÉE SOUS LE LOGICIEL STAB.....	94
FIGURE 79 : ÉVOLUTION DU NOMBRE D'ALOSSES REPRODUITES EN AVAL DE GOLFECH ET NOMBRE D'ALOSSES PASSÉES À GOLFECH ENTRE 1986 ET 2007.....	101
FIGURE 80 : PRÉLÈVEMENTS DES PRISES D'EAU DE LACAPELETTE ET DU ROUQUET (FORAGE PROFOND) POUR L'AEP D'AGEN [5].....	110
FIGURE 81 : PRATIQUE DU CANOË-KAYAK DANS LE SPOT DE LA PASSE PROFONDE DU BARRAGE. SOURCE : WWW.EAUX-VIVES.ORG	113
FIGURE 82 : COURBE DES DÉBITS CLASSÉS À BEAUREGARD 1978-2005.....	119
FIGURE 83 : DÉBITS MOYENS MENSUELS À BEAUREGARD 1978-2005.....	120
FIGURE 84 : COURBE DE TARAGE AVAL.....	121
FIGURE 85 : FRÉQUENCE DE NON DÉPASSEMENT DE LA CHUTE BRUTE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION À LA COTE DE RETENUE NORMALE 39,48 M NGF.....	122
FIGURE 86 : FRÉQUENCE DE NON DÉPASSEMENT DE LA CHUTE BRUTE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION À LA COTE DE RETENUE NORMALE 38,85 M NGF.....	122
FIGURE 87 : FRÉQUENCE DE NON DÉPASSEMENT DE LA CHUTE BRUTE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION À LA COTE DE RETENUE NORMALE 38,23 M NGF.....	123

TABLEAUX

TABLEAU 1 : RUBRIQUES DE LA LOI SUR L'EAU SUSCEPTIBLES DE S'APPLIQUER À L'AMÉNAGEMENT DU SEUIL DE BEAUREGARD.....	24
TABLEAU 2 : ESPÈCES PISCICOLES PRÉSENTES SITE NATURA 2000 GARONNE ET IMPORTANCE RELATIVE DU SITE POUR CHAQUE ESPÈCE : A : SITE REMARQUABLE (15 À 100% DE LA POPULATION NATIONALE) ; B : SITE TRÈS IMPORTANT (2 À 15%), C : SITE IMPORTANT (MOINS DE 2%).	25
TABLEAU 3 : DROITS ET OBLIGATIONS DE L'ÉTAT ET DES RIVERAINS LIÉS À LA DOMANIALITÉ. SOURCE : SCHÉMA DIRECTEUR D'ENTRETIEN DE LA GARONNE [8] D'APRÈS « ENTRETIEN ET RESTAURATION DES COURS D'EAU », AGENCE DE L'EAU RMC 1996, MIS À JOUR POUR CORRESPONDRE AU CODE GÉNÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ DES PERSONNES PUBLIQUES.....	27
TABLEAU 4 : SITUATION DU TOIT DES MARNES PAR SECTEUR.....	36
TABLEAU 5 : DÉBIT MINIMAL DE LA GARONNE NÉCESSAIRE POUR ATTEINDRE LE NIVEAU DU TOIT DES MARNES EN 4 SECTEURS.....	41
TABLEAU 6 : COMPARAISON DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES EN RIVE DROITE ENTRE 2002 ET 2007. SOURCES : [6], [9] ET RELEVÉS PIÉZOMÉTRIQUES DE L'ASSOCIATION DE SAUVEGARDE DU SEUIL DE BEAUREGARD	45
TABLEAU 7 : IMPACT D'UN ABAISSEMENT DE LA LIGNE D'EAU SUR LA PIÉZOMÉTRIE DE LA NAPPE DE LAYRAC [10].....	47
TABLEAU 8 : COMPARAISON DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES EN RIVE DROITE DANS LE NAPPE DE LAYRAC ENTRE 2002 ET 2007. SOURCES : [6] ET RELEVÉS PIÉZOMÉTRIQUES DE L'ASSOCIATION DE SAUVEGARDE DU SEUIL DE BEAUREGARD.....	48
TABLEAU 9 : DÉBITS DE CRUE À AGEN, D'APRÈS L'ÉTUDE GINGER [6].....	52
TABLEAU 10 : DÉBITS D'ÉTIAGE DE LA GARONNE À LAMAGISTÈRE, ET INTERVALLE DE CONFIANCE À 95%. SOURCE BANQUE HYDRO.....	53
TABLEAU 11 : CALAGE DU MODÈLE HYDRAULIQUE POUR LA CRUE DE FÉVRIER 2003 (Q= 4700 m ³ /s) SUR LES LAISSES DE CRUE REPÉRÉES DANS L'ÉTUDE GINGER [6].....	56
TABLEAU 12 : IMPACT HYDRAULIQUE DU SEUIL ENTRE LA SITUATION ACTUELLE ET LA SITUATION NATURELLE (SEUIL MARNEUX NATUREL À LA COTE 35,0 M NGF) POUR LES DÉBITS DE 30 m ³ /s, 50 m ³ /s, 120 m ³ /s ET 200 m ³ /s.....	58
TABLEAU 13 : IMPACT HYDRAULIQUE DU SEUIL ENTRE LA SITUATION ACTUELLE ET LA SITUATION NATURELLE (SEUIL MARNEUX NATUREL À LA COTE 35,0 M NGF) POUR LES DÉBITS DE 290 m ³ /s ET 660 m ³ /s.....	60
TABLEAU 14 : COMPARATIF DE LA CHUTE DE LA LIGNE D'EAU AU NIVEAU DU SEUIL EN FONCTION DU DÉBIT AVANT ET APRÈS L'APPARITION DES BRÈCHES.....	65

Débit en m ³ /s	Ecart entre la ligne d'eau avant apparition des brèches et actuellement au niveau de					
	pont Saint Pierre de Gaubert	pont de Layrac	confluence avec le Gers	mairie de Boé	pont de Beauregard	l'amont immédiat du seuil
30	0	0.12	0.58	1.25	1.29	1.24
50	0	0.21	0.6	1.07	1.1	1.04
120	0.01	0.28	0.54	0.94	1	0.91
290	0.03	0.24	0.38	0.69	0.79	0.66
660	0.08	0.21	0.31	0.57	0.7	0.54
1200	0.1	0.2	0.26	0.5	0.66	0.47
2800	0.06	0.08	0.11	0.19	0.27	0.18
4000	0.01	0.03	0.03	0.05	0.08	0.05
4700	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.03

<i>TABLEAU 15 : ABAISSEMENT DE LA LIGNE D'EAU POUR DIFFÉRENTS DÉBITS ET EN DIFFÉRENTS POINTS DU LINÉAIRE D'ÉTUDE ENTRE LES SITUATIONS AVANT ET APRÈS LA FORMATION DES BRÈCHES.....</i>	65
TABLEAU 16 : QUANTITÉS DE MATÉRIAUX PRÉLEVÉS DANS LE LIT MINEUR DE LA GARONNE DANS SA TRAVERSÉE DU DÉPARTEMENT 47 ENTRE 1979 ET 1987. SOURCE : RAPPORT DE PRÉSENTATION DES EXTRACTIONS, DDE, JUIN 1983 [4].....	70
<i>TABLEAU 17 : EVALUATION DES RESSOURCES EN MATÉRIAUX ALLUVIONNAIRES EXISTANTS DANS LE LIT MINEUR DE LA GARONNE ENTRE LE PONT DE SAINT PIERRE DE GAUBERT ET LE PONT CANAL À PARTIR DE LA CARTE DES RESSOURCES EXPLOITABLES RÉALISÉE PAR LA CELLULE EAU DE LA DDE EN JUIN 1983 [4].....</i>	70
TABLEAU 18 : CONTRAINTES LIMITES ADMISSIBLES DE QUELQUES MATÉRIAUX. SOURCES : GUIDE DES TECHNIQUES DE GÉNIE VÉGÉTAL ET GUIDE DU LOGICIEL MACRA DE MACCAFERRI.....	79
TABLEAU 19 : LIEN ENTRE LA CONSISTANCE D'UN SOL ET LA COHÉSION NON DRAINÉE DRAINÉE. SOURCE : THÈSE DE PHELIPOT, INSA LYON, 2000.....	93
TABLEAU 20: GRILLE DU SYSTÈME D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU AUX STATIONS DE LAMAGISTÈRE, ACQUEDUC ET ECUSSAN.....	96
TABLEAU 21 : SUIVI DE LA QUALITÉ BIOLOGIQUE PAR L'ASSOCIATION DE LA RÉSERVE NATURELLE DE LA FRAYÈRE D'ALLOSES AU NIVEAU DE LA FRAYÈRE DE 2003 À 2007.....	97
TABLEAU 22 : RÉSULTAT DES ANALYSES IBGN RÉALISÉES PAR L'ASSOCIATION DE LA RÉSERVE NATURELLE DE LA FRAYÈRE D'ALLOSES AU NIVEAU DE LA FRAYÈRE DE 1998 À 2007.....	97
TABLEAU 23 : ESPÈCES RECENSÉES À LA STATION DU RHP DE BEAUREGARD SUR LA GARONNE ENTRE 1994 ET 2006. SOURCE ONEMA.....	99
TABLEAU 24 : ESPÈCES RECENSÉES SUR 3 AUTRES STATIONS ENTRE AGEN ET GOLFECH ET À LA STATION DE CONTRÔLE DE GOLFECH (ASCENSEUR) ENTRE 1993 ET 2006 SOURCE ONEMA ET MIGADO.....	100
TABLEAU 25 : LES QUATRE NIVEAUX DE PROTECTION RÉGLEMENTAIRE PRIS EN COMPTE DANS L'ÉTUDE DU POTENTIEL HYDROÉLECTRIQUE [13].....	117
TABLEAU 26 : RÉCAPITULATIF DES DONNÉES HYDROLOGIQUES.....	120
TABLEAU 27 : MODULE INTERANNUAL DE LA GARONNE À LAMAGISTÈRE SELON LA PÉRIODE D'ÉVALUATION (SOURCE : BANQUE HYDRO).....	120
TABLEAU 28 : CHUTE BRUTE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION À LA COTE DE RETENUE NORMALE 39,48 M NGF.....	122
TABLEAU 29 : CHUTE BRUTE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION À LA COTE DE RETENUE NORMALE 38,85 M NGF.....	122
TABLEAU 30 : CHUTE BRUTE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION À LA COTE DE RETENUE NORMALE 38,23 M NGF.....	122
TABLEAU 31 : ANALYSE ÉCONOMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE DES RÉSULTATS ().....	123

ANNEXES

ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 2 : GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

ANNEXE 3 : HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE

ANNEXE 4 : STABILITÉ DU SEUIL

ANNEXE 5 : USAGES

ANNEXE 6 : COMPTES RENDUS DES RÉUNIONS DU COMITÉ TECHNIQUE ET DU COMITÉ DE PILOTAGE

1 CONTEXTE DE L'ETUDE ET CONTENU DU RAPPORT

Le barrage (ou seuil) de Beauregard a été construit au milieu du XIX^{ème} siècle pour l'alimentation du canal latéral à la Garonne. Il barre le lit mineur de la Garonne sur une largeur de 160 m entre Boé et le Passage à 400 m environ à l'aval du pont de Beauregard et 2,2 km en amont du pont de Pierre (Figure 1).

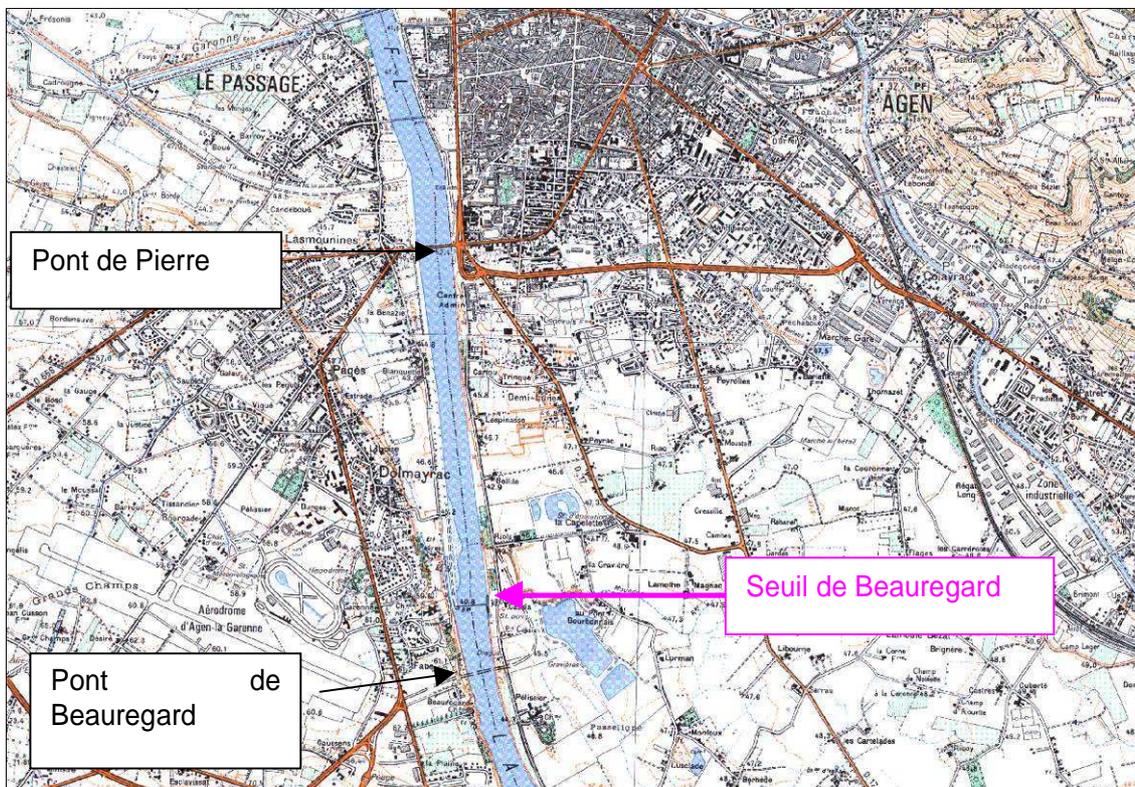


Figure 1 : Plan d'implantation du seuil de Beauregard

Il s'agissait historiquement d'un barrage mobile à aiguilles et fermettes à structure mixte à base de maçonnerie de béton, d'enrochements et de pieux de bois.

Le barrage est actuellement dans un état de dégradation avancée. Les aiguilles qui maintenaient le niveau amont à 39,48 NGF ont été supprimées en 1967, avec l'arrêt de l'alimentation du canal latéral à la Garonne. Depuis, l'ouvrage n'a pas été entretenu et est progressivement détruit pas les crues. Deux brèches affectent l'ouvrage, une brèche principale en rive droite à proximité de la passe profonde et une brèche secondaire en rive gauche.

L'ouvrage constitue le premier obstacle aux migrations piscicoles de la Garonne depuis l'estuaire. Compte tenu de la disparition de sa fonction première de prise d'eau pour la navigation et de son fort impact environnemental, l'Etat, propriétaire de l'ouvrage et gestionnaire du fleuve, a exprimé à plusieurs reprises, et notamment suite à une étude réalisée par BCEOM en 1996 [1]¹, sa volonté de ne plus intervenir pour la restauration de ce seuil.

L'Etat a toutefois proposé aux collectivités riveraines intéressées de faire le nécessaire pour consolider les usages afférents à l'existence du barrage.

¹ Les numéros X entre crochets [X] renvoient à la bibliographie en annexe 1

La situation actuelle n'est pas satisfaisante à plusieurs titres. Du point de vue environnemental, l'état de délabrement d'un ouvrage patrimonial fortement lié à l'histoire agenaise nuit à la qualité du paysage dans un secteur sensible puisque localisé à l'entrée de la ville. Par ailleurs, la baisse du niveau de retenue normale causée par la présence de brèches dans l'ouvrage, rend inopérante la passe à poissons et la présence de palplanches dans le lit perturbe le passage des poissons migrateurs (Figure 2). La baisse du plan d'eau à l'amont du barrage pourrait également avoir un impact sur les prélèvements en nappe et en rivière.

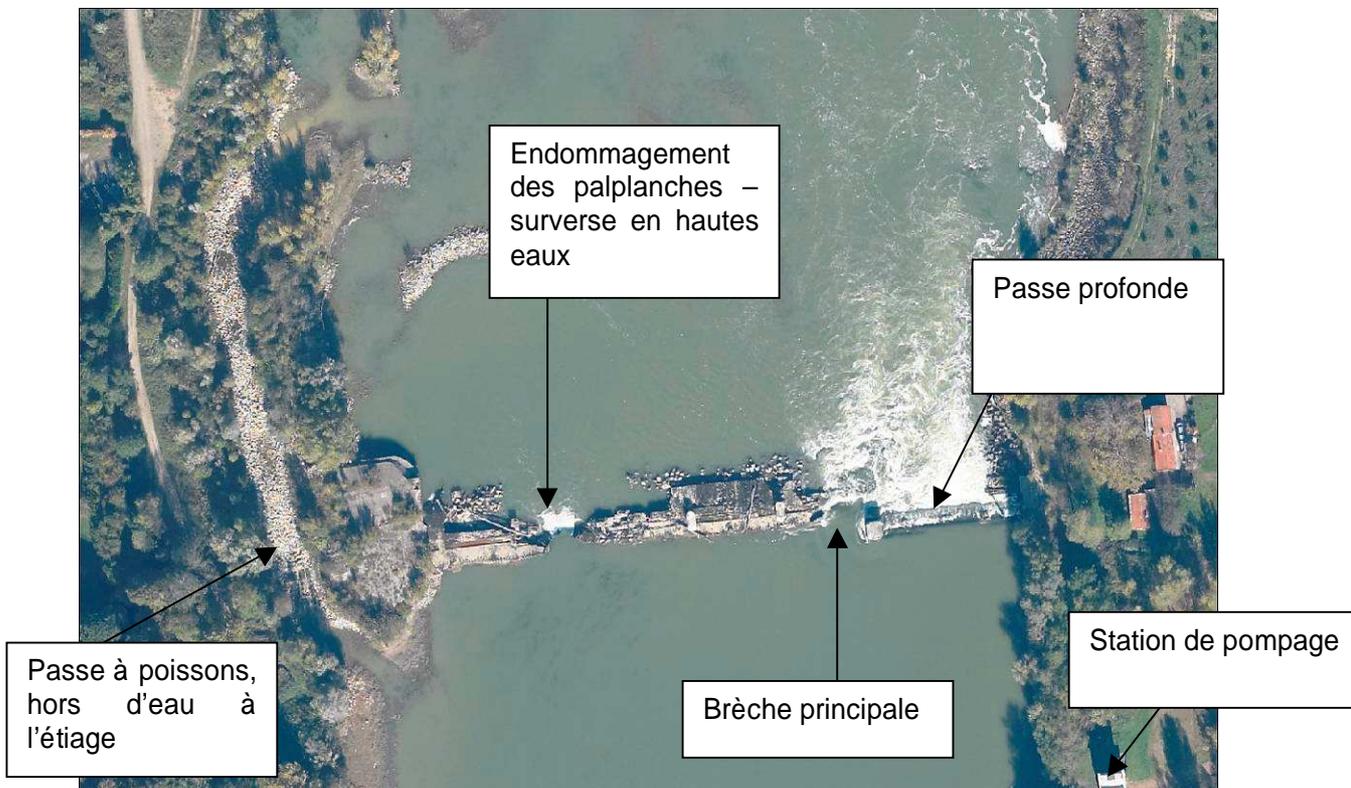


Figure 2 : Photographie aérienne d'octobre 2005 de l'ouvrage

Face à la volonté de l'Etat de voir disparaître à terme cet ouvrage, les collectivités riveraines de la Garonne (Conseil Général du Lot et Garonne, Communauté d'Agglomération d'Agen, communes riveraines) s'interrogent le devenir de cet ouvrage.

En décembre 2006, les élus des communes riveraines ont créé une association de « sauvegarde du seuil de Beauregard ». Les usages visés par les collectivités locales sont les activités touristiques liées à la présence d'un plan d'eau à l'amont du seuil, la sauvegarde des prises d'eau en rivière et en nappe, et le cas échéant, l'exploitation de la chute pour l'hydroélectricité.

Face à ces points de vue divergents, les collectivités ont confié au SMEAG la maîtrise d'ouvrage d'une étude dont l'objectif est d'effectuer un diagnostic précis et actualisé de la situation du barrage en vue de formuler un programme d'action pour assurer un devenir harmonieux de l'ouvrage et le faire partager au différentes parties prenantes.

L'étude comporte une tranche ferme et une tranche conditionnelle et se décompose en phases comme suit :

Tranche ferme

- **Phase 1 : diagnostic,**
- Phases 2 et 3 : scénarii d'évolution et analyse multicritères.

Tranche conditionnelle

- Phase 4 : Animation et concertation,
- Phase 5 : Avant Projet du scénario retenu et dossiers réglementaires,
- Phase 6 : Programmation des travaux.

Le présent rapport concerne la phase 1 de l'étude et comprend la présentation du diagnostic par thème d'étude :

- Historique de l'ouvrage,
- Contexte juridique et réglementaire,
- Contexte géologique et hydrogéologique,
- Diagnostic hydraulique et morphodynamique,
- Diagnostic géotechnique, de génie civil et de stabilité,
- Diagnostic environnemental et paysager,
- Inventaires des usages passés, présents et futurs.

2 HISTORIQUE DU SEUIL DE BEAUREGARD

Le barrage de Beauregard, situé sur la Garonne entre Boé et Le Passage a été construit entre 1846 et 1849 afin d'alimenter le canal latéral à la Garonne et de permettre la navigation sur la Garonne [2]. Il a été régulièrement entretenu et maintenu dans une configuration proche de sa configuration initiale jusqu'en 1967, date à partir de laquelle le seuil perd sa fonction principale.

En 1967, les organes mobiles sont supprimés. Après cette date, le seuil se dégrade progressivement car il n'est plus entretenu, hors une réparation d'urgence d'une brèche dans la digue séparatrice du canalet et l'aménagement d'une passe à poissons en rive gauche.

2.1 Ouvrage en configuration initiale (1846-1849)

2.1.1 Fonctions historiques du barrage

Le barrage de Beauregard est un ouvrage construit de 1846 à 1849 permettant [2] :

- L'alimentation du canal latéral à la Garonne (dont la construction est achevée en 1856) par un « canalet » implanté en rive gauche de la Garonne à l'aval du barrage (Figure 3).
- La navigation de la Garonne, qui est classée dans la nomenclature des voies navigables jusqu'à la radiation de la Garonne entre Crespis et la Baïse par le décret du 27 juillet 1957. Le franchissement du barrage était possible par la passe profonde en rive droite (Figure 4), pour descendre comme pour remonter la Garonne.

Le canalet était également navigable pour les bateaux de largeur restreinte, bien que cette fonction soit secondaire.

A partir de 1967, l'alimentation du canal latéral à la Garonne est assurée par une station de pompage en Garonne située à Brax. Le canalet est radié de la nomenclature des voies navigables en 1972.

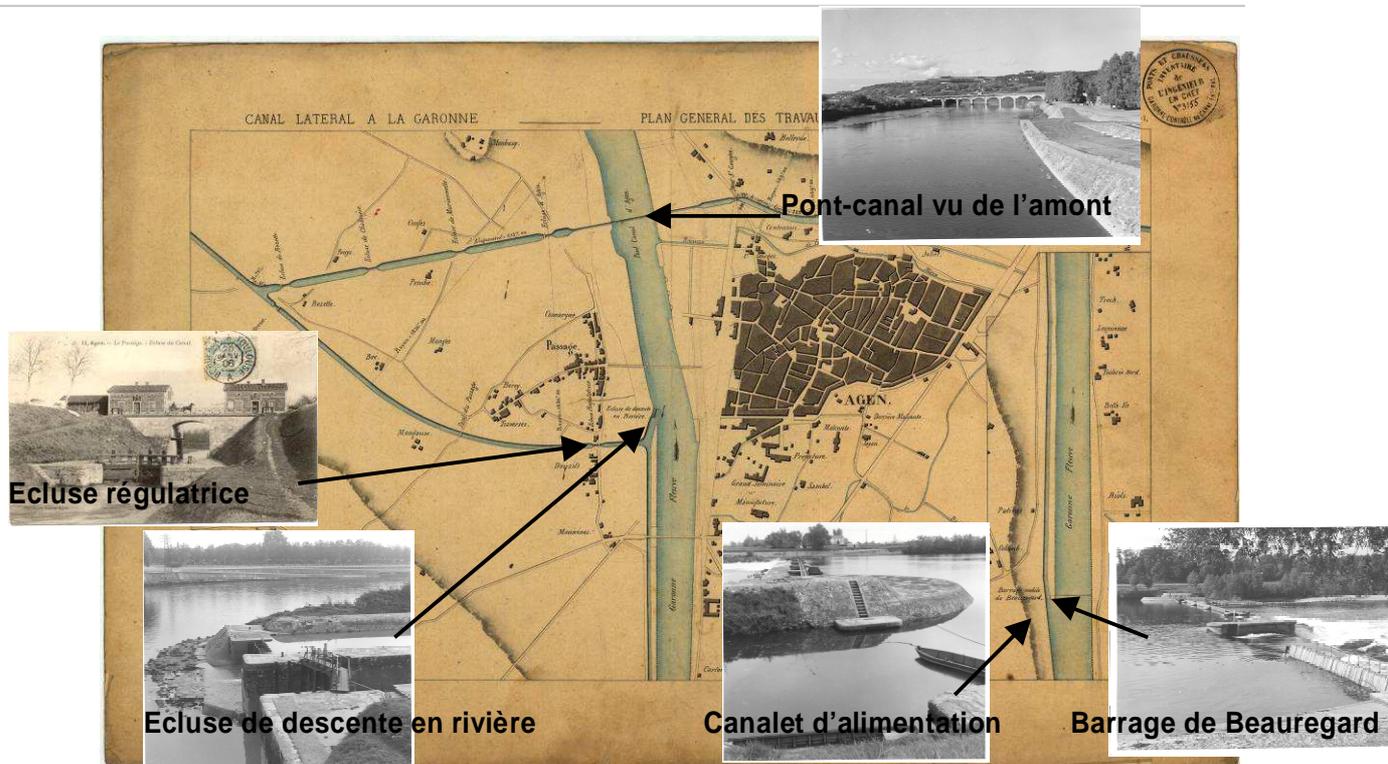


Figure 3 : Carte des ouvrages liés au canal latéral à la Garonne à Agen vers 1850 (source VNF [2])

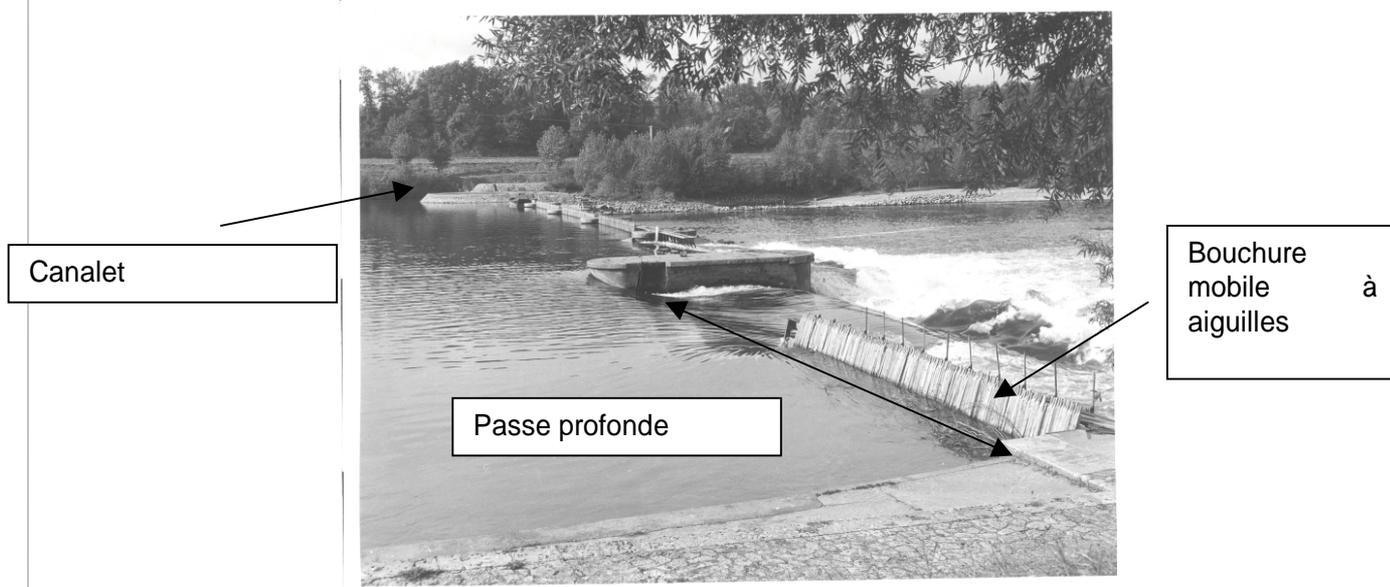


Figure 4 : Barrage de Beauregard vu depuis la rive droite, après 1872 (présence de piles)

2.1.2 Description de l'ouvrage dans sa configuration initiale

Dans une correspondance interne de la Compagnie des Chemins de Fer du Midi datant du 7 décembre 1850 [2], la conception initiale du barrage de Beauregard est décrite.

Le barrage de Beauregard présentait un développement de 160 m pour une largeur de 15 m et une chute moyenne de l'ordre de 3 m. Le seuil est implanté sur un **seuil naturel d'environ 1,5 m caractérisé par une discontinuité de l'altimétrie du toit des marnes** (Figure 5). La cote du substratum marneux à l'amont est estimée à 35,5 m NGF.

L'ouvrage était composé d'un **radier de fond de lit** constitué d'une structure composite à base de maçonneries en pierres de tailles reposant sur du béton coulé jusqu'aux marnes entre des pieux en bois servant de parafouille amont et aval (Figure 5).

Le seuil comprenait deux sections :

- une passe navigable d'environ 40 m de large situé en rive droite, dont le radier se situait à la cote **37,13 m**,
- une seconde section dite « hors passe » ou déversoir, dont le radier était à la cote de **38,23 m**.

La jonction entre ces deux parties était assurée par un talus bétonné de 1,10 m de hauteur, et recouvert d'enrochements à l'aval mais laissé nu à l'amont.

Le talus aval était à l'origine raide et probablement protégé de l'érosion régressive par des enrochements (Figure 5, Figure 7 et Figure 8 page 11). Ce parement aval a dû être régulièrement conforté et ses pentes ont été adoucies dès 1885 par la mise en place d'un glacis de protection.

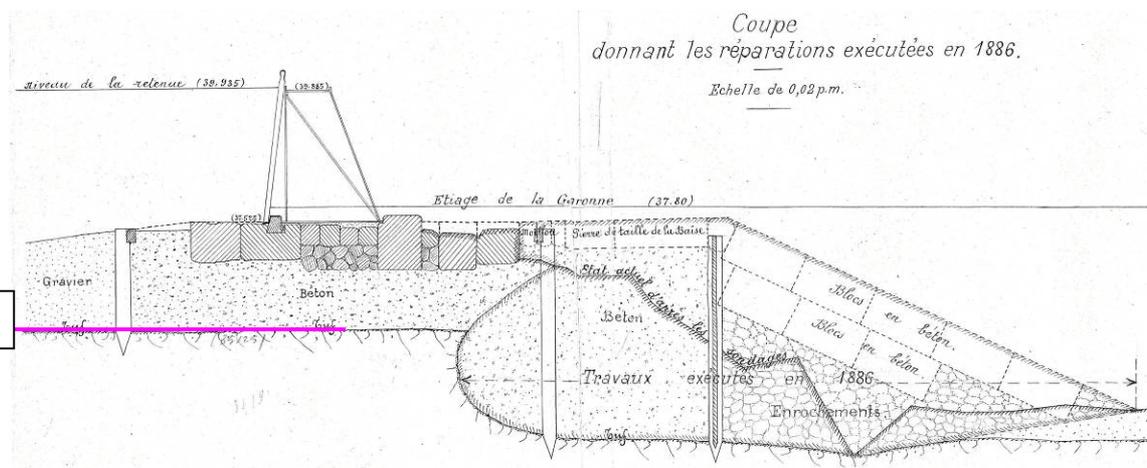


Figure 5 : Coupe présentant les travaux réalisés en 1885-1886 sur le parement aval du seuil (passe profonde) et indiquant la structure d'origine. Nota : les cotes altimétriques ne sont pas dans le référentiel NGF IGN69

Il est à noter que la configuration initiale du barrage ne comportait pas de piles.

Le barrage était un **ouvrage mobile** à aiguilles et fermettes (Figure 6) permettant de moduler l'ouverture hydraulique en fonction des conditions hydrologiques par manœuvre des aiguilles afin de réguler le niveau à l'amont du barrage à la cote de retenue normale de **39,48 m** et permettant l'alimentation du canal latéral à la Garonne. En cas de crue, les aiguilles étaient rabattues afin de rendre l'ouvrage transparent.

Structurellement, les aiguilles étaient maintenues verticale par des fermettes à l'aval supportant une passerelle d'exploitation. Les fermettes étaient des charpentes métalliques permettant de faire pivoter manuellement l'ensemble aiguille et fermette vers l'aval jusqu'à une position horizontale (effacement).

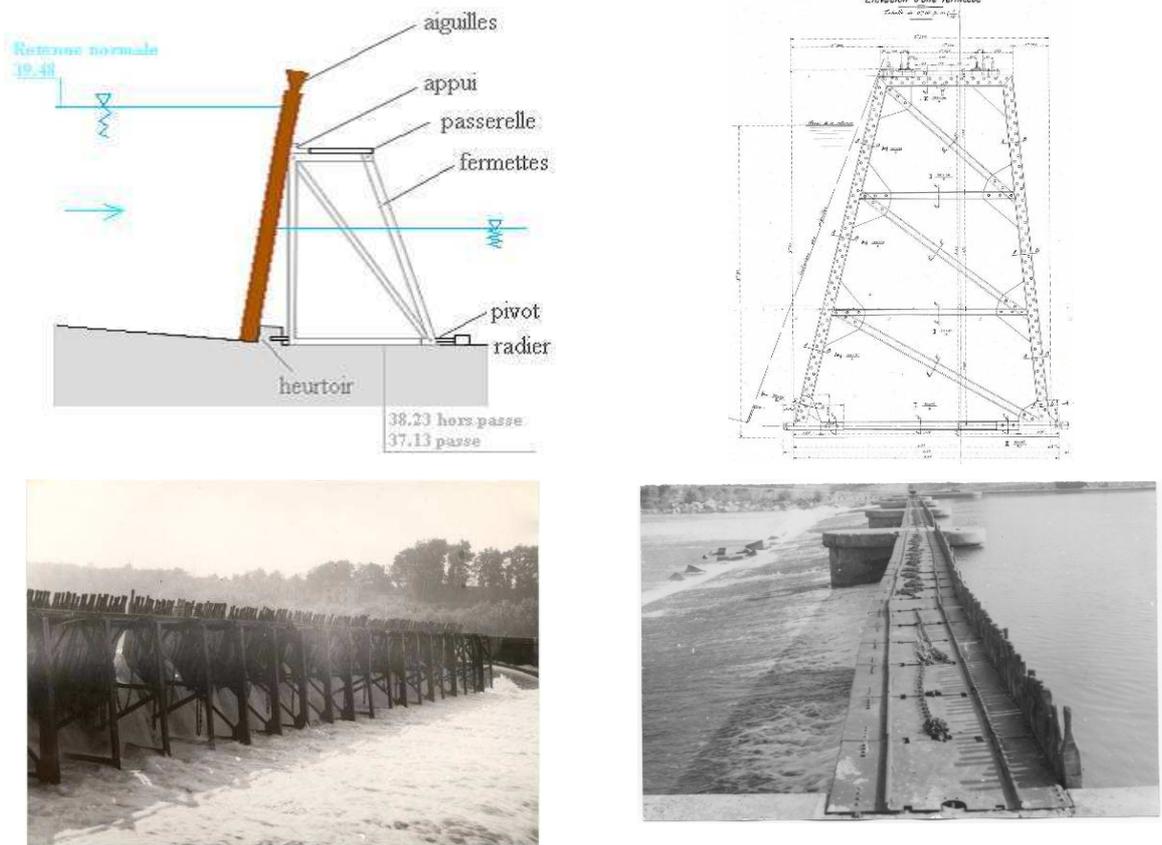


Figure 6 : Barrage de Beauregard : coupe de principe des parties mobiles, plan des fermettes et photographies datant de 1972 issues des archives de VNF [2]

2.2 Entretien, confortement et modification de l'ouvrage entre 1850 et 1967

En 1850, « peu de temps après la terminaison des travaux, le radier était déjà soumis à des avaries inquiétantes » d'après la lettre n°11 387 du 25 novembre 1885 du service d'entretien de la compagnie des chemins de fer du midi [2].

D'après le numéro « Promenade Agenaise en Terre Gasconne » de la Revue historique de la commune du Passage [3], une **échelle à poissons** aurait existé sur le barrage de Beauregard dès 1867, mais elle aurait pu être détruite par la crue de 1875.

Les principaux changements structurels du barrage s'opérèrent en **1872** ([2] et [3]) avec la **construction de 5 piles** : une pile principale entre la **passe profonde** (de 38 m de large à la cote 37,13 m) et le seuil hors passe, subdivisé en **5 passes supérieures** (ou passes déversoirs) de 22 m de large à la cote 38,23 m par 4 piles secondaires.

Aucune information précise n'a été recueillie sur les dégâts occasionnés au barrage par la **crue exceptionnelle de 1875** (cote 49,83 m [2]). Il semblerait que le barrage ait pu subir une érosion régressive sur le parement aval de la passe profonde et probablement des dégâts sur l'échelle à poissons.

En **1885-1886**, des travaux de **réfection du parement aval de la passe profonde** sont entrepris ([2] et [3]). Les travaux comprennent l'élargissement du radier en maçonnerie à 10 m de largeur et le remplacement des graves sous-jacentes par du béton coulés jusqu'au toit des marnes, des pieux en bois servant de coffrage à l'aval. A l'aval du radier, le parement

aval est constitué de blocs en bétons implantés sur des enrochements (environ 2000 m³) reposant sur la marne (Figure 5 page précédente). Les travaux ont été réalisés dans des conditions difficiles : rupture de batardeaux, formation d'une brèche sur la passe profonde et affouillements en rive droite de la Garonne en 1885 puis report des travaux en 1886.

En 1906, une inspection détaillée du barrage est effectuée en basses eaux. Il en résulta la nécessité d'effectuer d'importantes réparations avec entre autre la pose de blocs pour stabiliser l'aval du radier [3]. Les figures suivantes montrent les profils confortés au niveau de la passe profonde et des passes supérieures. Le radier de la passe profonde était de 7,70 m de largeur, sa fondation de 2 m d'épaisseur, disposée entre des pieux à l'amont et à l'aval, reposant sur les marnes. Il est protégé de l'érosion régressive par un parafeuille situé environ 3 m en aval, le talus entre le parafeuille et le radier étant protégé par enrochements (Figure 7).

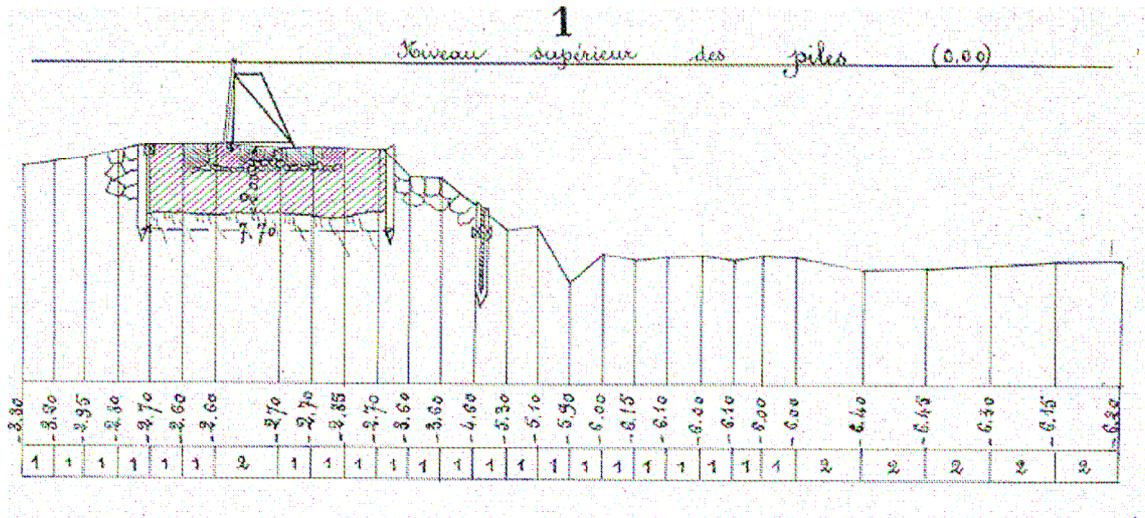


Figure 7 : Profil au niveau de la passe profonde en 1906 [2]

Les passes supérieures étaient constituées de radiers de 6,50 m de largeur, fondées à 3,50 m sur les marnes. Le parement aval était constitué d'enrochement sur 7 m, recouverts sur certains profils par une dalle béton (ou glacis), et délimités à l'aval par une seconde série de pieux. Plus en aval, des blocs de béton disposés en plan incliné rejoignaient le fond du lit.

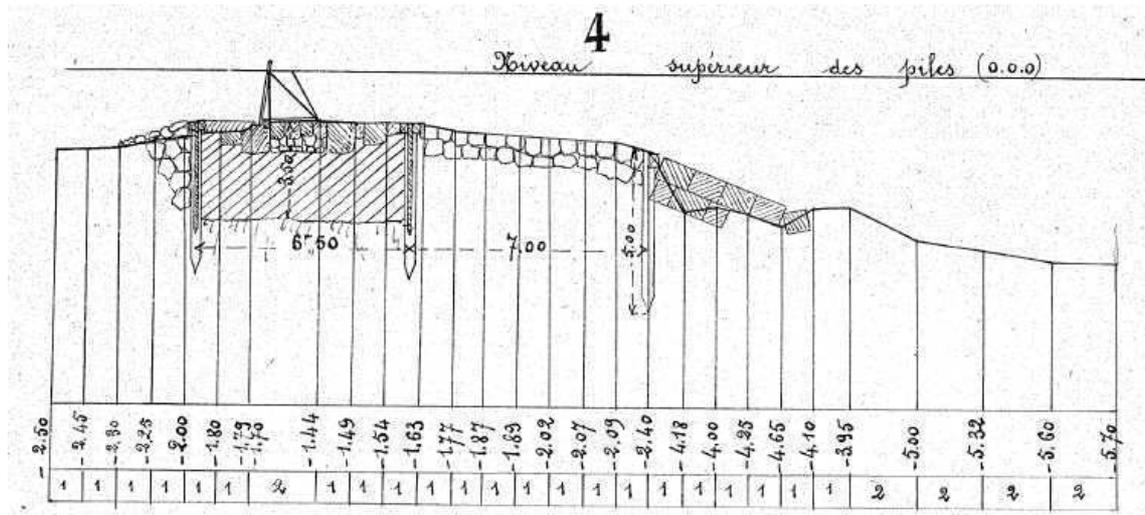


Figure 8 : Profil au niveau des passes supérieures (sans dalle béton), 1906 [2]

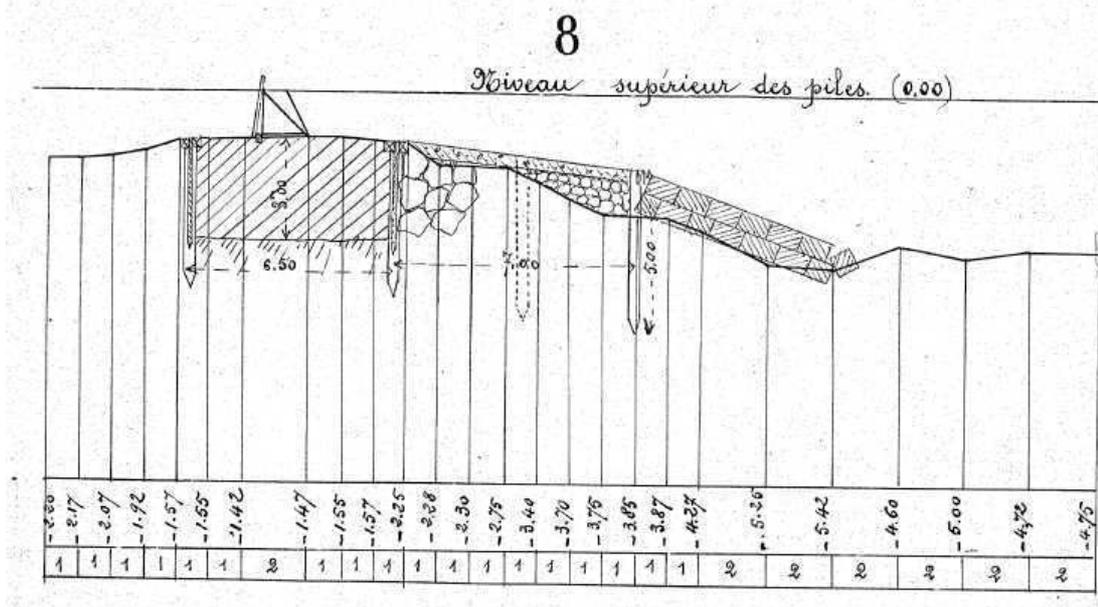


Figure 9 : Profil au niveau des passes supérieures (avec dalle béton sur le parement aval), 1906 [2]



Figure 10 : Photographie de 1906 [4]

Il s'en suivit d'importants travaux de reconstruction des parties fixes de la passe profonde entre 1912 et 1917 [3].

En 1908, un essai d'exhaussement du tablier sur 6 fermettes de la travée n°5 en extrémité rive gauche des passes supérieures (ou passes déversoir) est réalisé. Le test fut concluant et le remplacement des fermettes et du radier des passes supérieures est effectué **de 1913 à 1915**. Les piles du déversoir et de la culée rive gauche sont également rehaussée de 1914 à 1920 [3].

En parallèle, en 1919, les fermettes et le tablier de la passe profonde furent remplacés [3]

La Figure 11 est extraite d'un plan de 1920 de « réparations au musoir, au déversoir et aux organes de fixation » et présente une coupe des passes supérieures. Le radier, de largeur 5,40 m est fondé en maçonnerie directement sur les marnes. Il est prolongé à l'aval sur 6 m par un parement aval constitué par une dalle de béton (ou glaci) coulée sur des enrochements disposés entre la fondation du radier et un rideau aval composé de palplanches et/ou de pieux, lui même protégé de l'érosion régressive par des blocs en béton et des enrochements. L'amont de la fondation du radier est délimité par des pieux fondés dans les marnes et protégés par des enrochements.

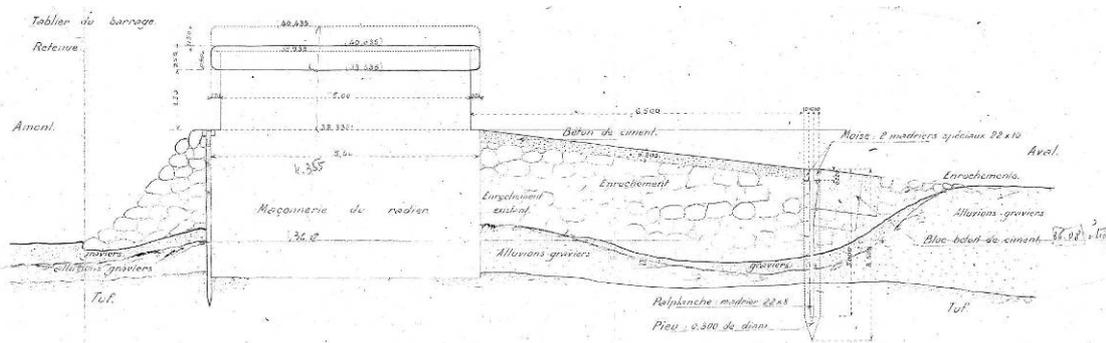


Figure 11 : Coupe sur les passes supérieures 1920 [2]

En 1930-1931 ont eu lieu la réfection et le **rehaussement du radier** de la passe déversante (**à une cote probable de 38,33 m NGF**, soit environ 10 cm plus haut que la configuration initiale) et la pose de blocs artificiels [3], probablement suite à la **crue centennale de 1930** (cote 49,23 m [2]).

En 1940, 150 blocs artificiels de 1 m³ sont positionnés dans la fosse d'affouillement en aval de la passe profonde [3].

De 1946 à 1949, lors des périodes de chômage, les longrines en bois sont remplacées par des longrines en béton armé ([2] et [3]).

Entre 1947 et 1951, sont effectuées des réfections de la passe n°2 et de l'appontement en rive droite ainsi que des recharges par des enrochements de protection aval du radier ([2] et [3]).

La **crue cinquantiennale de 1952** a causé d'importants dégâts. Les réparations ont consisté en ([2]) :

- la réfection des perrés et des berges en rive gauche du canalet
- la réfection des longrines de la passe supérieure n°5
- la réparation de l'appontement (ou quai) en rive droite
- la recharge des enrochements de protection du radier aval

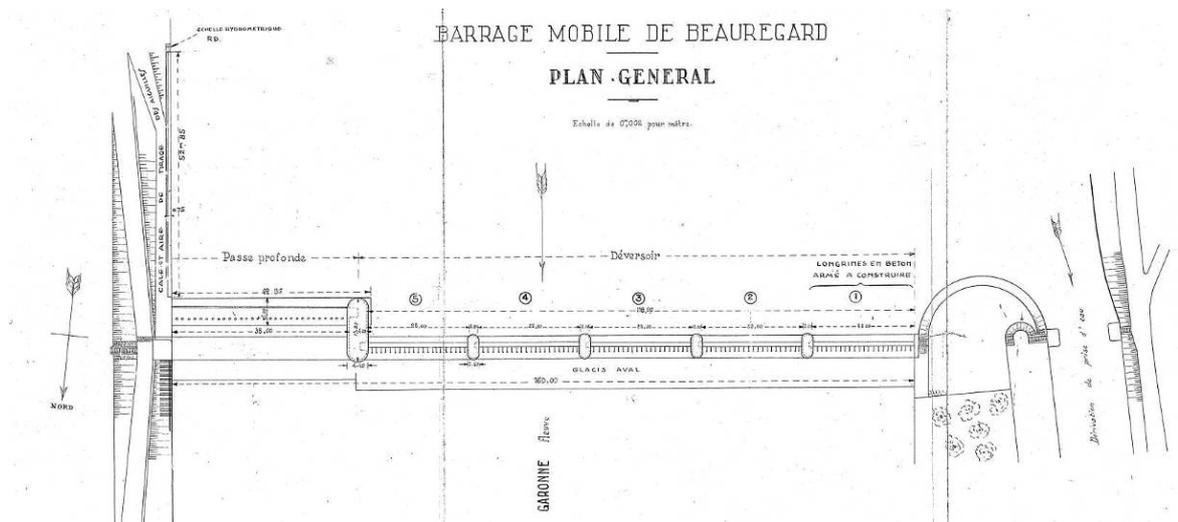


Figure 12 : Plan de 1952 [2]

En 1957, un **parafouille amont en palplanches**, fiché en moyenne de 1,5 m dans les marnes et recépé à la cote 38,33 m NGF69 (soit au niveau du béton), est implanté pour consolider le radier des différentes passes supérieures suite à la crue de 1955 ([2] et [3]). Le radier est également conforté [3].

En 1960 puis en 1964, la réfection des glacis aval des passes 4 et 5 fut prévue (Figure 13) ainsi que le rechargement de l'enrochement aval mais les travaux ne furent pas exécutés faute de crédits [3].

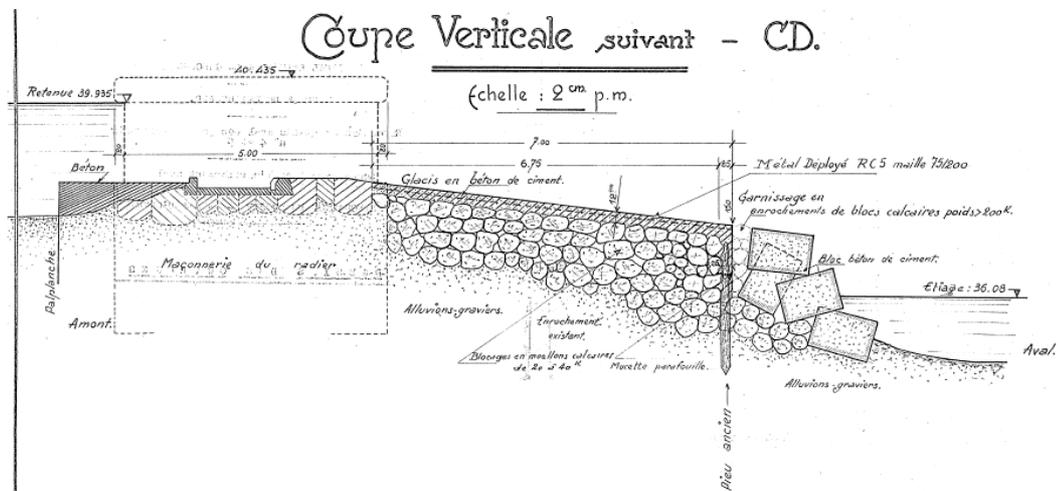


Figure 13 : Projet de réfection du parement aval des passes supérieures 4 et 5

2.3 Situation depuis 1967

En 1967, les **aiguilles** qui maintenaient la retenue du fleuve à un niveau de 39,48 m NGF sont **supprimées** car l'alimentation du canal latéral est désormais assurée par une station de pompage située à Brax.

En 1982, le barrage se composait [4] d'une passe profonde de largeur 38 m dont le radier est à la cote 37,12 m NGF² et de 5 passes de 22 m de largeur au radier se trouvant à la cote **38,335 m NGF** soit 10 cm plus haut qu'en 1888 et qui correspondrait aux travaux d'élévation réalisés en 1930 (Figure 14).

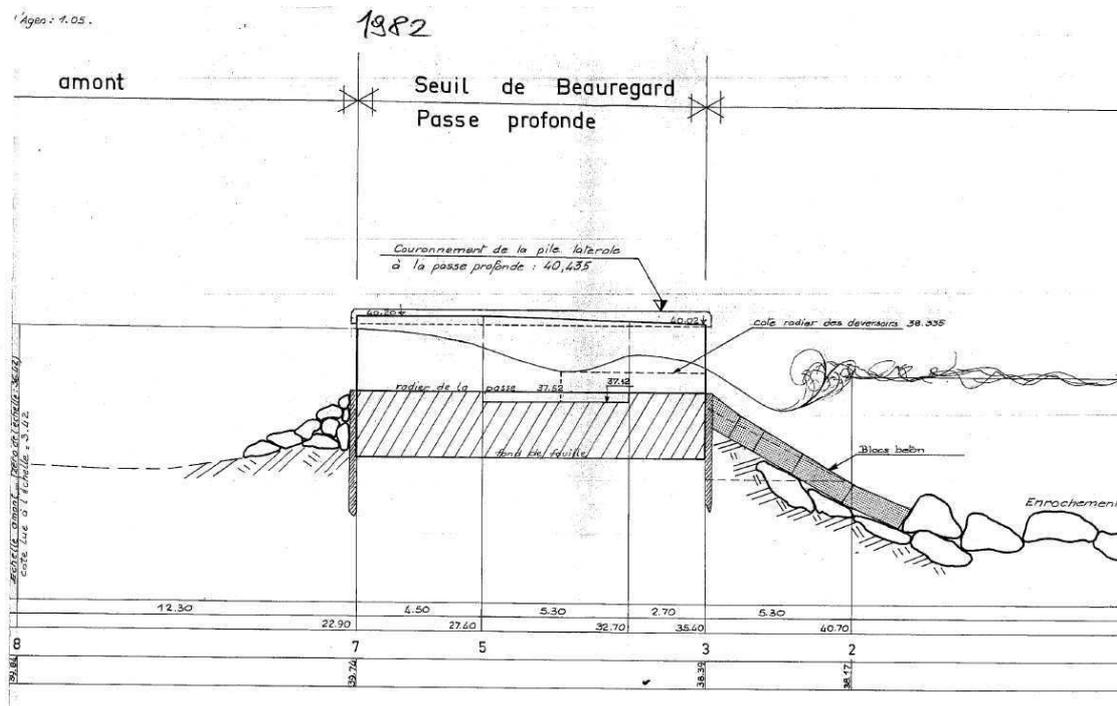


Figure 14 : Passe profonde en 1982 (source DDE [4])

En 1994, une **brèche importante** se forma dans la digue séparant la Garonne de l'ancien canalet, obturé environ 300 m en aval du barrage, provoquant un contournement du seuil, une érosion de berge en rive gauche et la formation d'atterrissement en aval du seuil sur environ la moitié de la largeur du lit [1].

Une anse d'érosion s'est développée sur la rive droite en aval de la passe profonde suite à la concentration des écoulements vers la rive droite liée aux atterrissements [1] ainsi qu'aux écoulements dans la brèche, orientés perpendiculaires à la Garonne vers la rive droite.

Une **passe à poissons** est alors implantée en 1994-1995 en rive gauche en lieu et place de l'ancien canalet par la DDE. Le seuil amont est calé à la cote 38,00 m NGF ; elle est de forme trapézoïdale avec une base de 8 m de largeur et s'étend sur un peu moins de 100 m (Figure 15). Les berges sont protégées par enrochements et des déflecteurs sont positionnés en épis après accord entre le CSP et la fédération de Canoë Kayak.

² Le plan des archives DDE indique la cote 37,52 m NGF mais cette cote n'est pas reprise par les études postérieures de BCEOM ou Sogréah. L'étude Ginger mentionne les deux cotes 37,12 m NGF et 37,52 m NGF.

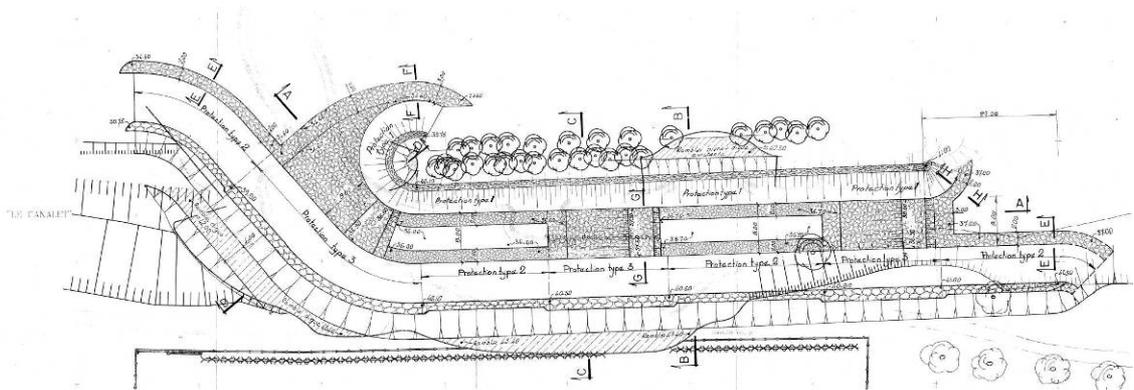


Figure 15 : Passe à poissons [4]

L'anse d'érosion sur la berge en rive droite en aval de la passe profonde est **protégée par enrochements** par la CAA en 1998.

Depuis 1994, le seuil s'est fortement dégradé par érosion régressive :

- Formation d'une brèche partielle passe n°2 (palplanches pliées) et effondrement des 2 premières piles depuis la rive gauche (qui seraient survenus en 2000 d'après l'association de sauvegarde du barrage de Beauregard). La pile principale est fendue et s'incline vers l'aval.

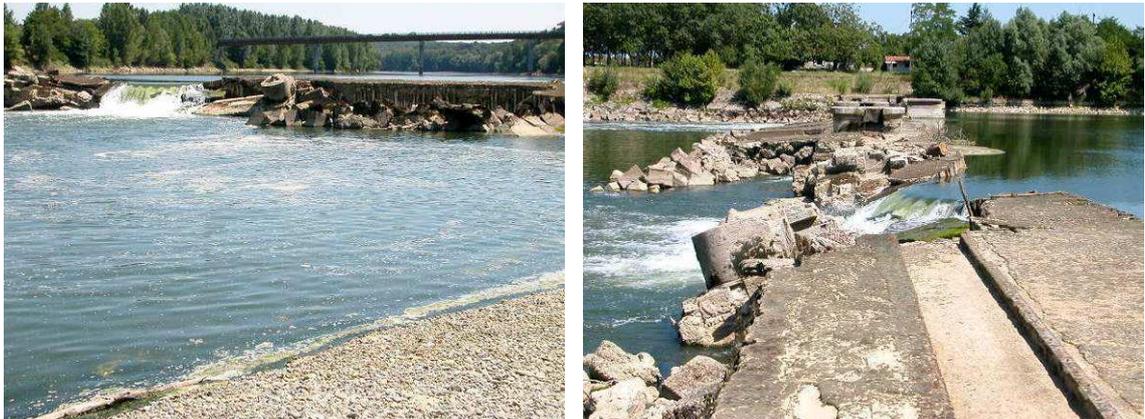


Figure 16 : Formation d'une brèche au niveau de la passe n°2 [4]



Figure 17 : Pile principale fendue et s'inclinant vers l'aval [4]

- En 2004, se développe une brèche dans la passe supérieure n°5 (dernière passe avant la passe profonde). L'effondrement de la passe et de la partie aval de la pile principale a lieu en juillet 2005 [5], voir Figure 18. La passe à poissons se trouve désormais hors d'eau à l'étiage.



Figure 18 : Brèche au niveau de la passe supérieure n°5. Noter le niveau d'étiage en juillet 2006 plus bas que la passe profonde. Photographie : SMEAG.

3 CONTEXTE JURIDIQUE ET REGLEMENTAIRE

3.1 Contexte juridique et réglementaire actuel

3.1.1 Contexte général de la Garonne et du site d'étude

Site inscrit des Chutes des coteaux de Gascogne (1971)

La zone d'étude est située en partie sur le site inscrit des chutes des coteaux de Gascogne (1^{er} septembre 1971).

Les sites inscrits ont pour objectif la **conservation des milieux et des paysages dans leurs qualités actuelles**.

Les projets de travaux de nature à modifier l'état ou l'aspect du site doivent faire l'objet d'un courrier de **demande préalable au préfet 4 mois avant le début des travaux**. Le préfet consulte l'**Architecte des Bâtiments de France** qui émet au nom du ministre chargé des sites un avis simple sur les projets de construction et un avis conforme sur les projets de démolition. La DIREN peut également être consultée par l'architecte des bâtiments de France, notamment pour les sites inscrits naturels ou si les travaux sont susceptibles de modifier sensiblement la qualité paysagère du site.

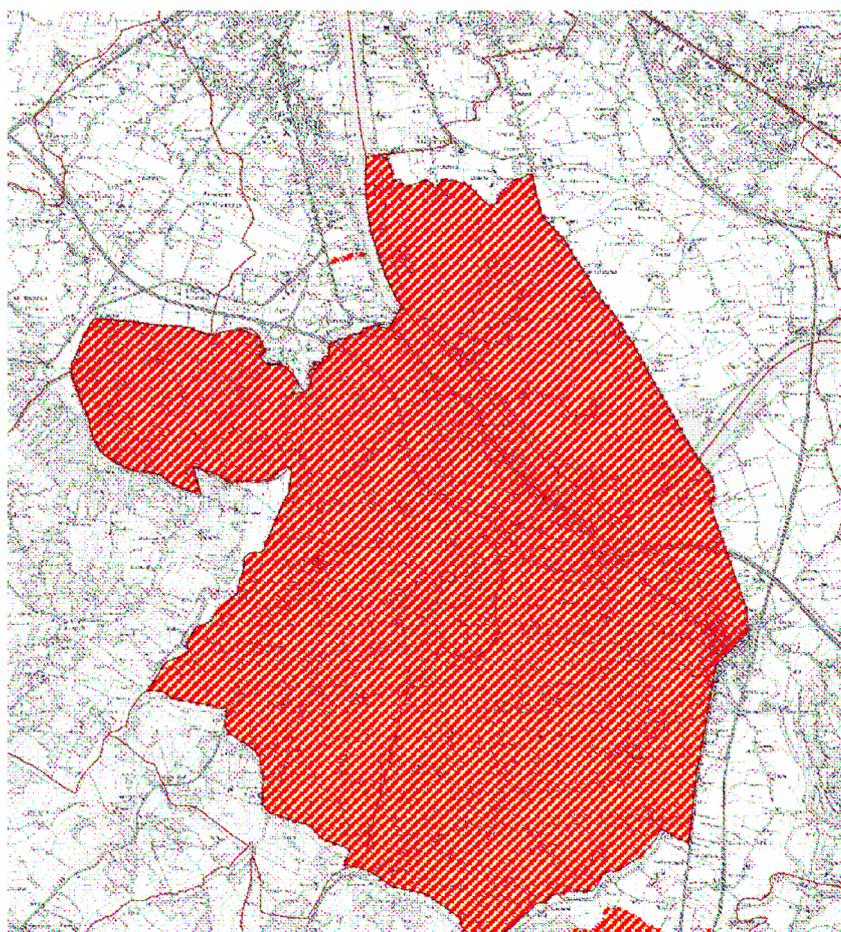


Figure 19 : Cartographie du site inscrit des chutes des coteaux de Gascogne

Réserve naturelle de la frayère d'Alose (1981)

Le décret n°81-568 du 13 mai 1981 (et le décret D86-993 du 26 août 1986 modifiant la réglementation) portant création de la réserve naturelle de la frayère d'Alose, classe en réserve naturelle le lit de la Garonne entre les PK18,270 et 20,580, soit depuis le lieu dit Lespinasse à l'amont (situé environ 1,1 km en aval du seuil de Beauregard) jusqu'au pont canal (Figure 20).

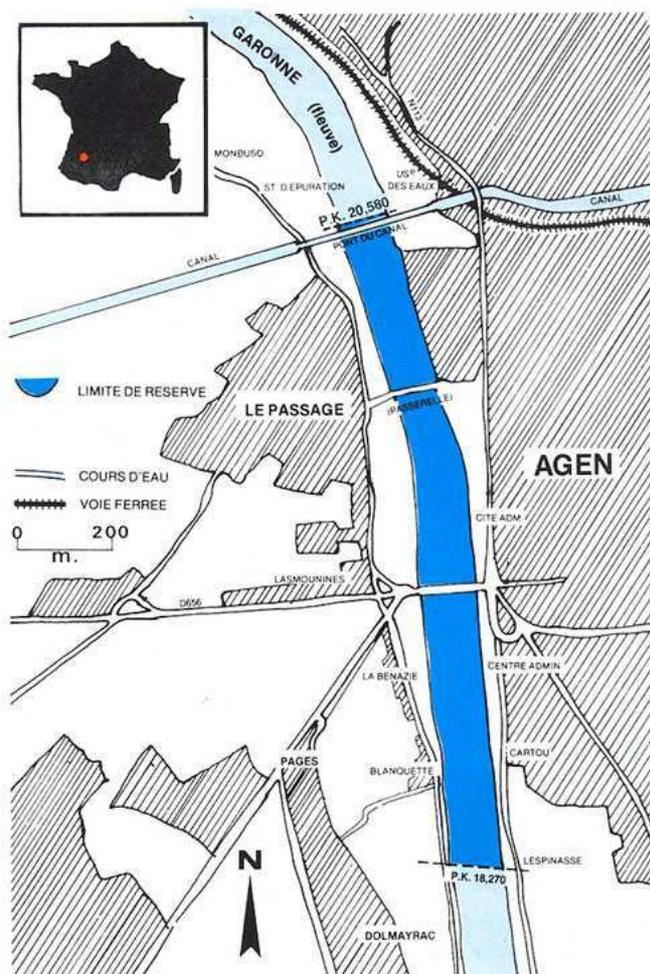


Figure 20 : Limite de la réserve naturelle de la frayère d'Alose (source : <http://www.bordeaux.cemagref.fr/public/rabx/alose.shad/frayere.html>)

Réglementation de la pêche

La pêche est interdite pendant la période de frai de l'Alose, du 1^{er} juin au 31 juillet. La pêche aux engins est interdite sur tout le site. L'interdiction annuelle de la pêche aux lignes du 1^{er} juin au 31 juillet est applicable dans la zone comprise entre l'origine amont du revêtement bétonné des berges en rive gauche (P.K. 18,690) et le P.K. 18,270 à l'amont. Tout travail public ou privé susceptible de détruire ou de modifier l'état ou l'aspect des lieux est interdit, notamment l'extraction de matériaux.

Réglementation des travaux en lit mineur

Dans la réserve naturelle de la frayère d'Alose, les travaux indispensables à la protection des berges et au maintien d'un écoulement hydraulique satisfaisant seront entrepris sous le contrôle de la Direction Départementale de l'Équipement (Service de la Police des Eaux et de la Gestion de la Rivière) conformément à la procédure définie à l'article 15 du décret n°77-1298 du 25 novembre 1977. Dans le cadre de ces travaux, quand une étude d'impact s'avérera nécessaire, elle sera soumise pour avis au **Comité Consultatif de la Réserve**.

Classement de la Garonne comme rivière réservée (1987)

En 1986, un premier classement de la Garonne comme cours d'eau réservé est envisagé et une partie de son linéaire est incluse dans la liste des cours où aucune autorisation ou concession ne sera donnée pour des entreprises hydrauliques nouvelles.

A cette époque, un projet d'installation d'une centrale hydroélectrique au niveau du seuil de Beaugard est porté par l'entreprise SITHE SA/Unelco [7]. Pour ne pas réglementairement empêcher l'installation d'une centrale alors qu'une étude est en cours, le décret du 12 mars 1986 ne classe pas le bief de la Garonne entre « le pont du chemin départemental 656, commune d'Agen, et le pont de Sauveterre, commune de Sauveterre-Saint-Denis » comme cours d'eau réservé.

Le décret du 28 juillet 1987, portant application de l'article 2 de la loi du 18 octobre 1919 modifiée relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, dresse un complément de la liste des cours d'eau ou sections de cours d'eau sur lesquels **aucune autorisation ou concession ne sera donnée pour des entreprises hydrauliques nouvelles**.

La nouvelle liste inclut la Garonne **dans les départements** de la Gironde, de **Lot et Garonne**, de Tam et Garonne et de la Haute Garonne en aval de son confluent avec l'Ariège.

D'après la DIREN Midi Pyrénées, la décision de classement a été prise notamment en raison de l'impact environnemental qu'aurait eu l'implantation d'un nouvel aménagement hydroélectrique sur le cours aval de la Garonne, alors que la construction du barrage de Golfech en 1971 avait déjà démontré les effets négatifs d'un tel ouvrage sur un axe majeur de migration des espèces amphihalines.

Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (1992 et 2006)

Le décret du 17 juillet 2006 modifie le décret du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau. Cette loi est modifiée par la nouvelle loi sur l'eau (LEMA) du 30 décembre 2006 (voir paragraphe 3.2.2).

Les travaux sur le seuil de Beaugard sont susceptibles d'être soumis à autorisation au titre de la loi sur l'eau selon les rubriques suivantes :

Ouvrages, installations, activités	Rubrique	Régime
Installation, ouvrage, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à l'écoulement des crues et à la continuité écologique	3.1.1.0	Autorisation
Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	3.1.2.0	Autorisation
Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens :	3.1.5.0	Autorisation ou déclaration suivant surface
Barrage de retenue d'une hauteur supérieure à 2 m mais inférieure ou égale à 10 m	3.2.5.0	Déclaration

Tableau 1 : Rubriques de la loi sur l'eau susceptibles de s'appliquer à l'aménagement du seuil de Beaugard

Arrêté préfectoral portant protection des biotopes (1993)

L'arrêté préfectoral du 16 juillet 1993 portant protection des biotopes vise à « assurer la conservation des biotopes nécessaires à la reproduction, à l'alimentation, au repos et à la survie des espèces de poissons protégés suivantes : esturgeon, alose, saumon atlantique et truite de mer, truite fario, lamproie marine et lamproie fluviatile » (article 2).

L'arrêté concerne la totalité du cours de la Garonne dans le département de Lot et Garonne (article 1) et **interdit tous travaux, installations, ouvrages et activités susceptibles de porter atteinte aux biotopes (...) et notamment tout aménagement ayant pour effet de perturber gravement la circulation des poissons ou de modifier le milieu d'une façon telle que leur reproduction ou leur alimentation y seraient compromises** (article 3).

Les travaux destinés à l'**entretien des ouvrages** sont soumis à autorisation préfectorale, après avis par le **conseil de gestion des biotopes** (article 4). Les travaux d'aménagement du lit de la Garonne en vue de la protection de l'agglomération agenaise contre les inondations autorisés par le décret du 21 mars 1989, et comprenant la modification du barrage de Beauregard ne sont pas soumis à autorisation préfectorale (article 5).

Le SDAGE Adour-Garonne de 1996

Les principales orientations du SDAGE Adour Garonne de 1996 sont :

- La préservation du libre écoulement des crues,
- La préservation des écoulements d'étiage,
- La préservation de la qualité des eaux superficielles et souterraines,
- La **restauration de la libre circulation des poissons migrateurs**, la Garonne étant classée comme rivière prioritaire (**Axe bleu**).

La circulaire du 12 mai 1995 relative à la procédure d'approbation et portée juridique des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) en application de l'article 3 de la loi n° 92-3 sur l'eau du 3 janvier 1992 donne au SDAGE une **portée juridique** : les nouveaux aménagements et les travaux devant être **compatible** avec les orientations du SDAGE.

Natura 2000

Le lit mineur de la Garonne a été proposé comme site d'importance communautaire en juillet 2003 (FR7200700), comme principal axe de migration et de reproduction des espèces piscicoles amphihalines.

Espèce	Site de reproduction ou de migration	Population relative
Alose feinte	reproduction	A
Bouvière		C
Esturgeon	reproduction	A
Grande Alose	reproduction	A
Lamproie de Planer		C
Lamproie de rivière	Reproduction	C
Lamproie marine	Reproduction	C
Saumon Atlantique	Etape migratoire	C
Toxostome		C

Tableau 2 : Espèces piscicoles présentes site Natura 2000 Garonne et importance relative du site pour chaque espèce : A : site remarquable (15 à 100% de la population nationale) ; B : site très important (2 à 15%), C : site important (moins de 2%).

Les projets sur les sites Natura 2000 doivent faire l'objet d'une évaluation de leurs incidences dès lors qu'ils sont susceptibles d'avoir un **impact notable sur les habitats ou les espèces d'intérêt communautaire** des sites. Le contenu de l'évaluation des incidences est détaillé dans l'article R414-19 du code de l'environnement et la circulaire du 5 octobre 2004.

Réserve de pêche du domaine public fluvial (2002 et 2004)

Le décret n°2002-965 du 2 juillet 2002, relatif aux conditions d'exercice du droit de pêche en eau douce et modifiant le code rural, interdit toute pêche à partir des barrages et des écluses ainsi que sur une distance de 50 m en aval de l'extrémité de ceux-ci, à l'exception de la pêche à la ligne. La pêche aux engins et aux filets est interdite sur une distance de 200m en aval de l'extrémité de tout barrage et de toute écluse. Toutefois, en accord avec l'article R436-73 du Code de l'Environnement, le préfet du département peut instituer des réserves de pêche où toute activité halieutique est interdite pour une durée pouvant aller jusqu'à cinq années consécutives.

L'arrêté préfectoral définissant les Clauses et Conditions Particulières d'Exploitation du Droit de Pêche de l'Etat sur les Eaux du Domaine Public du 15 décembre 2004 constitue la Garonne comme **réserve de pêche du domaine public fluvial (pêche totalement interdite) depuis 50 m en amont du barrage de Beauregard jusqu'à 200 m en aval**, sur les communes de Boé, d'Agen et de Le Passage. L'article 9 fixe ce tronçon comme réserve du barrage de Beauregard du 1^{er} janvier 2005 au 31 décembre 2009.

3.1.2 Contexte juridique, réglementaire et administratif du barrage de Beauregard

Radiation des ouvrages de la nomenclature des voies navigables

La Garonne (et ses ouvrages en lit mineur dont le seuil de Beauregard) entre Crespis (limite nord du département de la Haute Garonne) et la Baïse (Saint léger) est radié de la nomenclature des voies navigables ou flottables par le décret du 27 juillet 1957 mais reste dans le Domaine Public Fluvial.

Le canalet d'alimentation du canal latéral à la Garonne est radié de la nomenclature des voies navigables par le décret du 25 octobre 1972.

Domanialité

La Garonne et le seuil de Beauregard font partie du Domaine Public Fluvial, défini comme le lit mineur et les berges jusqu'au niveau de plein bord. Le seuil de Beauregard est donc la propriété de l'Etat. A ce titre, « **aucun travail ne peut être exécuté [...] sur le domaine public fluvial sans autorisation du propriétaire de ce domaine. Les décisions d'autorisation fixent les dispositions nécessaires pour assurer notamment la sécurité des personnes et la protection de l'environnement** » (Article L2124-8 du code général de la propriété des personnes publiques).

La domanialité implique des droits et des devoirs pour l'Etat et les riverains, qui sont rappelés dans le Tableau 3.

Les obligations de l'Etat sont limitées à :

- L'entretien du lit pour le libre écoulement des eaux (**maintien de la capacité naturelle d'écoulement du cours d'eau** et de ses dépendances).
- Au rétablissement, en cas de nécessité, de la situation naturelle pour les cours d'eau rayé de la nomenclature des voies navigables. L'article L 2124-12 du code général de la propriété des personnes publiques précise en effet que, « dès lors que les cours d'eau ou canaux domaniaux ne sont plus utiles à la navigation, la personne publique propriétaire du domaine public fluvial n'est tenue, au titre des ouvrages intéressant

antérieurement la navigation, à aucune dépense autre que celle qu'implique le rétablissement, en cas de nécessité, de la situation naturelle. **Les travaux d'entretien, de réparation et de restauration des ouvrages intéressant les propriétaires ou exploitants d'usines ou d'autres bénéficiaires ne donnent lieu à aucune contribution financière de la personne publique propriétaire.** ».

OBLIGATION de l'Etat liées à la propriété du lit et des berges	<p>Entretien du lit</p> <ul style="list-style-type: none"> Obligation d'entretien limitée à ce qui est nécessaire pour maintenir la capacité naturelle d'écoulement du cours d'eau et de ses dépendances <p>Entretien des ouvrages de navigation</p> <ul style="list-style-type: none"> Garonne navigable : opérations nécessaires à la maintenance et au bon fonctionnement des ouvrages Garonne rayée de la nomenclature des voies navigables : aucune dépense autre que celle qu'implique le rétablissement, en cas de nécessité, de la situation naturelle (article L 2124-12 du code général de la propriété des personnes publiques) <p>NB : Il s'agit de travaux publics. L'Etat supporte la responsabilité des dommages qui peuvent être causés à des tiers par défaut d'entretien.</p>
OBLIGATIONS des riverains	<ul style="list-style-type: none"> Respect des servitudes prévues aux articles L 2124-8, L 2131-2, L 2132-6, L 2132-7, L 2132-10 Respect des obligations et interdictions édictées à l'articles L 2132-8
DROITS de l'Etat liés à la propriété du lit et des berges	<ul style="list-style-type: none"> Droits à l'usage de l'eau, qui sont réservés à l'Etat Utilisation et exploitation des produits du domaine et notamment : <ul style="list-style-type: none"> - Droit de chasse (gibier d'eau notamment) exploité au profit de l'Etat - Droit de pêche exercé au profit de l'Etat - Exploitation des autres produits naturels sur les dépendances du domaine public fluvial (plantations, récoltes...)
DROITS des riverains	<ul style="list-style-type: none"> Ils ne disposent pas de droits supérieurs à ceux de tout autre particulier : ils peuvent notamment naviguer, puiser de l'eau pour leurs besoins domestiques, faire abreuver leur bétail à condition de respecter les règlements édictés par l'administration. Les usages privatifs, notamment ceux nécessitant l'établissement d'ouvrages (prises d'eau par exemple) sont soumis à autorisations de l'administration, toujours révocables ou révisables (articles L 2124-8 et L 2125-7 du code général de la propriété des personnes publiques) et assujettis à redevances

Tableau 3 : Droits et obligations de l'Etat et des riverains liés à la domanialité. Source : Schéma Directeur d'Entretien de la Garonne [8] d'après « Entretien et restauration des cours d'eau », Agence de l'Eau RMC 1996, mis à jour pour correspondre au code général de la propriété des personnes publiques

Possibilités de transfert du domaine public fluvial

Le décret n°2005-992 du 16 août 2005, relatif à la constitution et à la gestion domaine public fluvial de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements, précise que le **préfet coordinateur de bassin** est habilité à signer les décisions relevant de la compétence de l'Etat en matière de classement, déclassement, transfert ou gestion du domaine public fluvial (DPF). Le décret précité précise également, dans le tableau annexé, les sections de rivières non transférables. Ainsi, la Garonne n'est pas transférable de l'aval de sa confluence avec le Tarn et la limite transversale de la mer.

Le seuil de Beauregard, inclus dans le domaine public fluvial comme ouvrage situé dans le lit mineur de la Garonne à l'aval du Tarn, n'est donc pas transférable aux collectivités territoriales.

Les possibilités juridiques de réalisation de travaux, de l'entretien et de l'exploitation par la collectivité sur un ouvrage appartenant à l'Etat seront étudiées dans les phases ultérieures.

3.2 Perspectives d'évolution

3.2.1 Directive cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (DCE) et transposition dans le droit français (2004)

La DCE et la loi de transposition du 21 avril 2004 consacrent la place des milieux naturels dans la politique européenne de l'eau. Elle concerne les cours d'eau, les lacs, les eaux côtières, les estuaires, les eaux souterraines et elle impose pour tous ces milieux quatre objectifs environnementaux ambitieux :

- Objectif de non dégradation des milieux visant à une utilisation durable des ressources en eau,
- atteindre le bon état des eaux en 2015 (bon état chimique et écologique pour les eaux de surface, bon état chimique et quantitatif pour les eaux souterraines) ou le bon potentiel,
- réduire les rejets de substances dangereuses et supprimer les rejets des substances les plus toxiques ;
- respecter les normes et les objectifs dans les zones protégées au titre des directives existantes.

Il existe une possibilité de dérogation en terme de délai ou d'objectif, à l'exception des objectifs de non dégradation et dans les zones protégées. Ces dérogations permettent de tenir compte des réalités techniques et socio-économiques.

Les reports d'objectifs ou de délais devront être dûment justifiés :

- pour des raisons économiques si les mesures nécessaires à l'atteinte des objectifs ont un coût disproportionné,
- pour tenir compte d'usages existants dont on aura fait la preuve qu'ils ne peuvent être remis en cause (analyse technico-économique à produire). Sont concernées ici les masses d'eau fortement modifiées.
- pour tenir compte des conditions naturelles si elles ne permettent pas d'obtenir les objectifs dans les délais prévus.
- pour des raisons techniques si les technologies actuelles ne permettent pas d'engager les mesures nécessaires.

3.2.2 Mise en œuvre de la nouvelle loi sur l'eau et les milieux aquatiques (2006)

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 fixe les principes de la préservation des ressources en eau et des milieux aquatiques (titre I) et les dispositions relatives à la préservation du domaine public fluvial (titre III).

Elle fixe le principe de l'établissement par bassin de deux listes (article L214-17) :

- « 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 (SDAGE) 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** »,
- « 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. »

Ces obligations s'appliquent à la date de la publication des listes et au plus tard le 1^{er} janvier 2014. Jusqu'à la publication de ces listes, l'ensemble des réglementations antérieures s'appliquent, en particulier le décret du 28 juillet 1987 classant la Garonne Agenaise comme rivière réservée.

La Garonne Agenaise ne devrait pas être classée comme cours d'eau en très bon état écologique ou comme réservoir biologique d'après l'inventaire des cours d'eau remarquables du bassin Adour Garonne, réalisé par GEODIAG/Ecocéa en octobre 2007 (Figure 21). En effet, son passé d'ancien fleuve navigable a altéré les caractéristiques physico-chimiques du fleuve.

En revanche, d'après la DIREN Midi Pyrénées, la Garonne sera classée dans la première liste comme axe prioritaire pour les migrateurs amphihalins.

En supposant un classement de la Garonne au niveau du seuil de Beauregard dans la première liste, les expressions « nouveaux ouvrages » et « obstacle à la continuité écologique » restent soumises à interprétation (comité technique du 4 avril 2008) :

- Etant donné l'état de dégradation avancée du seuil, son éventuelle reconstruction conduit-elle à un nouvel ouvrage, situé certes à l'emplacement de l'originel mais dont seules les fondations subsistent et qui a donc été complètement refaçonné, ou est-il considéré comme un seuil ancien réhabilité ?
- La notion d'obstacle à la continuité écologique est liée au non respect et à la rupture de l'équilibre biologique des cours d'eau, concernant notamment la circulation piscicole et le transport sédimentaire. Ce paramètre reste donc à évaluer et soumis à appréciation et interprétation.

Recensement des cours d'eau remarquables du bassin Adour Garonne

Commission Territoriale
GARONNE

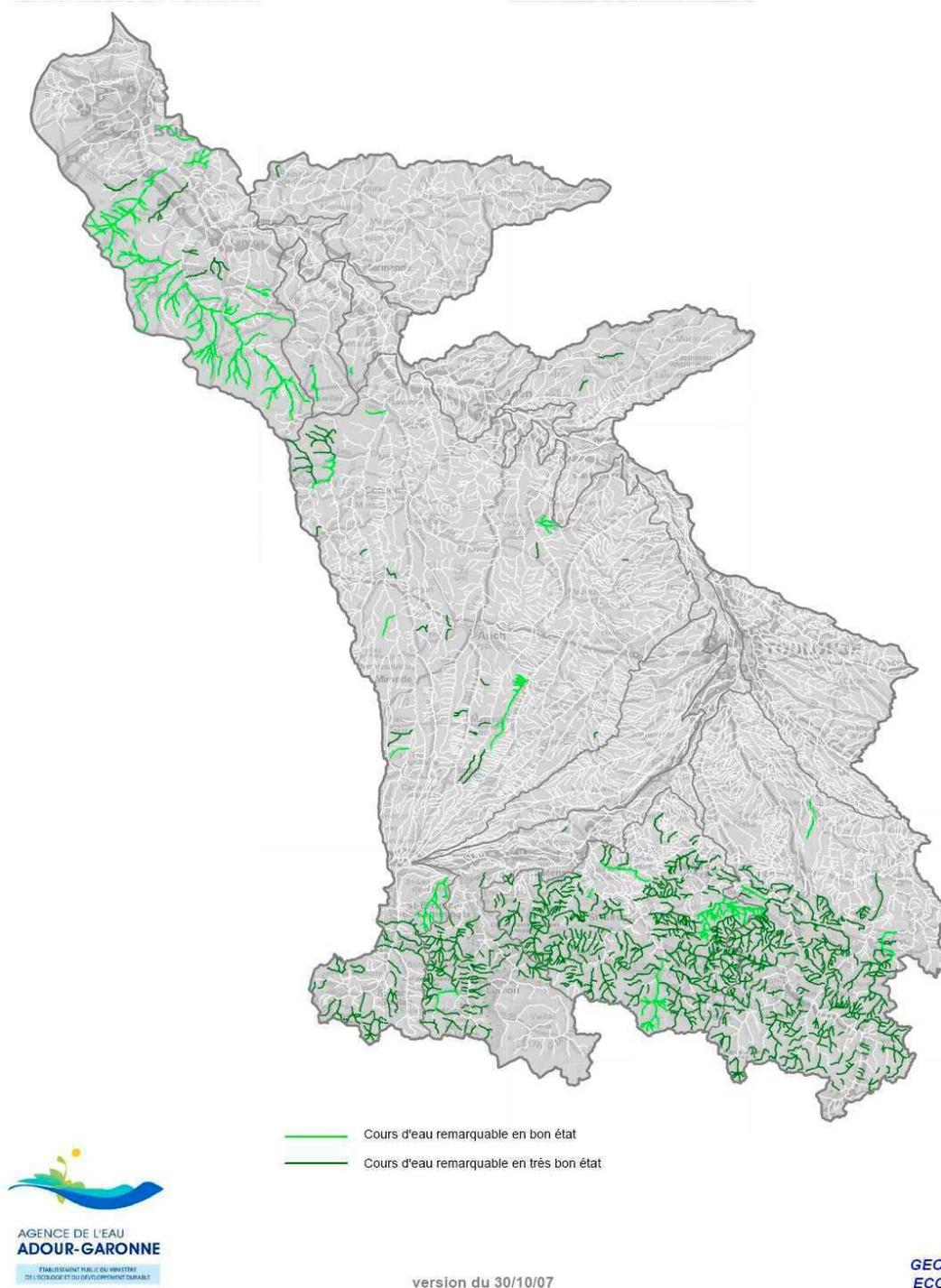


Figure 21 : Recensement des cours d'eau remarquables du bassin Adour Garonne, source : Inventaire des cours d'eau remarquables du bassin Adour Garonne (GEODIAG/Ecocéa, octobre 2007)

3.2.3 La directive européenne relative à la promotion de l'électricité à partir d'énergie renouvelable (2001) et sa transposition en droit français (2005)

La directive 2001/77/CE du parlement européen et du conseil du 27 septembre 2001 fixe comme objectif de passer de 15% à 21% de la consommation d'électricité d'origine renouvelable en 2010.

Elle a été transposée en droit français par la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique. Cinq principes se dégagent :

- maîtriser la demande d'énergie. La loi fixe un objectif de baisse de moyenne de l'intensité énergétique³ finale d'au moins 2% par an à partir de 2015 et 2,5% sur 2015-2030,
- diversifier les sources d'approvisionnement énergétique en augmentant l'usage des énergies renouvelables et en maintenant l'option du nucléaire ouverte. Les énergies renouvelables doivent couvrir 10% des besoins primaires et 21% de la consommation électrique d'ici 2010. L'incorporation des biocarburants et autres carburants d'origine renouvelable doivent s'élever à hauteur de 5,75% d'ici fin 2008 et 7% en 2010,
- combiner la maîtrise de la demande et l'augmentation de l'offre en énergie renouvelable pour diviser par quatre les émissions de CO₂ d'ici 2050,
- développer la recherche,
- assurer des moyens de transport et de stockage de l'énergie adaptés aux besoins pour améliorer la sécurité des approvisionnement de la France.

Le potentiel hydroélectrique doit être évalué, par zone géographique, par le biais des SDAGE (article 43). Cette étude a été menée au niveau du bassin Adour Garonne. D'après le rapport sur « l'évaluation et la prise en compte du potentiel hydroélectrique » réalisé par l'Agence de l'Eau en 2007 [13], les objectifs de l'hydroélectricité sont le maintien du niveau de production et son développement (article 44) partout où il est compatible avec les objectifs de préservation du bon état des milieux aquatiques, notamment pour compenser les pertes liées à certaines dispositions de la loi LEMA.

Ainsi, pour le développement de l'hydroélectricité, première source d'électricité renouvelable en France, outre des mesures de simplification administrative, la loi favorise l'implantation d'équipements hydroélectriques destinés à turbiner le débit minimal d'eau que tout exploitant doit laisser à l'aval de ses ouvrages de retenue (article 46) en faisant bénéficier l'électricité ainsi produite de l'obligation d'achat (article 35). Elle s'attache également à optimiser l'utilisation du potentiel hydraulique en améliorant la productivité des ouvrages actuels (article 44) et en favorisant la création de nouvelles installations. La loi permet de consacrer l'usage de l'eau pour le développement de la production d'énergie renouvelable (article 41), et **d'inclure dans la politique de la gestion de l'eau la prise en compte des enjeux liés à la sécurité d'approvisionnement électrique.**

³ L'intensité énergétique est le produit de la consommation énergétique par le produit intérieur brut.

3.2.4 SDAGE 2010-2015 et PLAGEPOMI 2008-2012

SDAGE 2010-2015

La loi du 21 avril 2004 transposant la directive cadre sur l'eau demande notamment que chaque bassin se dote d'un ou plusieurs SDAGE fixant les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et des objectifs de qualité et de quantité des eaux. Le SDAGE approuvé en 1996 doit être révisé et mis à jour au plus tard le 22 décembre 2009.

La DCE et la loi de transposition du 21 avril 2004 insistent sur l'état écologique et chimique et sur les zones protégées mais n'apportent pas d'orientations précises sur la maîtrise de la gestion quantitative, la protection des zones humides, la lutte contre les inondations, etc. Ces enjeux sont importants en Adour Garonne, le SDAGE et le programme de mesures, outre les objectifs DCE, proposent des objectifs et des mesures relatives à ces besoins.

Les six grandes orientations du SDAGE révisé intègrent les objectifs de la DCE et du SDAGE précédent qu'il est nécessaire de poursuivre ou de renforcer :

- Créer les conditions favorables à une bonne gouvernance
- Réduire l'impact des activités pour améliorer l'état des milieux aquatiques
- Restaurer les fonctionnalités naturelles des milieux superficiels et souterrains pour atteindre le bon état
- Obtenir une eau de qualité pour assurer les activités et usages qui y sont liés
- Gérer la rareté de l'eau et prévenir les inondations
- Promouvoir une approche territoriale

L'objectif du SDAGE en terme d'hydroélectricité est le maintien du niveau de production et son développement partout où il est compatible avec les objectifs de maintien en bon état des milieux aquatiques.

La **portée juridique** du SDAGE est définie dans la loi du 21 avril 2004 (transposant la directive cadre sur l'eau), qui maintient le principe de compatibilité des décisions administratives dans le domaine de l'eau avec les SDAGE et les SAGE, établi dans la loi sur l'eau du 3 janvier 1992.

PLAGEPOMI 2008-2012

Le Comité de gestion des poissons migrateurs (COGEPOMI) Garonne, Dordogne, Charente, Seudre et Leyre institué par le décret du 16 février 1994 comme dans sept autres bassins est chargé d'harmoniser la gestion des poissons migrateurs en deçà de la limite transversale de la mer et en particulier les conditions d'exercice de la pêche par l'ensemble des catégories de pêcheurs (pêcheurs aux engins et aux filets - professionnels et amateurs- et pêcheurs à la ligne). Il établit le plan de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI), validé par arrêté préfectoral, qui constitue également le document d'orientation de la politique migrateurs du futur SDAGE 2010-2015, par application de la mesure C45 (« Elaborer et mettre en œuvre les programmes de restauration et mesures de prévention » pour les poissons grands migrateurs amphihalins, leurs habitats fonctionnels et la continuité écologique) selon les termes suivants :

« Les grandes orientations de gestion des poissons migrateurs sont définies par les plans élaborés par les COGEPOMI en application de l'article R436-45 du Code de l'Environnement et approuvés par l'autorité administrative ».

Le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) 2008-2012 comporte des actions sur les thèmes suivant :

- Amélioration des connaissances,
- Animation, mise en œuvre du PLAGEPOMI, communication et sensibilisation,
- Gestion des habitats,
- Gestion de la pêche,
- Libre circulation,
- Suivi biologique,
- Suivi halieutique,
- soutien de stock.

Parmi les mesures sur la libre circulation des migrateurs, la mesure LC08, prioritaire, vise à améliorer la libre circulation sur la basse Garonne, avec les actions suivantes :

- améliorer la montaison à Macau,
- **assurer le démantèlement du barrage de Beauregard,**
- améliorer la montaison à l'usine de Golfech, au niveau du barrage de Malause et des différents seuils du TCC.

3.3 Synthèse réglementaire

Le seuil de Beauregard est inclus dans Domaine Public Fluvial, sans possibilité de transfert de propriété aux collectivités.

Les possibilités d'aménagement du seuil de Beauregard sont soumises à de multiples contraintes réglementaires et principalement :

- le cours d'eau est actuellement réservé (décret du 28 juillet 1987) : aucune entreprise hydraulique nouvelle ne peut donc y être autorisée,
- l'arrêté de protection de biotope (juillet 1993) interdit « tous travaux, installations, ouvrages et activités susceptibles de porter atteinte aux biotopes (...) et notamment tout aménagement ayant pour effet de perturber gravement la circulation des poissons ou de modifier le milieu d'une façon telle que leur reproduction ou leur alimentation y seraient compromises »,
- le futur classement de la Garonne dans la première liste des cours d'eau protégés au titre de la loi LEMA de décembre 2006 (protection totale des migrateurs), 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 ».

Les possibilités d'aménagement du seuil sont donc limitées à des aménagements garantissant la continuité écologique si l'aménagement est jugé être un nouvel ouvrage (loi LEMA) ou ne perturbant pas gravement la circulation, la reproduction et l'alimentation des poissons si l'aménagement est jugé être une réfection d'ouvrage existant (arrêté de protection de biotope).

Par ailleurs, la compatibilité de la reconstruction éventuelle du seuil de Beauregard avec les objectifs du SDAGE relatifs aux poissons migrateurs amphihalins ne semble pas acquise compte tenu des mesures proposées par le PLAGEPOMI, et notamment la mesure prioritaire LC08 visant à améliorer la libre circulation sur la basse Garonne.

L'appartenance du seuil de Beauregard au site Natura 2000 du lit de la Garonne (FR200700 de juillet 2003), au site des chutes des coteaux de Gascogne (1971), et la proximité de la réserve naturelle de la frayère d'Alose renforcent la sensibilité réglementaire de l'aménagement du seuil.

4 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

4.1 Contexte géologique

4.1.1 Contexte géologique et géotechnique

D'après la carte géologique (BRGM) au 1/50 000 d'Agen (Figure 22), les formations rencontrées en rive droite et en rive gauche du barrage de Beauregard sont respectivement les alluvions récentes (Fz) et anciennes (Fy) de la Garonne.

La formation des alluvions récentes de la Garonne couvre la plaine de Boé, la plaine de Layrac à Sauveterre Saint Denis et la plaine de Le Passage.

En rive gauche et à l'amont du barrage de Beauregard depuis le lieu dit Bernou jusqu'à Layrac (site de la « chute des coteaux de Gascogne »), les coteaux sont constitués par les alluvions anciennes des terrasses moyennes (couche Fx) et supérieures (couche Fw), des éboulis de pente issus des alluvions (Fs), entaillés par les vallées du Jorle et du Brimont, constitués par les Molasses de l'Agenais (couche g2)).

A l'aval du barrage de Beauregard et en rive gauche, les coteaux délimitent dans le secteur de Dolmayrac la limite entre les formations des alluvions récentes (Fz) et anciennes (Fy).



Figure 22 : Extrait de la carte géologique d'Agen au 1/50000 du BRGM

La disposition générale des couches dans la plaine alluviale de la Garonne est la suivante [9] :

- un substratum molassique marron clair (formations « molasse de l'Agenais ») constitué d'argiles et de marnes compactes,
- une couche d'alluvions graveleuses, à tendance argileuse ou sableuse, et

- une couche superficielle de sols fins limoneux.

Une cartographie du toit des marnes sur la plaine alluviale de la Garonne a été réalisée par Ginger [6], elle est présentée en annexe 2 (figure T1-30).

La Figure 23 présente la localisation des sondages géotechniques réalisés dans le cadre des études de protection contre les inondations [9] et disponible sur le site du BRGM.

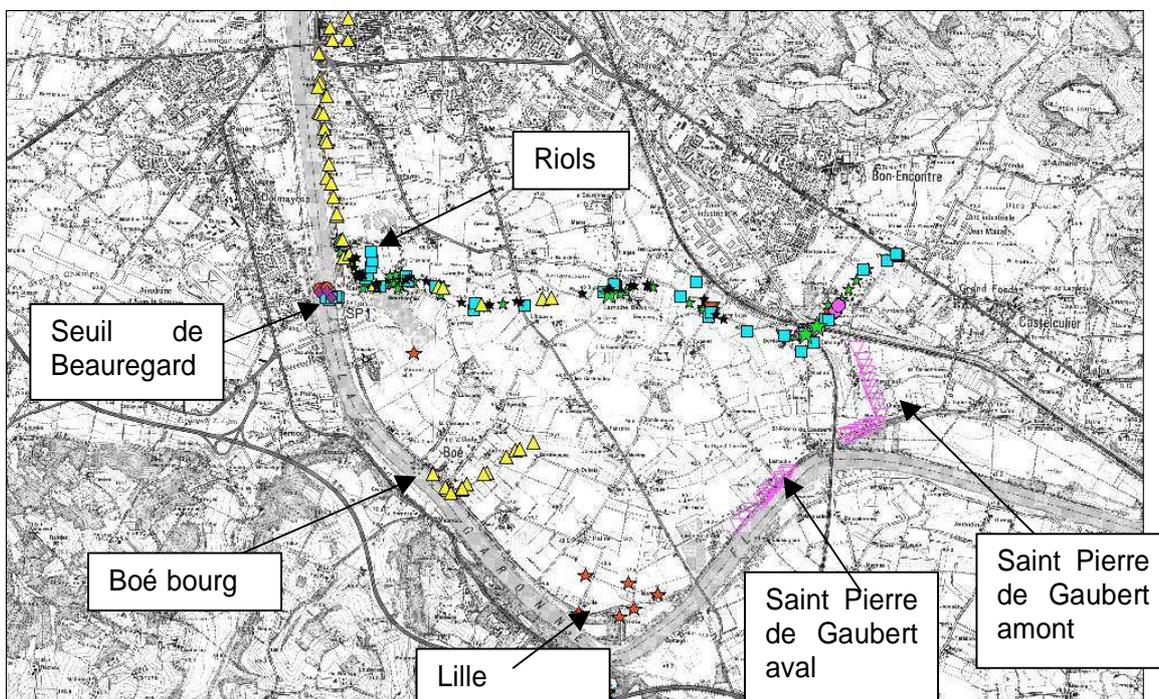


Figure 23 : Localisation des sondages géotechniques. Source : BRGM et AVP de Protection contre les inondations [9]

Ces sondages confirment la cartographie Ginger sur la position du toit des marnes :

Localisation	Toit des marnes (plaine)	Toit des marnes (lit cours d'eau)
Riols et exutoire du Mondot (350 m à l'aval du barrage)	38 à 39 m	
Prise d'eau de Lacapelette (80 m à l'amont du seuil)		34 à 35,1 m
Boé bourg	40 à 41 m	35 m
Lieu dit Lille (face à la confluence du Gers)	40,5 à 42 m	36 à 37 m
Aval de Saint Pierre de Gaubert	40 à 42 m	
Amont de Saint Pierre de Gaubert	41 à 42 m	38,6 m (lit Séoune)

Tableau 4 : Situation du toit des marnes par secteur

4.1.2 Instabilités géologiques coteaux de Layrac et de Le Passage

D’après l’étude BCEOM de 1996, la vallée de la Garonne agenaise se caractérise par des formations géologiques alternant entre des horizontaux très érodables et des strates de calcaire dures. Cette structure engendre la présence de nappes libres de coteaux. Les résurgences expliquent les nombreux glissements superficiels repérés sur les versants molassiques de la rive gauche, notamment sur les communes de Layrac, en aval du pont SNCF, et de Moirax, entre les lieux dits de Maurélou et la Gravade (zone de glissement n°1), et sur la commune de Le Passage d’Agen an niveau du château de Beaugard et du lotissement de Bellevue (zone de glissement n°2).

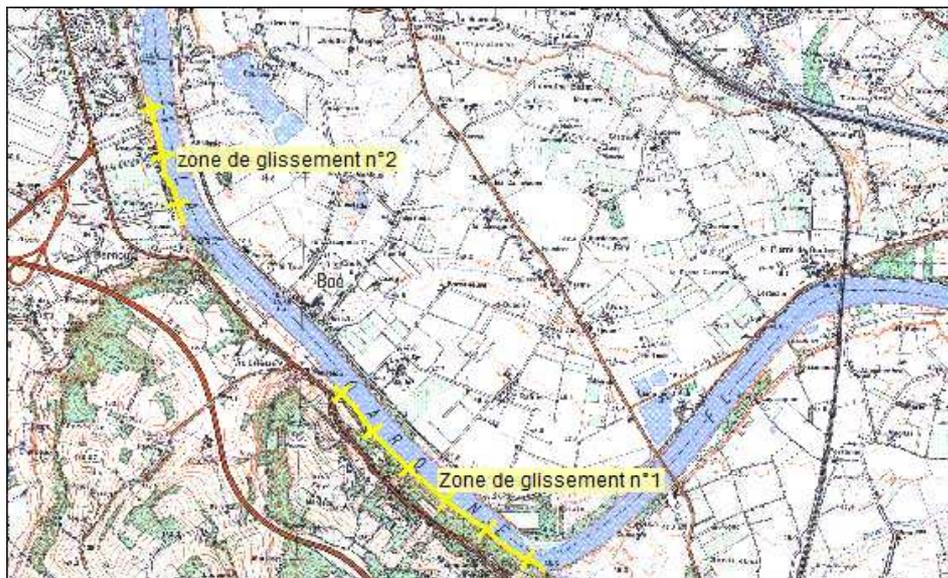


Figure 24 : Localisation des glissements de terrain [1]

Le glissement des coteaux en rive gauche au niveau du lotissement Bellevue (Figure 25) est lié à une structure géologique très peu stable (alternance de marnes et de nappes captives, [6]).

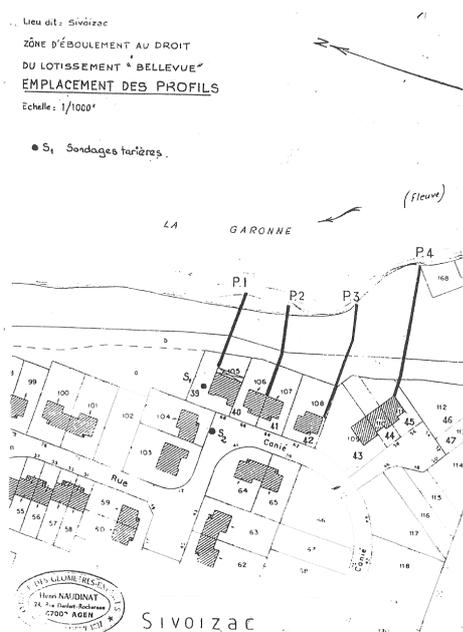


Figure 25 : Localisation des habitations affectées par le glissement de terrain du lotissement Bellevue (source [14] et orthophotographie de 2005).

D'après la note technique sur le glissement de terrain au droit du groupe d'habitation Bellevue de la DDE du Lot-et-Garonne réalisée en avril 1994 [14], le talus est constitué :

- de recouvrements argilo-limoneux sur 6 à 7 m relativement imperméable,
- reposant sur des alluvions sablo-graveleuses jusqu'à une profondeur de 13 m. Elles sont le siège de circulations d'eau variables et ponctuellement importantes,
- sur un substratum marneux globalement imperméable.

La nappe circulant dans les alluvions peut être d'épaisseur importante en atteignant 6 m au dessus du toit des marnes comme le stipule l'expertise géotechnique de SIMECSOL de 1994.

Les risques résultant de la géologie identifiée sont :

- une **érosion superficielle du talus argilo-marneux** dont la pente de 35 à 40° est supérieure à la pente limite d'équilibre. Ce phénomène est visible par des loupes d'arrachements dont certaines entaillent la crête. Le risque peut être pallié par une diminution de la pente du talus qui serait ensuite végétalisée par des plantations adaptées. Ceci nécessite l'évacuation des maisons des lots 40, 41, 45 et 46 surplombant le fleuve. Le clouage est écarté en raison de la surface conséquente de talus à traiter.

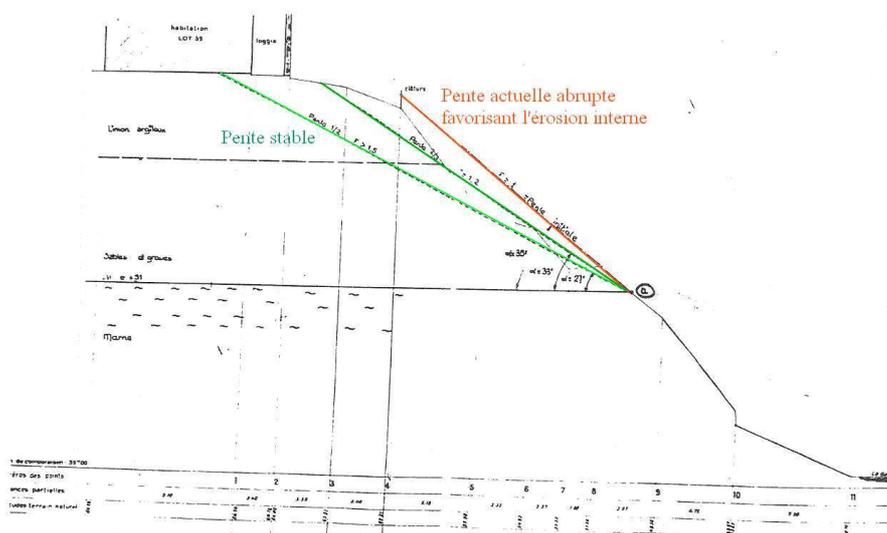


Figure 26 : Coupe en travers du talus du lotissement de Bellevue au droit de la propriété 39 classée en catastrophe naturelle en 1985 [14]

- des **glissements à caractère brutal et instantané** pouvant résulter d'importantes arrivées d'eau dans les alluvions sablo-graveleuses comme ce fut le cas en 1985. Lors des forts événements pluvieux, la nappe atteint la base des limons et les saturent. Ainsi en janvier 2004, suite à une forte pluviométrie, un effondrement d'une partie du terrain d'une propriété en haut de berge s'est produit sur une profondeur de 3 m et a entraîné une augmentation de la fissuration du pavillon. La notion d'imprévisibilité impose un drainage en front de talus comme seul procédé pouvant atténuer les effets des venues d'eau.
- **l'érosion du substratum marneux par la Garonne**. Ce risque peut être traité par des enrochements. Ce type de protection étant onéreux et n'empêchant pas les instabilités des couches supérieures, il a été abandonné. Lors des études de protection de l'agglomération agenaise contre les crues menées par Sogréah en 1995, le bureau d'étude a précisé que le recalibrage en rive gauche de la Garonne au niveau de Moirax-Le Passage ne devrait pas entraîner un accroissement des glissements de terrain car l'élargissement du lit mineur provoque une diminution des vitesses d'écoulement.

Toutefois, aucune amélioration n'était attendue en raison de la position dans l'extrados d'un coude de la Garonne. **Une protection sur 200 m en enrochement a été proposée s'il s'avérait que les glissements étaient dus à l'érosion provoquée par le fleuve.**

L'hypothèse de glissement d'ensemble des alluvions sur le toit des marnes est écartée par l'horizontalité de cette dernière couche.

On note que la berge de la Garonne au niveau du lotissement de Bellevue est située derrière d'anciens enrochements disposés en lit mineur pour créer un chenal de navigation (Figure 25 et Figure 27).



Figure 27 : Erosion de berge au niveau du lotissement de Bellevue derrière d'anciens enrochements de navigation fluviale [6].

L'impact du seuil de Beauregard sur la stabilité des berges, et en particulier au droit du lotissement de Bellevue, est étudiée au paragraphe 5.3. Les autres facteurs d'instabilité du lotissement sont indépendants des aménagements en lit mineur.

4.2 Contexte hydrogéologique

4.2.1 Présentation des nappes alluviales ([6] et [9])

Les principales nappes phréatiques se trouvent dans les alluvions qui occupent le bas fond de la vallée de la Garonne ; elles sont en général alimentées par les arrivées d'eau des vallées et vallons secondaires ainsi que par les infiltrations d'eau de ruissellement provenant des versants latéraux et les infiltrations d'eau de pluies tombées sur les basses plaines. La principale contrainte reste liée aux déficits estivaux parfois importants compte tenu du recours à l'irrigation par pompage.

Des nappes phréatiques perchées occupent aussi les anciens dépôts alluviaux des hautes terrasses de bordure ; ces eaux souterraines réapparaissent localement sous forme de sourcins et de suintement le long des talus de versant ou des berges au contact du plancher des marnes quand ce dernier est mis à jour (cas des terrasses de Layrac et du Passage, notamment à Bellevue et à Dolmayrac).

Par ailleurs, sur la presque totalité de son parcours, le fond du lit de la Garonne repose sur le plancher des marnes ou bien même, y est légèrement encaissé.

Compte tenu du tracé du fleuve qui lèche le pied des coteaux entre Layrac et Le Passage et de la nature de son fond de lit, on recense, dans le bas-fond de la vallée de la Garonne agenaise, l'existence de 3 nappes indépendantes séparées par le lit de la Garonne et les coteaux à l'aval de Layrac :

- la nappe alluviale de rive droite concernant la plaine de Lafox, Boé et Agen ;
- la nappe de Sauveterre-Layrac en rive gauche jusqu'au pied de versant de la confluence du Gers ;
- la nappe de rive gauche de Le Passage.

4.2.2 Caractérisation des nappes phréatiques et évolution piézométrique

L'étude hydraulique Ginger [6] présente une analyse des relations entre la nappe phréatique et la Garonne, ainsi que des cartes piézométriques de la plaine alluviale de la Garonne en rive droite (plaine de Boé) et en rive gauche (plaines de Layrac et de Le Passage) pour les mois de juin 1982 (construite à partir de la carte de l'APS du programme de protection contre les inondations [10]) et de juin 2002 (obtenue par le relevé d'environ 150 puits dont ceux déjà relevés en 1982 pour comparaison). Ces cartes sont présentées en annexe 2 : cartes T1-26, T1-29, T1-30 et T1-32.

En rive droite : la nappe de Lafox, Boé, Agen

Les alluvions de la plaine de Boé renferment une nappe phréatique libre de coteaux, qui est principalement alimentée depuis l'Est-Nord-Est par le bassin versant de la Séoune mais aussi par le Mondot, s'écoule selon un axe principal est→ouest et trouve son exutoire en Garonne principalement à l'aval du barrage de Beauregard dans le secteur du Lac de Passeligne et de l'exutoire du Mondot.

L'Association de Sauvegarde du Barrage de Beauregard précise que les déversements de la nappe de Boé vers la Garonne seraient situés uniquement à l'aval de Boé bourg, et principalement à l'aval du lieu dit Pélissier. Néanmoins, des déversements de la nappe vers les lits mineurs de la Garonne et de la Séoune ont été observés à Saint Pierre de Gaubert au niveau des ouvrages de protection contre les inondations.

L'aquifère, contenu dans la couche de graves perméable d'épaisseur variable entre 1,5 et 6 m surmontée d'une couche de limons d'une épaisseur de l'ordre de 1,5 m à 5 m [9]., est limité à la base par le toit du substratum imperméable (marnes), dont les cotes sont comprises entre 39 et 42 m NGF, situé au moins 2 à 3 m au dessus du fond du lit qui est calé sur des bancs plus résistants (situé à des cotes comprises entre 35 et 36,5 m NGF à l'amont du barrage de Beauregard et de l'ordre de 33 à 33,5 m NGF à l'aval du barrage). **Ainsi, la nappe alluviale de la plaine de Boé est perchée par rapport au niveau d'étiage de la Garonne et son niveau d'étiage ne dépend pas du niveau d'étiage de la Garonne [6], [10].**

Analyse des possibilités d'alimentation de la nappe par la Garonne

La ligne d'eau de la Garonne a été déterminée pour différents débits à l'aide d'un modèle hydraulique (voir paragraphe 5.2 Hydraulique). Le débit pour lequel la nappe alluviale de Boé est susceptible d'être alimentée par la Garonne est alors estimé par comparaison de la cote du toit des marnes et de la ligne d'eau (Tableau 5 et Figure 28) : la nappe alluviale de Boé peut être alimentée par la Garonne uniquement pour des débits correspondant à une ligne d'eau au dessus du toit des marnes.

L'alimentation de la nappe de la plaine de Boé par la Garonne devient possible ponctuellement à partir d'un débit de 290 m³/s mais il faut atteindre un débit de 660 m³/s (débit atteint 16% de l'année d'après la courbe des débits classés) pour que la ligne d'eau soit au dessus du toit des marnes entre Saint Pierre de Gaubert et la confluence du Gers : **la nappe de Boé ne peut être alimentée par la Garonne qu'en hautes eaux.**

Localisation	Toit des marnes (plaine)	Débit minimal de la Garonne pour atteindre le toit des marnes
Riols et exutoire du Mondot (350 m à l'aval du barrage)	38 à 39 m	700 m ³ /s
Boé bourg	40 à 41 m	800 m ³ /s
Lieu dit Lille (face à la confluence du Gers)	40,5 à 42 m	660 m ³ /s
Aval de Saint Pierre de Gaubert	40 à 42 m	290 m ³ /s

Tableau 5 : Débit minimal de la Garonne nécessaire pour atteindre le niveau du toit des marnes en 4 secteurs

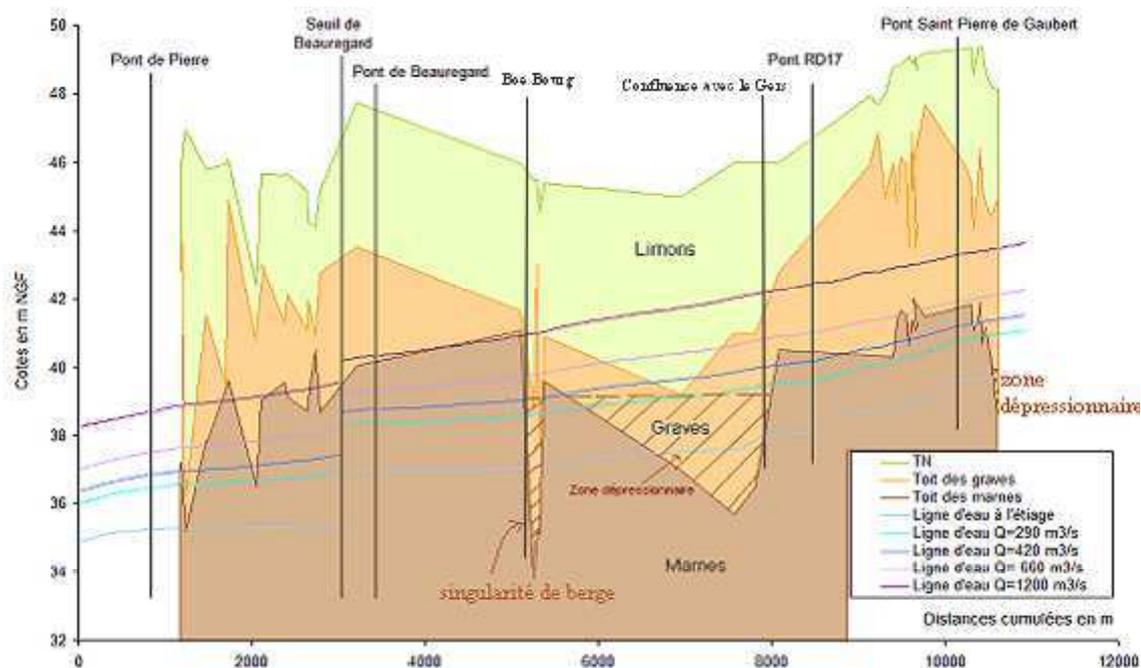


Figure 28 : Lignes d'eau de la Garonne et géologie en rive droite en situation actuelle, d'après les sondages disponibles.

Les zones hachurées sur la Figure 28 correspondent à des singularités du niveau du toit des marnes localisées au lit mineur et aux berges, ou au lit moyen : présence de la Séoune à l'amont du pont de Saint Pierre de Gaubert, d'un ancien bras de la Garonne au niveau de la confluence du Gers, et d'une singularité de berge à l'aval de la confluence. Les toits des marnes sont cependant à des cotes comprises entre 39 m à 40 m NGF plus à l'intérieur de la plaine.

De la même façon, le débit pour lequel l'alimentation de la nappe devient possible a été déterminé à l'aide du modèle hydraulique pour la situation **avant apparition des brèches** (1967-2000) : la ligne d'eau atteint le toit des marnes ponctuellement à partir de 200 m³/s et sur l'ensemble du linéaire pour **600 m³/s** (débit dépassé 19% de l'année).

Evolution piézométrique et pluviométrique

On note entre juin 1982 et juin 2002 une baisse globale des niveaux d'eau des nappes de 1 à 2 mètres en rive gauche et en rive droite, **à l'amont comme à l'aval du barrage de Beaugard**. Ainsi, la baisse progressive des niveaux piézométriques de la plaine de Boé ne semble pas corrélée avec la dégradation progressive du seuil de Beaugard : en effet, dans le cas contraire, on s'attendrait à observer une baisse de niveau piézométrique sur la plaine de Boé mais un maintien des niveaux à l'aval du seuil de Beaugard.

Une explication possible de la baisse de niveau piézométrique de la nappe de Boé est la variation pluviométrique interannuelle. La Figure 29 présente les cumuls pluviométriques à Agen sur la période 1978-2007.

On observe que l'année 1982, date de la première carte piézométrique, est la quatrième années d'une période de 4 ans (1979-1982) plus pluvieuses que la moyenne sur la période (722 mm) avec notamment les années 1979 (923 mm) et 1981 (909 mm) qui sont les 2^{ème} et 3^{ème} plus important cumul sur la période 1978-2007 (le cumul le plus important est de 937 mm en 1984).

A contrario, l'année 2002 (deuxième carte piézométrique) est la troisième année consécutive avec un cumul inférieur à la moyenne.

Entre 1982 et 2002, on note une période sèche de 1985 à 1991 inclus puis une période humide de 1992 à 1999. **Depuis 2000, les cumuls annuels sont tous inférieurs à la moyenne sur les trente dernières années, à l'exception de l'année 2004 (761 mm), cependant suivie de l'année la plus sèche de la période 1978-2007 (2005, 460 mm).**

Globalement sur les 30 ans, la tendance est une baisse de la pluviométrie annuelle.

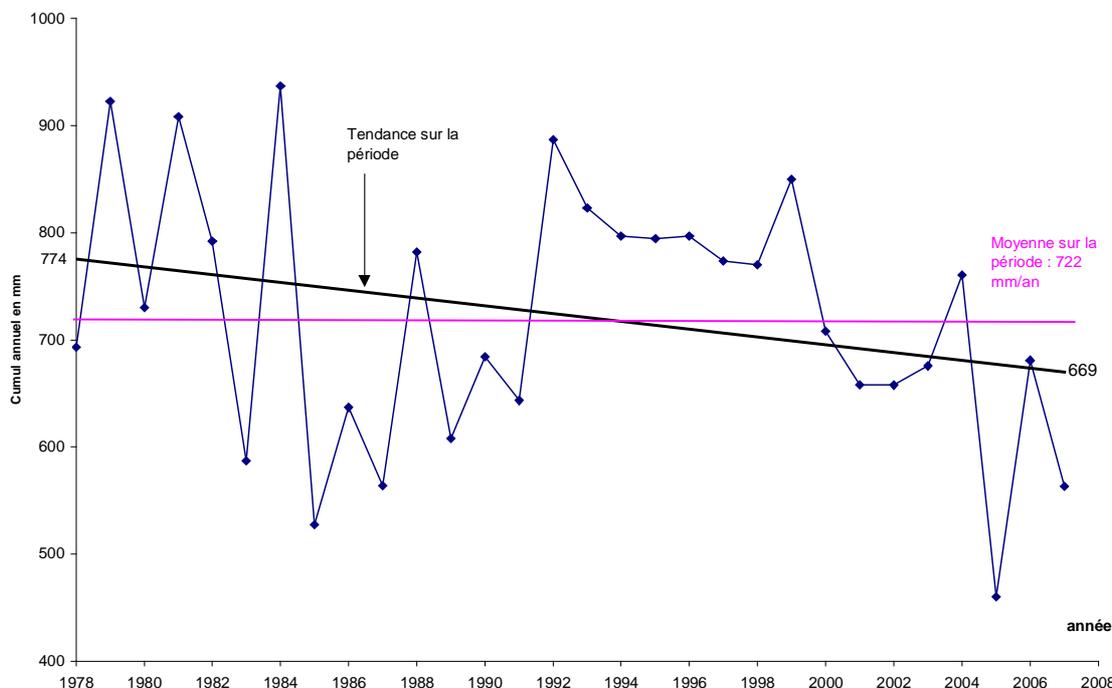


Figure 29 : Evolution du cumul de précipitations annuelles à Agen sur la période 1978-2007. Source : Météo France.

L'Association de Sauvegarde du Barrage de Beauregard a réalisé un suivi régulier des niveaux piézométriques en rive droite sur une période d'une année (printemps 2007-printemps 2008). Pour mettre en évidence une éventuelle corrélation entre le débit dans la Garonne ou la pluviométrie, les hauteurs d'eau dans les puits sont tracées en parallèle de la pluviométrie mensuelle à Agen (voir Figure 30) et du débit du fleuve à la station de Lamagistère (voir Figure 31). La localisation des puits est présentée en annexe sur la planche PL1-01 en annexe 2.

Le niveau saisonnier de la nappe varie entre 10 et 70 cm au centre de la plaine de Boé avec une moyenne d'environ 30 cm.

La comparaison des niveaux piézométriques avec la pluviométrie et l'hydrométrie permet d'établir une meilleure corrélation entre les niveaux piézométriques et la pluviométrie. En effet :

- Les piézomètres en bordure de Garonne « Mairie bourg » (A2) et A18 (lieudit Lille) enregistrent entre décembre 2007 et mai 2008 une élévation de la nappe, sur une période caractérisée par de faibles débits mais une pluviométrie importante,
- Les piézomètres A3 et A4 (lieudit Bel Air) semblent corrélés avec la pluviométrie, avec un temps de réponse de l'ordre de 1,5 à 2 mois : élévation piézométrique suite aux mois pluvieux de février, mai et août 2007. A contrario, la hausse piézométrique sur les

mois d'août et septembre 2007 de ces piézomètres mais également des piézomètres A7 « Saint Raphine Vieux » n'est pas explicable pas l'hydrométrie décroissante,

- On observe sur la majorité des piézomètres une hausse du niveau entre mai et juin puis une baisse entre juin et août 2007, corrélée avec la pluviométrie, importante en mai, décroissante en juin et faible en juillet. A contrario, les forts débits de juin sont suivi en juillet-août d'une baisse piézométrique.
- L'ensemble des piézomètres ont vu leur niveau croître entre mai et juin 2008 ; cette augmentation s'explique par la pluviométrie conséquente du mois de mai. En revanche, l'exhaussement piézométrique ne peut s'expliquer par l'hydrométrie du mois précédent les relevés piézométriques, plus faible en mai qu'en avril.

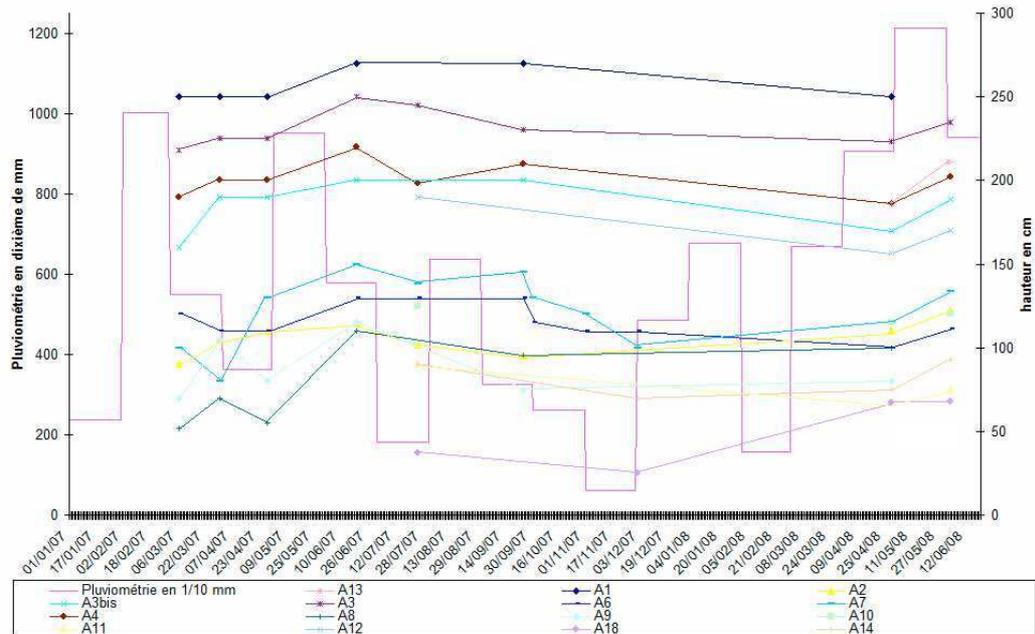


Figure 30 : Evolution piézométrique en rive droite en lien avec la pluviométrie mensuelle.

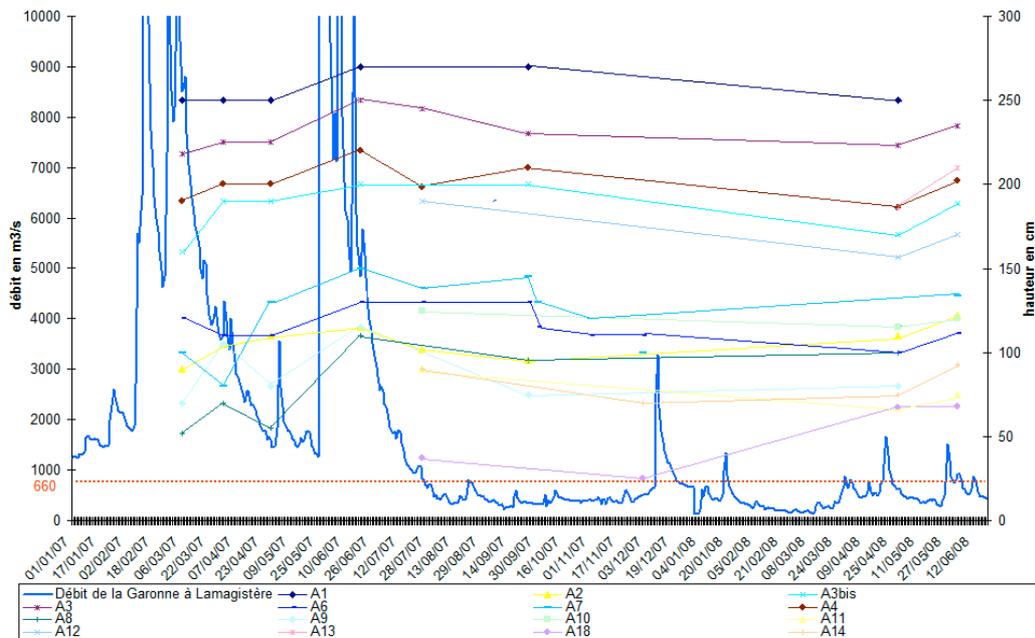


Figure 31 : Evolution piézométrique en rive droite en lien avec le débit journalier de la Garonne à la station de Lamagistère.



Ainsi, le suivi piézométrique sur la plaine de Boé bourg permet de conclure à l'absence de corrélation des niveaux piézométriques de la plaine de Boé bourg des niveaux de la Garonne.

Entre 2002 et 2007, le seuil de Beaugard s'est fortement dégradé avec notamment l'apparition de la brèche dans la cinquième passe déversante. La comparaison des relevés piézométriques effectués en 2002 par GINGER [6] et ceux de 2007 issus de l'étude de protection d'Agen contre les inondations [9] et de l'Association de Sauvegarde du Barrage de Beaugard permet d'analyser l'évolution piézométrique sur la même période (Tableau 6).

En rive droite, le niveau de la nappe alluviale de Boé varie peu entre 2002 et 2007 : la baisse de la ligne d'eau induite par la formation des brèches semble sans effet notable sur la piézométrie de la nappe de Boé.

		Epaisseur de la lame d'eau en juin 2002	Epaisseur de la lame d'eau en 2007
Comparaison piézomètre GINGER [6] avec les niveaux relevés par l'Association de sauvegarde du seuil	GINGER « 39 » / Puits A18	10 cm	Puits humide (en général) à 40 cm
	GINGER « 38 » / Puits A15	10 cm	Puits humide
	GINGER « 36 » / Puits A7	1.3 m	Entre 0.8 m et 1.5 m
		Niveau de la nappe en juin 2002	Niveau de la nappe en mars 2007
Comparaison piézomètres GINGER [6] avec les niveaux dans les sondages de l'AVP de protection contre les crues [9]	GINGER « 34 », « 13 » / « SP22 Alios »	Entre 41.2 et 41.5 m NGF	41.4 m NGF
	GINGER « 1 » / « SC5 Alios »	41.2 m NGF	41.34 m NGF
	GINGER « 41 » / « SCV03 Solen »	42.7 m NGF	42.71 m NGF

*Tableau 6 : Comparaison des niveaux piézométriques en rive droite entre 2002 et 2007.
Sources : [6], [9] et relevés piézométriques de l'association de sauvegarde du seuil de Beaugard*

En rive gauche amont (Sauveterre-Layrac)

On constate, sur Layrac, l'existence de 2 niveaux de nappe phréatique reflétant un surcreusement dans le plancher des marnes de plus de 3 mètres au niveau de l'entonnoir du Gers et de la Garonne :

- La partie haute, restée perchée, est alimentée par des apports d'eau venant des vallées de l'Estressol et du Gers, avec des apports de la Garonne depuis Sauveterre.

- La partie basse qui bénéficie d'une alimentation plus soutenue de la Garonne en période de hautes eaux depuis l'amont de Saint-Pierre de Gaubert, reçoit aussi les apports des nappes perchées.

Lien entre la nappe et la Garonne

Le toit des marnes à proximité de la Garonne est à une cote comparable à celle du fond du lit mineur (voir figure T1-30 en annexe 2) : **il y a donc une intercommunication libre entre la nappe et le fleuve** et l'abaissement potentiel du niveau d'étiage de la Garonne peut avoir une influence sur les niveaux de la nappe de Layrac à proximité de la Garonne [6].

La Figure 32 présente la situation d'un piézomètre faisant l'objet d'un suivi depuis 2003 (base de donnée ADES) et les Figure 33 et Figure 34 présentent la variation de la piézométrie de la nappe de Layrac entre 2000 et 2008. On note :

- de fortes variations saisonnières pouvant atteindre 1 m, directement corrélées à l'hydrologie de la Garonne,
- une baisse piézométrique moyenne d'environ 50 cm entre la période janvier 2003-juillet 2004 et juillet 2005-juillet 2007.

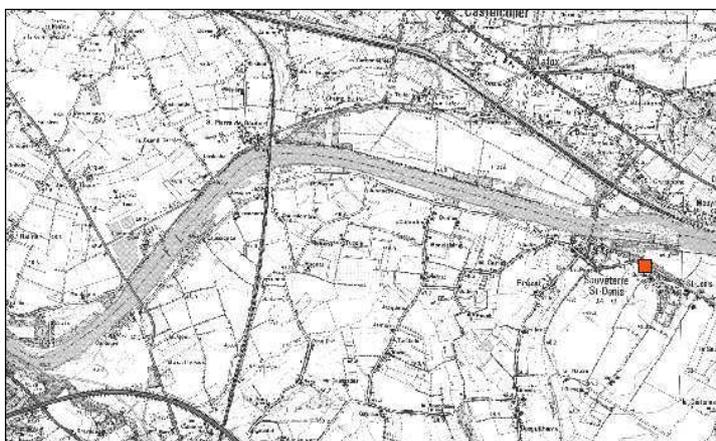


Figure 32 : Localisation du piézomètre 09028X0071/P (Sauveterre Saint Denis) Source : ADES

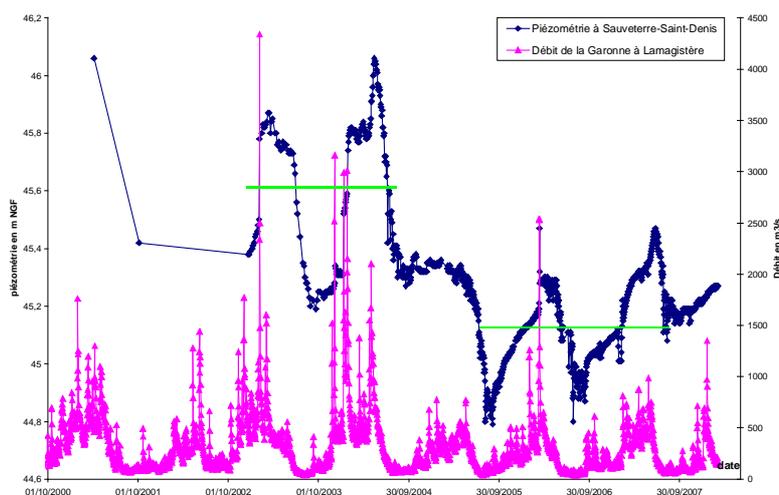


Figure 33 : Evolution de la piézométrie sur la période 2000-2007 au niveau du piézomètre 09028X0071/P (Sauveterre Saint Denis) et du débit de la Garonne à Lamagistère. Sources : ADES et Banque Hydro

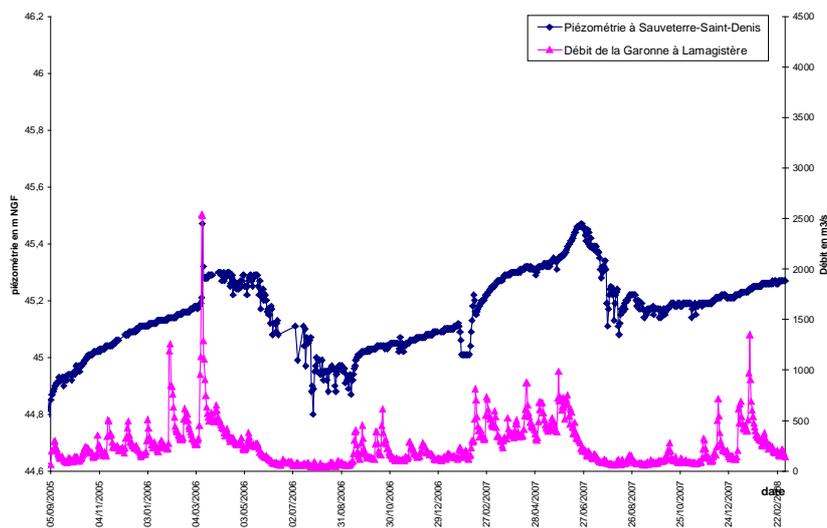


Figure 34 : Evolution de la piézométrie sur la période 2005-2007 au niveau du piézomètre 09028X0071/P (Sauveterre Saint Denis) et du débit de la Garonne à Lamagistère.
Sources : ADES et Banque Hydro

Impact d'un abaissement de la ligne d'eau sur la nappe de Layrac

La même analyse était réalisée par Sogréah en 1983 pour l'APS des travaux de protection contre les inondations [10] qui comportaient des recalibrages à l'aval du seuil de Beauregard. **L'impact d'un abaissement de la ligne d'eau sur la nappe de Layrac avait alors été estimé :**

Abaissement de la ligne d'eau	Abaissement moyen de la nappe en bordure de Garonne (jusqu'à 500 m)	Abaissement moyen de la nappe entre 500 m et 2000m de la rive de la Garonne
0,50 m	20 cm	10 cm
1,00 m	40 cm	20 cm
1,50 m	50 cm	25 cm

Tableau 7 : Impact d'un abaissement de la ligne d'eau sur la piézométrie de la nappe de Layrac [10]

Les travaux de recalibrage de la Garonne devaient provoquer des abaissements de la ligne d'eau inférieurs à 50 cm au niveau de la nappe de Layrac [10]. L'étude concluait à la faible incidence des aménagements mais émettait cependant des réserves quant aux incidences sur la station de pompage de Barroy et sur les peupleraies situées en bordure de Garonne en cas d'abaissement rapide du niveau d'étiage supérieur à 50 cm.

L'étude hydraulique (voir paragraphe 5.2.3) montre qu'entre la situation avant formation des brèches et l'état actuel de dégradation du seuil, **la ligne d'eau de la Garonne a baissé :**

- de 20 à 30 cm, au niveau du Pont de Layrac pour les débits inférieurs à 1200 m³/s,
- de 10 cm au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert pour les débits inférieurs à 660 m³/s.

Cette baisse de la ligne d'eau correspondrait à une baisse piézométrique de l'ordre de 5 à 10 cm en bordure de Garonne et de 2,5 à 5 cm en moyenne sur la partie aval de la nappe alluviale de Layrac.



Evolution piézométrique 2002-2008

En rive gauche, les variations piézométriques de la nappe de Layrac sur différents puits entre 2002 [6] et 2008 (Association du Barrage de Beauregard) sont présentées Tableau 8 :

- Les niveaux ont peu évolués sur les puits de Dandelombre et de Bézat,
- Les niveaux ont baissé de 50 cm à 1,30 m sur les autres puits.

Une baisse de l'ordre de 50 cm est également observée sur le piézomètre de Sauveterre Saint Denis (*Figure 33*).

La baisse des niveaux piézométriques n'est pas imputable à la dégradation du seuil. En effet, compte tenu des débits caractéristiques d'avril 2008 (débit mensuel de 710 m³/s) et de juin 2002 (débit mensuel de 530 m³/s), le modèle hydraulique (paragraphe 5.2) permet de montrer que, malgré la formation de la brèche, la ligne d'eau de la Garonne d'avril 2008 est située entre 1,5 m et 1,6 m au dessus de celle de juin 2002 entre le pont de la RD17 et le pont de Saint Pierre de Gaubert.

Par ailleurs, pour un même débit de la Garonne, l'abaissement de la ligne d'eau de la rivière due à la formation des brèches est estimée à 10 à 25 cm environ (voir étude hydraulique au paragraphe 5.2), soit un abaissement bien inférieur à l'abaissement piézométrique. L'abaissement piézométrique ne peut donc pas être expliqué uniquement par la dégradation du seuil (qui induit un abaissement piézométrique estimé à un maximum de 10 cm).

	Hauteur d'eau au fond du puits en 2002	Hauteur d'eau au fond du puits en 2008
GINGER « 1 » / Puits du lieu-dit Cantegril	1.8 m	51 cm
GINGER « 7 » / Puits du lieu-dit Dandelombre	1 m	0.97 à 1.03 m
GINGER « 25 » / Puits du lieu-dit Bézat	3 m	2.66 à 3.15 m
GINGER « 26 » / Puits du lieu-dit Jamprin	1.7 m	90 à 91.5 cm
GINGER « 28 » / Puits du lieu-dit Jouandine	1 m	37.5 à 41.5 cm
GINGER « 29 » / Puits du lieu-dit Miquelet	1 m	42 à 48 cm

Tableau 8 : Comparaison des niveaux piézométriques en rive droite dans la nappe de Layrac entre 2002 et 2007. Sources : [6] et relevés piézométriques de l'association de sauvegarde du seuil de Beauregard

En rive gauche aval (Le Passage)

La nappe qui occupe la bande de plaine placée au pied de la terrasse supérieure a de faibles battements. Elle est alimentée principalement par les déversements d'eau « sous forme de sous-écoulements ou de sources » des eaux de la nappe occupant la terrasse supérieure.

Le toit des marnes est situé à des cotes comprises entre 38 et 39 m NGF alors que le fond du lit mineur est situé à l'aval du barrage de Beauregard à des cotes de l'ordre de 33 m NGF : **la nappe n'est donc pas influencée par la Garonne** [6], [10] (exception faite des périodes de fortes crues).

Le niveau piézométrique de la nappe de Le Passage serait relativement constant au cours de l'année [6].

4.2.3 Synthèse sur l'influence du barrage de Beauregard sur la piézométrie des nappes alluviales

Nappe de Boé

On a montré les points suivants :

- La Garonne ne peut alimenter la nappe de Boé que pour des débits élevés, supérieurs à 600 ou 660 m³/s,
- Les variations piézométriques de la nappe sont corrélées avec la pluviométrie locale et se sont pas corrélées avec l'hydrologie de la Garonne,
- Les niveaux piézométriques de la nappe de Boé ont peu évolué entre 2002 et 2007 malgré l'abaissement de la ligne d'eau lié au développement des brèches dans le seuil de Beauregard.

Le seuil de Beauregard n'a donc pas d'impact sur la piézométrie de la plaine de Boé.

Nappe de Layrac

Pour un même débit de la Garonne, l'étude hydraulique (paragraphe 5.2) montre que l'impact hydraulique en rivière lié à la formation des brèches dans le seuil de Beauregard est compris entre 10 et 25 cm environ. **L'impact sur la nappe de la formation des brèches est donc évalué entre 5 et 10 cm environ sur l'aval de la plaine de Layrac en bordure de Garonne et entre 2,5 cm et 5 cm environ à une distance comprise entre 500 m et 2000 m de la Garonne⁴.**

Nappe de Le Passage

La nappe de Le Passage, située principalement à l'aval du barrage de Beauregard, est perchée et n'est donc pas influencée par la Garonne.

⁴ En absence de suivi piézométrique exhaustif sur la période, l'évaluation repose sur l'analyse de la baisse des lignes d'eau et l'impact calculé sur la nappe (Tableau 7, [10])

5 DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE

5.1 Hydrologie de la Garonne à Agen

La Garonne à Agen a un bassin versant de 34 900 km².

Une station hydrométrique sur la Garonne est située environ 20 km à l'amont à Lamagistère (bassin versant 32 350 km²).

Entre Lamagistère et Agen, le Gers est le principal apport. Il dispose également d'une station hydrométrique à Layrac (bassin versant de 1 190 km²). Les autres affluents sont de surface réduite et dépourvu de station hydrométrique, hormis la Séoune (bassin versant de 463 km²).

5.1.1 Débits mensuels, modules et courbes des débits classés

Hydrologie de la Garonne à Lamagistère, du Gers et de la Séoune

La Figure 35 présente les débits moyens mensuels et les débits classés de la Garonne à la station de Lamagistère pour la période 1967-2007. Le module interannuel est de 400 m³/s, le débit de la Garonne étant supérieur pendant les mois de décembre à mai (avec un débit moyen mensuel maximal en février de près de 640 m³/s) et inférieur pendant les mois de juin à novembre (avec un débit moyen mensuel minimal de 120 m³/s en août sur la période 1967-2007 et 110 m³/s sur la période 1978-2005).

Le débit médian est de 290 m³/s (courbe des débits classés).

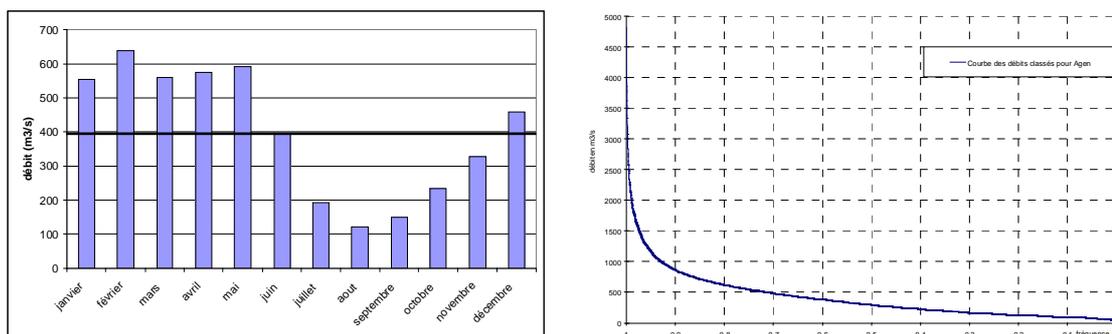


Figure 35 : Débits moyens mensuels, module et courbe des débits classés à Lamagistère (1967-2007), source : Banque Hydro

Le Gers a un débit interannuel de 7 m³/s, avec une variation hydrologique saisonnière proche de celle de la Garonne à Lamagistère. L'apport hydrologique du Gers est compris, en moyenne entre 1% et 2,5% selon la saison (Figure 36).

La Séoune a pour débit interannuel 3 m³/s et des apports hydrologiques compris entre 0,3% et 1% selon la saison (Figure 36).

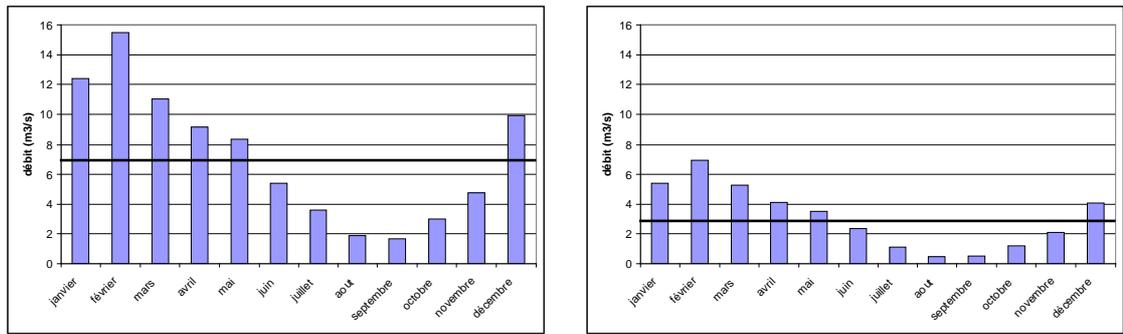


Figure 36 : Débits moyens mensuels du Gers (à gauche), 1967-2005, et de la Séoune (à droite), 1967-2007. Source : Banque hydro

Hydrologie de la Garonne à Beauregard

On propose d’estimer le débit journalier au seuil de Beauregard selon :

$$Q(\text{Beauregard}) = Q(\text{Garonne à Lamagistère}) + Q(\text{Gers à Layrac}) + 2.93 Q(\text{Séoune}),$$

compte tenu des surfaces respectives des bassins versants. Un coefficient multiplicateur de 2,93 est alors appliqué sur le débit de la Séoune pour obtenir le débit apporté à la Garonne entre Lamagistère et Beauregard par la Séoune et les affluents secondaires.

La Figure 37 présente les débits moyens mensuels et les débits classés de la Garonne au niveau du seuil de Beauregard pour la période 1978-2005 et la Figure 38 la chronique des débits journaliers.

Le **module interannuel** est d’environ **420 m³/s** (417 m³/s), le débit de la Garonne étant supérieur pendant les mois de décembre à mai (avec un débit moyen mensuel maximal en février de près de 660 m³/s) et inférieur pendant les mois de juin à novembre (avec un débit moyen mensuel minimal de 116 m³/s en août sur la période 1978-2005).

La courbe des débits classés indique un **débit médian** de **292 m³/s**.

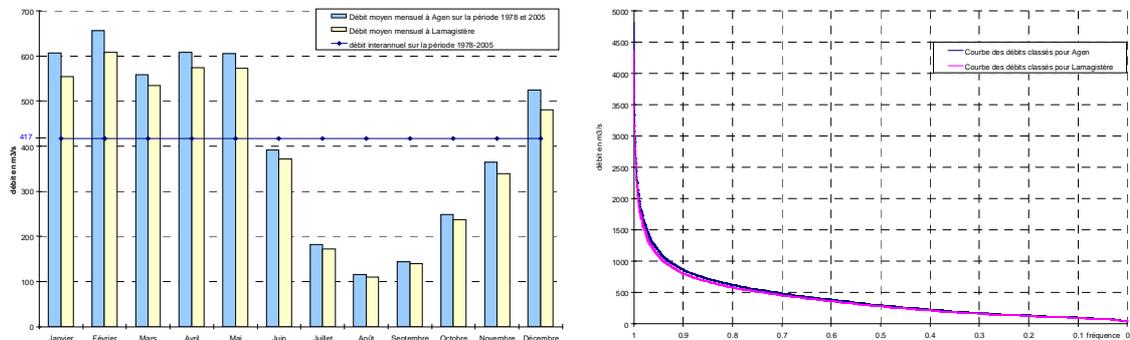


Figure 37: Débits moyens mensuels, module et courbe des débits classés calculés à Agen (1978-2005)



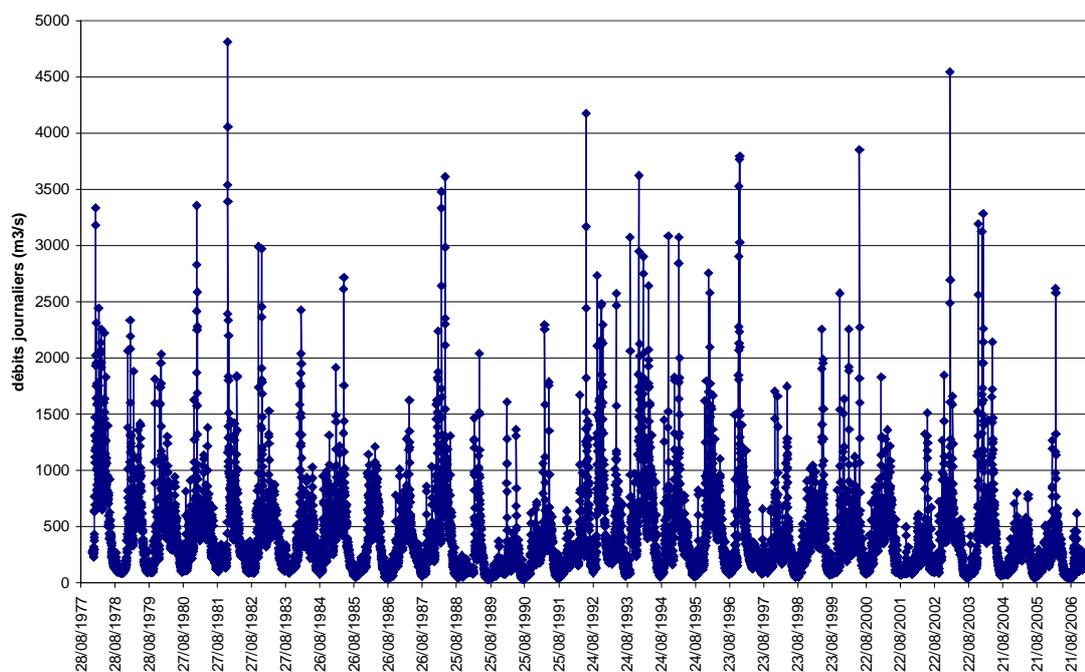


Figure 38 : Chronique des débits journaliers reconstitués au seuil de Beauregard (1978-2006)

5.1.2 Débits de crue

Les débits de crue de la Garonne à Agen pour différentes périodes de retour sont présentés dans le tableau ci-après :

Période de retour	Débit de pointe (m ³ /s)
1 an	2 800
5 ans	4 000
10 ans	4 700
100 ans	7 850

Tableau 9 : Débits de crue à Agen, d’après l’étude Ginger [6]

Les principales crues historiques sont, depuis 1875 :

- La crue du 24 juin 1875, hauteur à l’échelle d’Agen : 11,70 m, dont le débit est estimé entre 7 500 à 8 000 m³/s [11] et 9 200 m³/s [9] (période de retour supérieure ou égale à 200 ans), il s’agirait de la plus forte crue connue depuis octobre 1435 (hauteur de 12,50 m [6]),
- La crue du 19 février 1897, hauteur à l’échelle d’Agen : 10,20 m
- La crue du 4 mars 1930, hauteur à l’échelle d’Agen : 10,86 m, dont le débit a été estimé à 7 850 m³/s par Pardé (valeur de débit centennal retenue par Ginger et dans le cadre du PPRI) mais cette estimation serait par excès d’après la Monographie des crues de la Garonne [11], qui propose 7 500 m³/s au maximum par analyse hydraulique sommaire pour la crue de 1930 et la valeur de 6 800 m³/s comme débit centennal,
- La crue du 2 février 1952, hauteur à l’échelle d’Agen : 10,38 m, dont le débit estimé est 6 330 m³/s [11], période de retour de 50 ans environ,
- La crue du 14 décembre 1981, hauteur à l’échelle d’Agen : 8,49 m,



- La crue du 6 février 2003, hauteur à l'échelle d'Agen : 7,45 m, débit estimé à 4 700 m³/s [12] (débit à Lamagistère : 4620 m³/s d'après la Banque Hydro), période de retour de 10 ans environ.

5.1.3 Débits d'étiage

Les débits d'étiage non dépassés pendant 3 jours (VC3) et 10 jours (VC10) consécutifs de période de retour 2 ans et 5 ans de la Garonne à Lamagistère sont présentés dans le tableau ci-après :

Période de retour	VC3	VC10
2 ans	68 [61,74]	76 [70,84]
5 ans	50 [44,55]	57 [51,63]

Tableau 10 : Débits d'étiage de la Garonne à Lamagistère, et intervalle de confiance à 95%.
Source Banque Hydro.

L'étiage le plus sévère connu est celui de l'été 1989 avec un débit évalué à Agen, le 23 juillet 1989, à 30,2 m³/s (débit à Lamagistère : 29,9 m³/s).

Concernant les étiages récents, le débit est estimé à 44,2 m³/s le 26 juillet 2005, à 40,9 m³/s le 4 août 2006 et 61,1 m³/s le 4 août 2007.

5.1.4 Synthèse hydrologique

Les conditions hydrologiques retenues pour l'étude hydraulique sont les suivantes :

- l'étiage (débits de 30 m³/s et de 50 m³/s) et les basses eaux (débits de 120 m³/s soit le débit mensuel minimal et le débit de 200 m³/s correspondant à la transition entre les mois d'étiage d'août et septembre et le mois d'octobre),
- le régime courant (débit médian de 290 m³/s et débit interannuel de 420 m³/s) et les débits hivernaux (débit mensuel maximal : 660 m³/s),
- les crues : débit de 1 200 m³/s (soit environ le double du débit mensuel maximal), débit de 2 800 m³/s (période de retour 1 an), débit de 4 000 m³/s (période de retour 5 ans) et débit de 4 700 m³/s (période de retour 10 ans).

5.2 Hydraulique

L'objet de ce paragraphe est d'analyser l'impact hydraulique du seuil de Beauregard, en situation actuelle mais également dans la situation avant la formation des brèches, sur les lignes d'eau et les vitesses par comparaison avec une situation initiale sans barrage.

5.2.1 Modèle hydraulique et calage

Le diagnostic hydraulique est réalisé à partir d'un modèle hydraulique monodimensionnel construit avec le logiciel HEC-RAS.

Extension du modèle, bathymétrie et topographie

La zone modélisée s'étend du pont de Saint Pierre de Gaubert à la Passerelle d'Agen. La limite aval est fixée à la passerelle d'Agen car la condition à la limite y est connue (courbe de tarage de l'échelle d'Agen [12]). Le choix de la limite amont du modèle sera justifié ultérieurement par le fait que l'impact du seuil sur la ligne d'eau à l'amont du pont de Saint Pierre de Gaubert est résiduel.

La bathymétrie est principalement issue des profils en travers réalisés en 2002 par la Communauté d'Agglomération d'Agen, la topographie au niveau des ponts étant définie à partir des plans génie civil fournis par les différents gestionnaires des ouvrages d'art.

Les levés topographiques prévus sur le seuil dans le cadre de la présente étude n'ayant pas encore pu être réalisés, le profil en travers du seuil a été estimé à partir des coupes historiques et les caractéristiques des brèches ont été évaluées en fonction des photographies du seuil à l'étiage 2005 et 2006 prises par le SMEAG, et calé hydrauliquement sur un repère de crue à l'étiage 2006 au niveau de la prise d'eau de Lacapelette.

Conditions aux limites

Le régime d'écoulement est fluvial.

La condition à la limite amont est le débit de la Garonne.

La condition à la limite aval est la courbe de tarage à l'échelle d'Agen (Figure 57 page 73). La courbe comporte des jaugeages pour les débits supérieurs à 60 m³/s ; elle est extrapolée pour les débits inférieurs par l'hypothèse d'un écoulement en régime normal.

Configurations du seuil

Trois configurations sont simulées concernant le seuil :

- la situation actuelle depuis formation des brèches (2005-2008),
- la situation avant formation des brèches (1967-2000)
- une situation de référence sans l'ouvrage de Beauregard (mais pour laquelle subsiste le seuil naturel dans les marnes estimé être à la cote 35,0 m NGF d'après la bathymétrie réalisée en amont du seuil en 2008), permettant d'évaluer l'impact hydraulique de l'ouvrage.

Calage du modèle

Le calage est réalisé en deux étapes :

- tout d'abord à l'étiage en se basant sur le repère à l'étiage de juillet 2006 au niveau de la prise d'eau de Lacapelette et à l'estimation du débit correspondant (50 m³/s) issu du

dossier loi sur l'eau de l'aménagement de Lacapelette réalisée par Sogréah en 2007 [5].

La ligne d'eau simulée et le repère de calage est présenté sur la Figure 31 (écart de 1 cm).

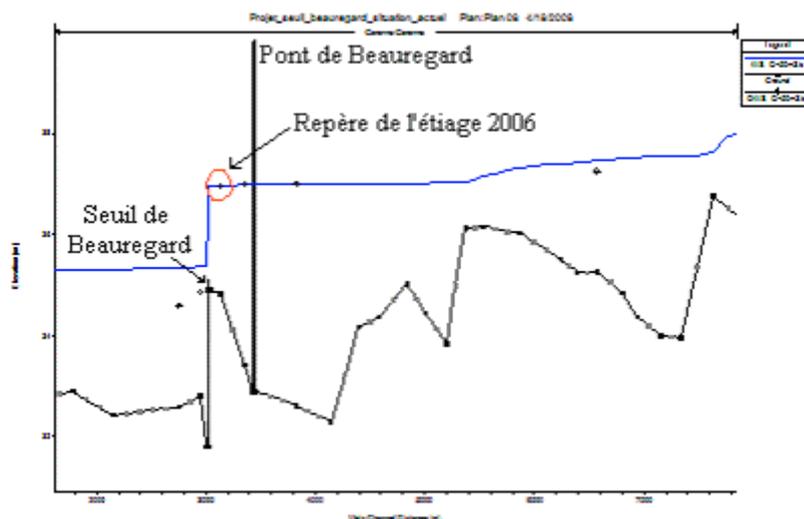


Figure 39 : Calage du modèle hydraulique à l'étiage $Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$

- enfin, en crue, avec l'évènement de février 2003 ($Q = 4\,700 \text{ m}^3/\text{s}$) et en utilisant les laisses de crues 2003 répertoriées dans l'étude Ginger [6]. Le calage sur les repères de cette crue est peu satisfaisant en quatre points (7, 10, 13 et 16) situés principalement entre le Pont de Layrac et le Pont de Beauregard. Les difficultés de calage sur ces points avaient déjà été identifiés lors des études de faisabilité et d'avant projet de protection contre les inondations [9]. Dans le cadre de la présente étude, la précision sur les cotes absolues pour une crue de type de février 2003 est en fait peu importante pour les raisons suivantes :
 - l'objectif est l'évaluation de l'impact hydraulique de différentes configurations d'aménagement du seuil de Beauregard : on s'intéresse plus à des différences sur les lignes d'eau (différences relatives entre les cotes) qu'aux cotes absolues,
 - l'impact du seuil et de ses aménagements est faible en crue.

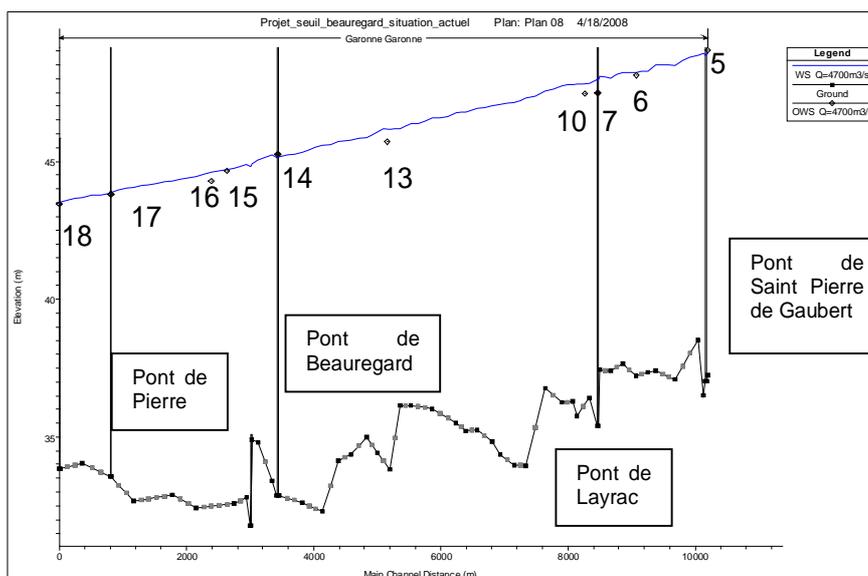


Figure 40 : Ligne d'eau pour la crue de février 2003 ($Q= 4700 \text{ m}^3/\text{s}$) et repères de crue de l'étude Ginger [6]

Numéro du repère	Ecart entre le niveau de la ligne d'eau et celui du repère
5	14 cm
6	- 11 cm
7	- 47 cm
10	- 36 cm
13	- 50 cm
14	14 cm
15	- 5 cm
16	- 30 cm
17	- 3 cm
18	0

Tableau 11 : calage du modèle hydraulique pour la crue de février 2003 ($Q= 4700 \text{ m}^3/\text{s}$) sur les laisses de crue repérées dans l'étude Ginger [6]

Les coefficients de Strickler obtenus par ce calage sont de 30 pour le lit mineur et 15 pour le lit majeur.

Conditions hydrologiques étudiées

Les calculs sont itérés pour différents régimes hydrologiques :

- l'étiage (débits de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ et de $50 \text{ m}^3/\text{s}$) et les basses eaux (débits de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ et de $200 \text{ m}^3/\text{s}$),
- le régime courant (débit médian de $290 \text{ m}^3/\text{s}$ et débit interannuel de $420 \text{ m}^3/\text{s}$) et les débits hivernaux (débit mensuel maximal : $660 \text{ m}^3/\text{s}$),
- les crues : débit de $1\,200 \text{ m}^3/\text{s}$ (soit environ le double du débit mensuel maximal), débit de $2\,800 \text{ m}^3/\text{s}$ (période de retour 1 an), débit de $4\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ (période de retour 5 ans) et débit de $4\,700 \text{ m}^3/\text{s}$ (période de retour 10 ans).

5.2.2 Diagnostic hydraulique de la situation actuelle

Etiage

La Figure 30 présente les lignes d'eau pour les étiages exceptionnel ($Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$, débit minimal mesuré) et de période de retour moyenne ($Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$, VC3(5ans)) ainsi que pour le débit mensuel minimal ($Q=120 \text{ m}^3/\text{s}$) et un débit de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (transition entre les mois d'étiage d'août et septembre et le mois d'octobre) pour la situation actuelle (depuis la formation de la brèche dans la passe n°5).

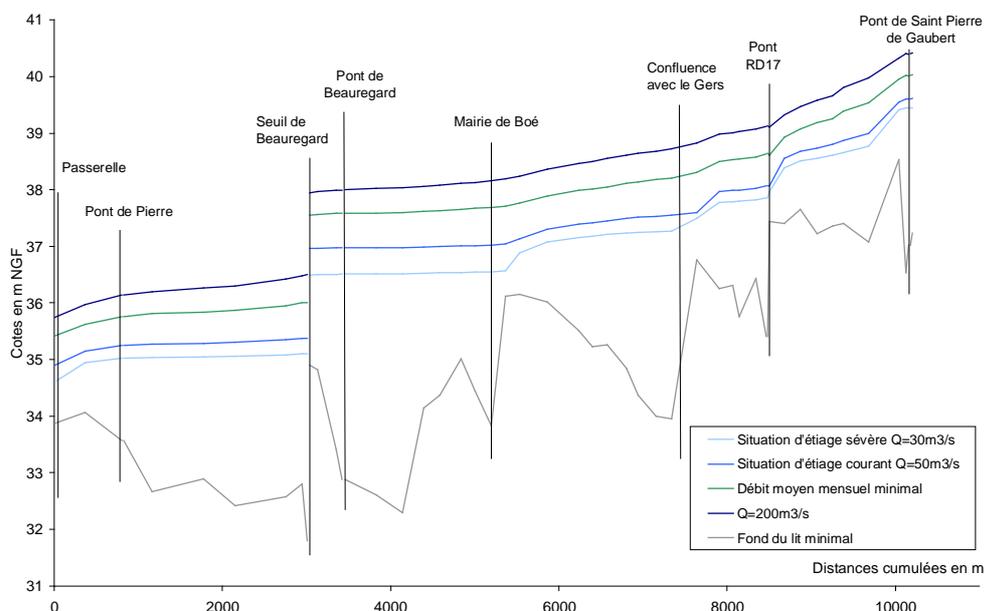


Figure 41 : Lignes d'eau pour les débits d'étiage ($30 \text{ m}^3/\text{s}$ et $50 \text{ m}^3/\text{s}$) et pour les débits de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ et $200 \text{ m}^3/\text{s}$

Le niveau n'est plus soutenu par la passe profonde pour les étiages sévères et courant : le niveau d'eau à l'amont du seuil est inférieur à la cote de la passe profonde (cote 37,13 m). La ligne d'eau suit alors la pente moyenne du fond de la Garonne en amont du seuil. La chute d'eau au niveau du seuil est comprise entre 1,4 et 1,6 m.

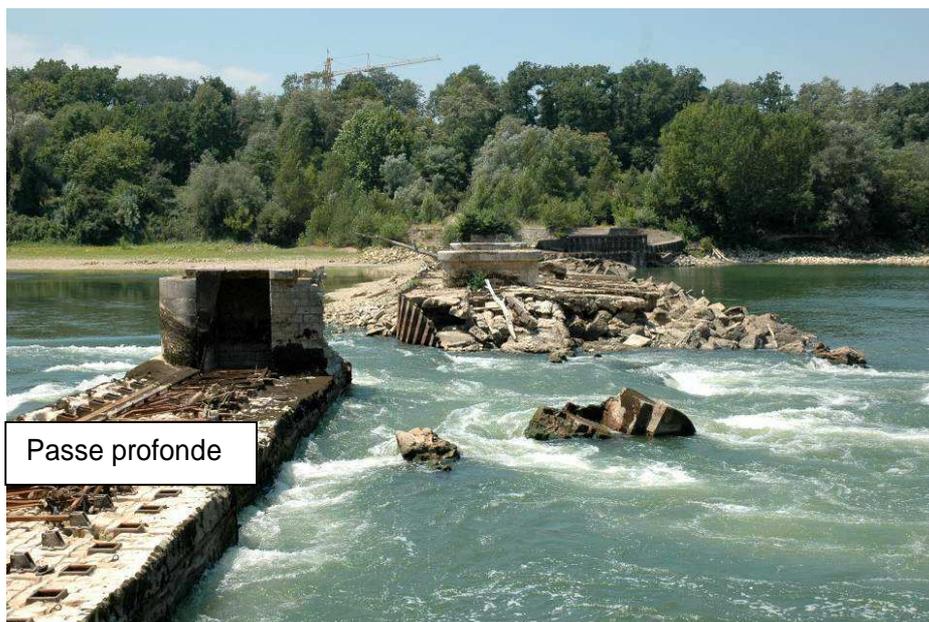


Figure 42 : Niveau à l'étiage $Q=63,2 \text{ m}^3/\text{s}$ à Agen. Photo réalisée par le SMEAG le 18 juillet 2006

La limite d'influence du barrage est obtenue en simulant les lignes d'eau en situation d'arasement total du seuil et en les comparant à celles obtenues pour la situation actuelle.

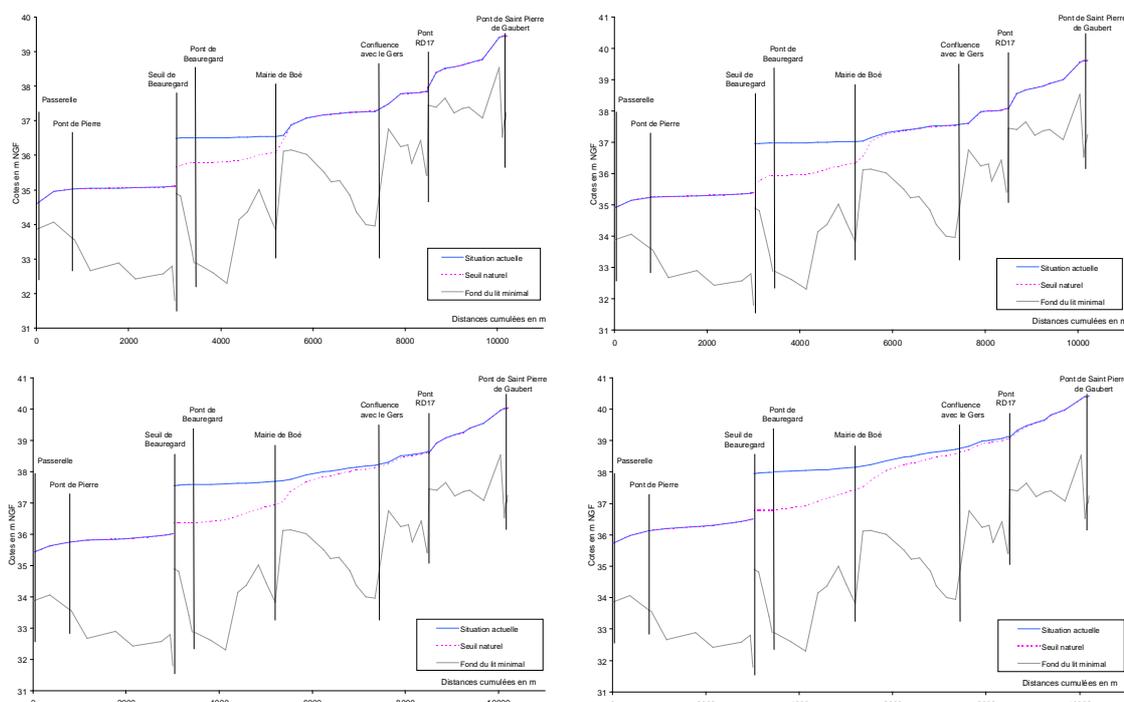


Figure 43 : Comparaison des lignes d'eau en situation actuelle et en situation d'arasement du seuil pour des débits (de gauche à droite et de haut en bas) de 30 m³/s, 50 m³/s, 120 m³/s et 200 m³/s

Pour un étiage sévère (Q=30 m³/s), la limite d'influence du barrage se situe au niveau de Boé-bourg (impact de 10 cm au niveau de Boé bourg, devenant nul environ 200 m en amont). L'augmentation du débit induit un déplacement de la zone d'influence du seuil vers l'amont, jusqu'à la confluence du Gers pour un débit de 120 m³/s et jusqu'à environ 1 km en amont de la confluence pour un débit de 200 m³/s.

Le Tableau 12 présente l'impact hydraulique du seuil pour les débits inférieurs à 200 m³/s. L'impact maximal du seuil est de 1,2 m au niveau du seuil, d'environ 65 cm au niveau de Beauregard et résiduel au niveau de la confluence avec le Gers.

Débit	Ecart entre les lignes d'eau en situation actuelle et en situation d'arasement				
	Au niveau du seuil	Au niveau de Boé bourg	200 m à l'amont de Boé bourg	Au niveau du Gers	Au niveau du pont de Layrac
30 m ³ /s	83 cm	9 cm	Nul	Nul	Nul
50 m ³ /s	1.3 m	47 cm	10 cm	Nul	Nul
120 m ³ /s	1.2 m	66 cm	40 cm	6 cm	Nul
200 m ³ /s	1.2 m	66 cm	50 cm	12 cm	Nul

Tableau 12 : Impact hydraulique du seuil entre la situation actuelle et la situation naturelle (seuil marneux naturel à la cote 35,0 m NGF) pour les débits de 30 m³/s, 50 m³/s, 120 m³/s et 200 m³/s

Dans le bassin de retenue de Beauregard, le fond du lit de la Garonne est totalement occupé. La lame d'eau varie entre 1,7 m et 5,4 m. Les parties fortement creusées, visibles grâce aux contre-pentes, expliquent la variation importante de l'épaisseur de la lame d'eau.

La Figure 44 montre l'évolution de la vitesse moyenne dans la zone d'étude. Les vitesses sont globalement uniformes, avec des ordres de grandeur de 0,2 à 0,4 m/s à l'étiage et de 0,5 m/s à 0,8 m/s pour les débits moyens et élevés estivaux. La fluctuation des vitesses est liée à l'alternance de seuils et de mouilles. De façon générale, la vitesse augmente avec le débit



sauf à l’amont de la confluence avec le Gers et au niveau de la mairie de Boé où la succession de seuils et de mouilles semble créer à l’été des « rapides » (écoulement en régime torrentiel).

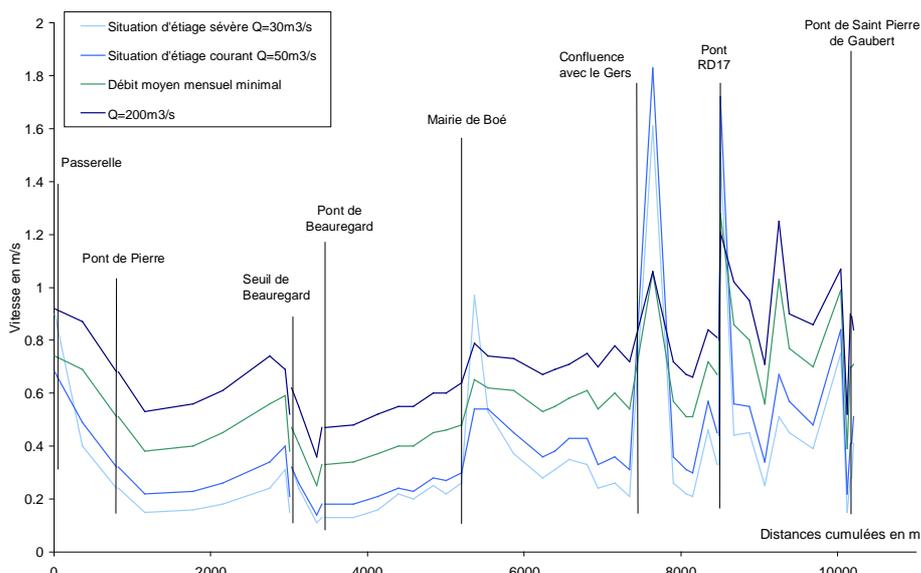


Figure 44 : Vitesses moyennes pour les débits d’été (30 m³/s et 50 m³/s) et pour les débits de 120 m³/s et 200 m³/s

Régime hydrologique courant et hivernal

La Figure 35 présente, en situation actuelle, les lignes d’eau correspondant à un régime hydrologique courant (débit médian de 290 m³/s et débit moyen interannuel de 420 m³/s) et pour le débit mensuel maximal de 660 m³/s.

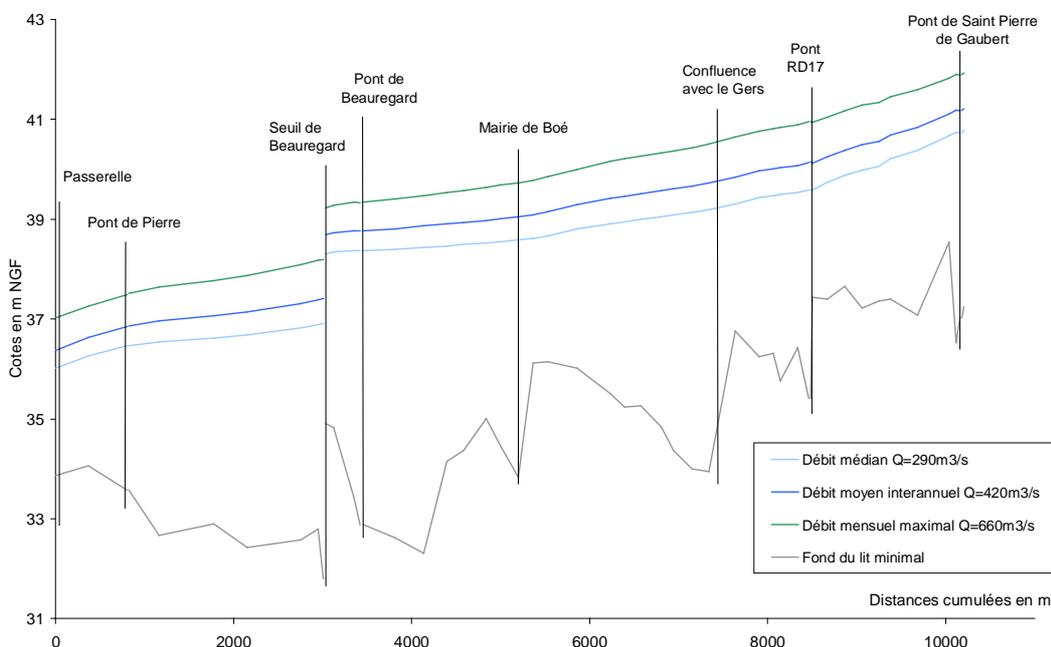


Figure 45 : Lignes d’eau pour les débits courants et d’hiver 290 m³/s, 420 m³/s et 660 m³/s





Figure 46 : Photo du seuil le 7 février 2008, régime hydraulique courant : $Q = 341 \text{ m}^3/\text{s}$ (source : banque hydro)

Pour le débit médian, l'écoulement s'effectue au niveau des brèches et sur la passe profonde. Au-delà de $300 \text{ m}^3/\text{s}$, les passes supérieures sont déversantes.

La chute d'eau décroît avec le débit : elle passe de 1,4 m pour un débit de $290 \text{ m}^3/\text{s}$ à 1 m pour un débit de $660 \text{ m}^3/\text{s}$

La limite d'influence du barrage se trouve au niveau du pont de la RD17 à Layrac (Figure 47, impact inférieur à 10 cm).

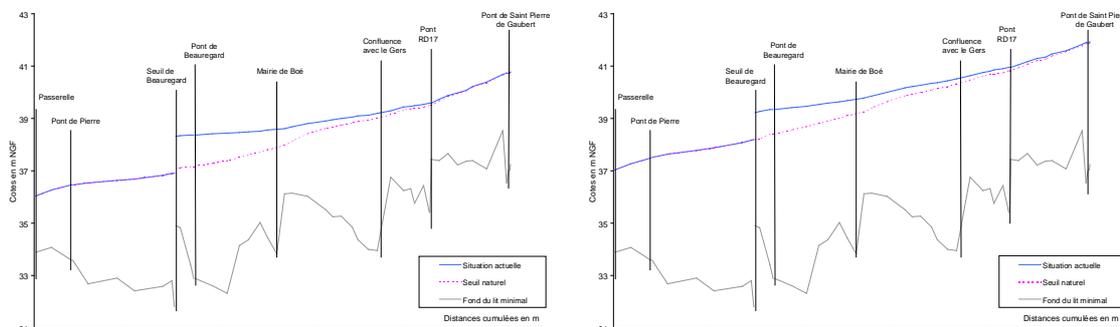


Figure 47 : Comparaison des lignes d'eau en situation actuelle et en situation d'arasement du seuil pour des débits de $290 \text{ m}^3/\text{s}$ à gauche et de $660 \text{ m}^3/\text{s}$ à droite

Débit	Ecart entre les lignes d'eau en situation actuelle et en situation d'arasement				
	Au niveau du seuil	Au niveau de Boé bourg	200 m à l'amont de Boé bourg	Au niveau du Gers	Au niveau du pont de Layrac
$290 \text{ m}^3/\text{s}$	1,2 m	60 cm	53 cm	16 cm	Nul
$660 \text{ m}^3/\text{s}$	1,0 m	55 cm	45 cm	20 cm	Nul

Tableau 13 : Impact hydraulique du seuil entre la situation actuelle et la situation naturelle (seuil marneux naturel à la cote 35,0 m NGF) pour les débits de $290 \text{ m}^3/\text{s}$ et $660 \text{ m}^3/\text{s}$

La Figure 48 présente le profil en long des vitesses moyennes. Les vitesses sont globalement uniformes sur le linéaire et augmente avec le débit : elles sont de l'ordre de 0,8 m/s pour le débit de 290 m³/s, de 1 m/s pour le débit de 420 m³/s et de 1,3 m/s pour le débit de 660 m³/s.

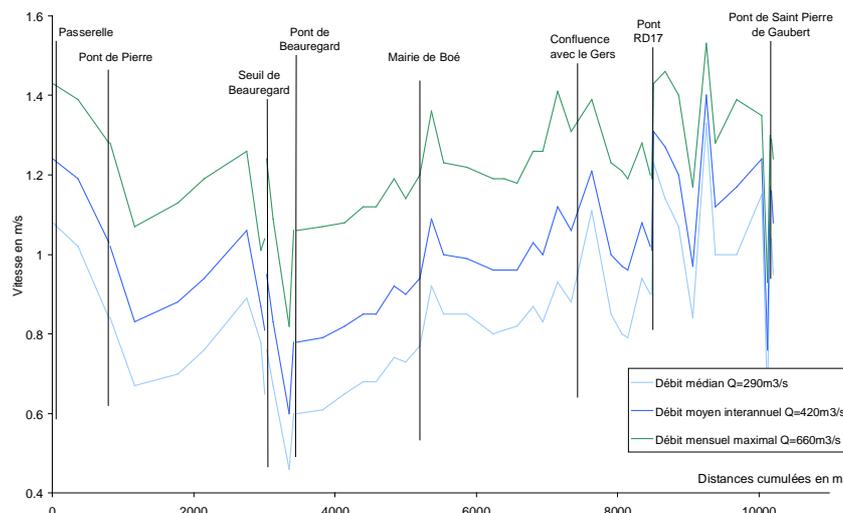


Figure 48 : Vitesses moyennes en lit mineur pour les débits courants et d'hiver 290 m³/s, 420 m³/s et 660 m³/s

Crue

Le seuil est en régime dénoyé⁵ jusqu'à un débit d'environ 900 m³/s à 1300 m³/s et il est en régime noyé à partir d'un débit compris entre 900 m³/s et 1 700 m³/s d'après les méthodes usuelles de détermination des régimes ([20], [21], [22]).

Les débits de crue étudiés sont 1 200 m³/s (débit de transition de régime noyé/dénoyé), 2 800 m³/s (période de retour 1 an), 4 000 m³/s (période de retour 5 ans) et 4 700 m³/s (période de retour 10 ans).

La Figure 49 montre les lignes d'eau pour ces différents débits. La chute d'eau au niveau du seuil décroît fortement entre les débits 1200 m³/s et 2800 m³/s d'environ 60 cm à 13 cm. La différence de niveau amont/aval est de l'ordre de 10 cm pour un débit de 4700 m³/s.

⁵ Régime dénoyé : état correspondant à une coupure hydraulique effective au-dessus du seuil. L'information hydraulique ne peut remonter à l'amont en écoulement fluvial.

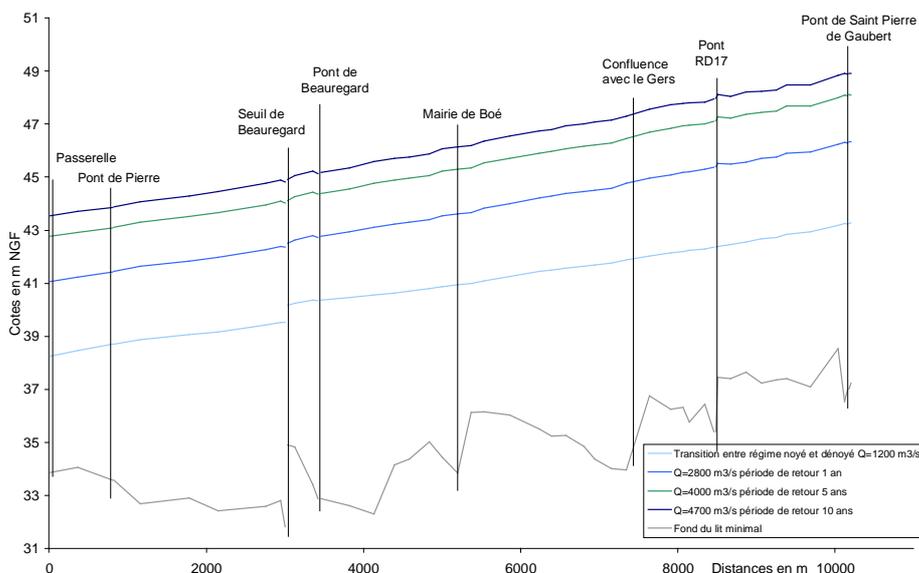


Figure 49 : Lignes d'eau pour les débits de crue 1200 m³/s, 2800 m³/s, 4000 m³/s et 4700 m³/s

L'impact hydraulique du seuil pour le débit de 1200 m³/s est d'environ 60 cm au niveau du seuil, de 37 cm au niveau de Boé bourg et de 14 cm au niveau de la confluence avec le Gers. L'impact du seuil devient faible pour les crues : il est limité à un maximum de 15 cm pour un débit de 2 800 m³/s (crue annuelle, Figure 50) et de 6 cm pour un débit de 4 700 m³/s, crue décennal.

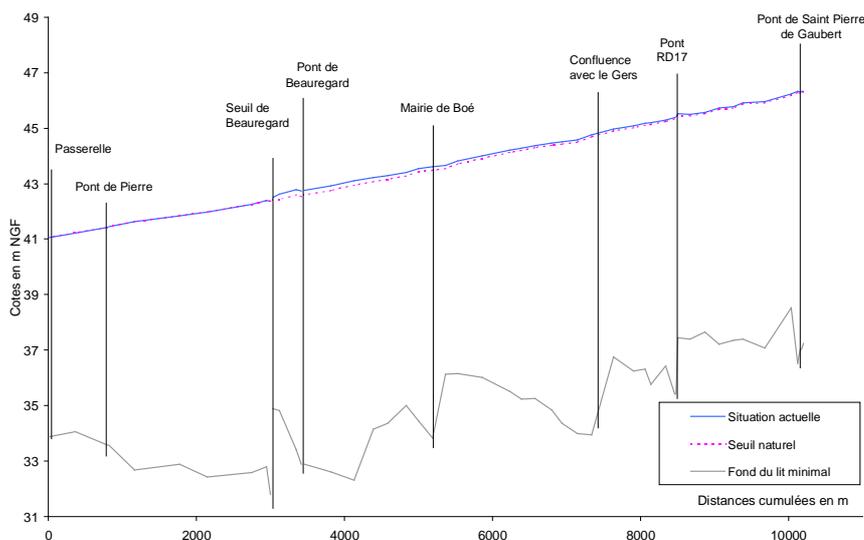


Figure 50 : Comparaison des lignes d'eau en situation actuelle et en situation d'arasement du seuil pour un débit de 2 800 m³/s

La Figure 51 présente le profil en long des vitesses moyennes. Les vitesses sont globalement uniformes sur le linéaire et augmente avec le débit : elles sont de l'ordre de 1,6 m/s pour le débit de 1 200 m³/s, de 2,2 m/s pour le débit de 2 800 m³/s et de 2,5 m/s pour le débit de 4 700 m³/s.

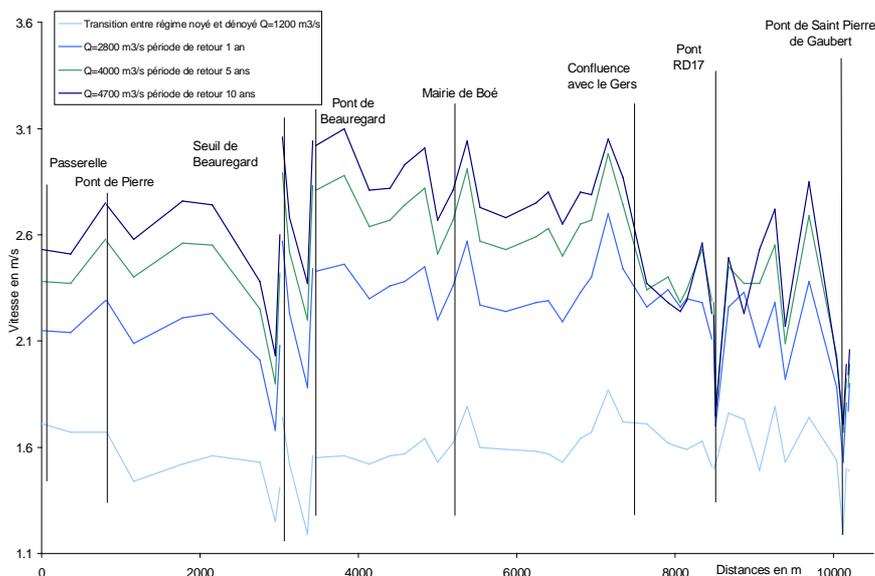


Figure 51 : Vitesses moyennes pour les débits de crue $1200 \text{ m}^3/\text{s}$, $2800 \text{ m}^3/\text{s}$, $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ et $4700 \text{ m}^3/\text{s}$

Evolution de la chute d'eau en fonction du débit

La chute d'eau du barrage commence par croître entre 1,4 m pour les débits d'étiage sévère ($30 \text{ m}^3/\text{s}$) et 1,6 m pour les débits d'étiage courant ($50 \text{ m}^3/\text{s}$), puis diminue au fur et à mesure que le débit augmente : 63 cm pour la crue de $1200 \text{ m}^3/\text{s}$, 14 cm pour la crue annuelle ($2800 \text{ m}^3/\text{s}$) et 8 cm pour la crue décennale de $4700 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figure 52).

L'obtention d'un maximum pour $Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$ est cohérente avec le **fonctionnement hydraulique de l'ouvrage** en fonction de l'évolution des débits :

- l'écoulement est localisé uniquement dans la brèche principale pour des débits inférieurs à $50 \text{ m}^3/\text{s}$,
- entre les débits de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ et $300 \text{ m}^3/\text{s}$, l'écoulement est localisé au niveau des brèches et de la passe profonde, la passe à poissons étant alimentée à partir de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ environ,
- au delà du débit de $300 \text{ m}^3/\text{s}$, l'ensemble du seuil est déversant.

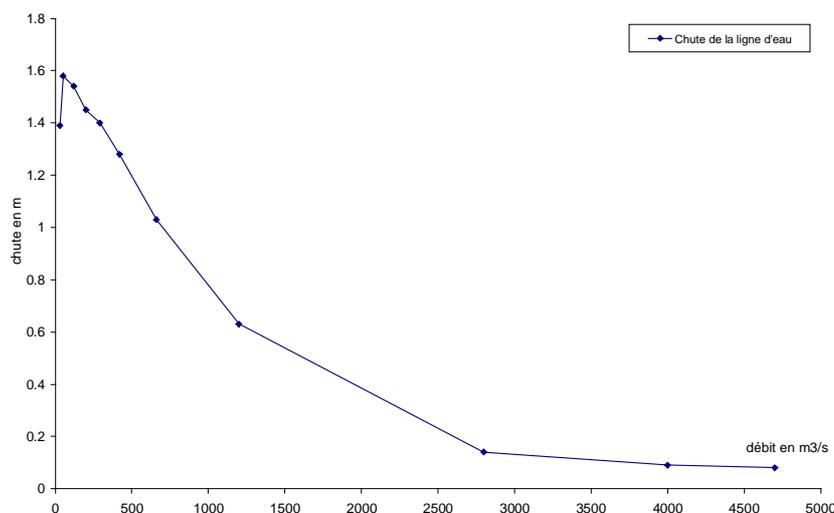


Figure 52 : Evolution de la chute de la ligne d'eau en fonction du débit

5.2.3 Diagnostic hydraulique de la situation avant les brèches (1967-2000)

La Figure 53 présente les lignes d'eau d'étiage courant ($Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$), pour le débit médian minimal ($Q=290 \text{ m}^3/\text{s}$) et pour des débits de $2800 \text{ m}^3/\text{s}$ et $4700 \text{ m}^3/\text{s}$ en amont du seuil de Beaugard, avant la formation des brèches. Cette situation correspond à l'état du barrage entre 1967 et 2000.

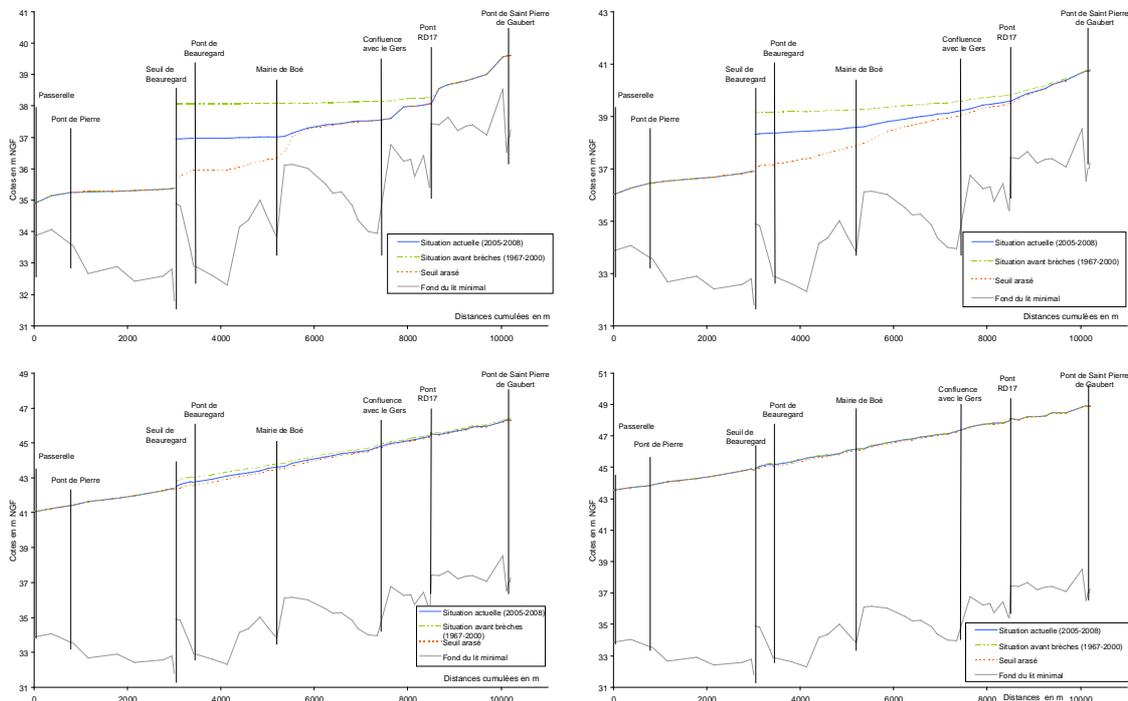


Figure 53 : Lignes d'eau pour les débits de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, $290 \text{ m}^3/\text{s}$, $2800 \text{ m}^3/\text{s}$ et $4700 \text{ m}^3/\text{s}$ de la gauche vers la droite et de haut en bas et impact hydraulique

Pour l'étiage, le niveau est soutenu par la passe profonde : le niveau d'eau à l'amont du seuil est supérieure à la cote de la passe profonde (cote 37,13 m). L'influence du barrage se fait donc ressentir plus loin à l'amont. **Pour un étiage sévère ($Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$), la limite d'influence du barrage se situe au niveau du pont de la RD17, ce qui correspondait à la limite d'influence du débit médian dans la situation actuelle avec brèches. Pour le débit médian de $290 \text{ m}^3/\text{s}$, l'influence se fait sentir jusqu'au pont de Saint Pierre de Gaubert (au lieu du pont de Layrac (RD17) en situation actuelle).**

L'apparition des brèches a donc entraîné un abaissement du plan d'eau et donc un recul de la zone d'influence du barrage vers l'aval. Cette diminution de la taille du plan d'eau de la retenue du seuil de Beaugard et du tirant d'eau disponible a un impact direct sur les activités de loisirs associées à la retenue (voir le paragraphe 9.2). Les prises d'eau réalisées dans le lit mineur de la Garonne sont également affectées par l'abaissement de la ligne d'eau qui peut provoquer un dénoisement des crépines (voir paragraphe 9.1).

Le choix de limiter le modèle hydraulique au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert à l'amont est justifié par la comparaison des lignes d'eau en situation actuelle et avant l'apparition des brèches. L'impact résiduel du seuil sur la ligne d'eau au droit du pont de Saint Pierre de Gaubert est de 4 cm pour un débit de $2800 \text{ m}^3/\text{s}$ et 2 cm pour la crue décennale de $4700 \text{ m}^3/\text{s}$. Il peut donc être considéré comme marginal en amont du pont de Saint Pierre de Gaubert.

Le Tableau 14 fournit un comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil avant et après la formation des brèches pour différents débits.



Débit en m ³ /s	Chute en m		Ecart relatif
	situation actuelle	avant brèche	
30	1.39	2.7	94
50	1.58	2.69	70
120	1.54	2.57	67
200	1.45	2.37	63
290	1.4	2.23	59
420	1.28	2.05	60
660	1.03	1.79	74
1200	0.63	1.36	116
2800	0.14	0.44	214
4000	0.09	0.17	89
4700	0.08	0.13	63

Tableau 14 : Comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil en fonction du débit avant et après l'apparition des brèches

Le Tableau 15 présente l'abaissement des lignes d'eau dû à la formation des brèches en fonction des débits : L'abaissement maximal est de l'ordre de 1,25 à 1,3 m entre le barrage et Boé bourg ; de 0,6 m au niveau de la confluence du Gers, de 30 cm au niveau du pont de Layrac et de 10 cm au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert.

Débit en m ³ /s	Ecart entre la ligne d'eau avant apparition des brèches et actuellement au niveau de					
	pont Saint Pierre de Gaubert	pont de Layrac	confluence avec le Gers	mairie de Boé	pont de Beauregard	l'amont immédiat du seuil
30	0	0.12	0.58	1.25	1.29	1.24
50	0	0.21	0.6	1.07	1.1	1.04
120	0.01	0.28	0.54	0.94	1	0.91
290	0.03	0.24	0.38	0.69	0.79	0.66
660	0.08	0.21	0.31	0.57	0.7	0.54
1200	0.1	0.2	0.26	0.5	0.66	0.47
2800	0.06	0.08	0.11	0.19	0.27	0.18
4000	0.01	0.03	0.03	0.05	0.08	0.05
4700	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.03

Tableau 15 : Abaissement de la ligne d'eau pour différents débits et en différents points du linéaire d'étude entre les situations avant et après la formation des brèches

5.2.4 Synthèse hydraulique

L'étude hydraulique a permis de mettre en évidence les points suivants :

- Le seuil, en situation actuelle ou avant la formation des brèches, provoque un rehaussement de la ligne d'eau à l'amont significatif jusque Boé bourg et perceptible jusqu'à la confluence avec le Gers voire jusqu'au pont de Saint Pierre de Gaubert selon les conditions hydrologiques,
- Les vitesses moyennes d'écoulement sur le bief d'étude augmentent avec le débit. Elles sont de l'ordre de :
 - 0,3 m/s à l'étiage,
 - 1 m/s pour le débit interannuel,
 - 2,2 à 2,5 m/s pour les crues annuelle à décennale
- Le fonctionnement hydraulique du seuil en situation actuelle est le suivant :
 - l'écoulement est localisé uniquement dans la brèche principale pour des débits inférieurs à 50 m³/s,
 - entre les débits de 50 m³/s et 300 m³/s, l'écoulement est localisé au niveau des brèches et de la passe profonde, la passe à poissons étant alimentée à partir de 200 m³/s environ,

- au delà du débit de 300 m³/s, l'ensemble du seuil est déversant,
- le seuil est noyé à partir d'un débit de l'ordre de 1200 m³/s.
- La chute d'eau au niveau du barrage en état actuel est de l'ordre de :
 - 1,5 m à l'étiage,
 - 60 cm pour la crue de 1200 m³/s,
 - 15 cm pour la crue annuelle (2800 m³/s),
 - 8 cm pour la crue décennale (4700 m³/s)
- La chute d'eau maximale à l'étiage, avant la formation des brèches, est estimée à 2,7 m.
- L'abaissement de la ligne d'eau d'étiage résultant de la formation des brèches est de l'ordre de 1,25 à 1,3 m entre le barrage et Boé bourg ; de 0,6 m au niveau de la confluence du Gers, de 30 cm au niveau du pont de Layrac et de 10 cm au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert.

5.3 Morphodynamique fluviale

5.3.1 Evolution du lit mineur

Evolution historique du lit mineur

La Garonne dans l'Agenais est caractérisée par une faible mobilité du lit mineur depuis le 18^{ième} siècle.

La carte de Cassini (fin 18^{ième}, voir Figure 54), présente déjà une implantation du lit de la Garonne proche de l'implantation actuelle. On note sur cette carte des atterrissements en rive droite au niveau de la confluence du Gers, qui peu à peu s'engravent pour faire partie de la plaine de Boé (lieu dit Lille et Illots).

Les cartes de la fin du milieu du 19^{ième} (Figure 55) présentent le même tracé du lit mineur que le tracé actuel (Figure 56).

D'après la monographie des crues de la Garonne [11], cette faible mobilité résulterait de la forte artificialisation du lit mineur de la Garonne à l'aval de Golfech depuis les années 1830 pour les besoins de la navigation fluviale : le lit mineur a été calibré à une largeur uniforme de 150 m environ, les méandres fixés avec une longueur d'onde supérieure à celle de l'état naturel et les berges consolidées à leur pied entre 1835 et 1840. Baumgarten exécuta le système de défense uniforme sous la forme de digues en pieux, défendues côté fleuve par des enrochements et rattachés à la rive par des épis. Les crues colmataient progressivement les espaces laissés libres entre la rive et la ligne des pieux ; au besoin on facilitait le colmatage par des plantations. Sur les rives concaves, on tapissait les berges de moellons en éboulis. A partir de 1840, le lit mineur de la Garonne était ainsi fixé et même les grandes inondations de 1855 et 1875 ne modifièrent pas ce chenal.

Les enrochements de protection de berge ou de création de chenal de navigation réalisés à la fin du 19^{ième} sont situés, d'après Ginger [6] :

- En rive droite entre le pont de Sauveterre et l'amont de Saint Pierre de Gaubert (en assez bon état),
- En rive gauche, en aval de la RD17 jusqu'à la confluence du Gers (très détériorés et localement décollés de la berge actuelle qui s'est érodée) ;
- En rive droite, face au Gers, à la pointe aval du méandre : blocs de bétons déversés en vracs,
- En rive gauche, de Moirax jusqu'à Bellevue, face à Boé, presque totalement démantelés,
- En rive droite, au niveau de Boé (en assez bon état),
- En rive droite d'Agen en aval de Beauregard (en assez bon état).

Les ouvrages franchissant le lit mineur de la Garonne dans l'Agenais ont également été construits entre 1825 et 1860 :

- Pont de Pierre : 1827, comportant 11 arches (remplacé par un pont en béton en 1970-1971)
- Passerelle : 1839-1841, reposant sur 2 piles dont une en lit mineur (aménagements en 1969, 1981 et 2003)
- Pont canal : 1839-1847, comportant 23 arches de 20 m de large
- Barrage de Beauregard : 1846-1849

- Pont suspendu de Layrac : 1847
- Pont de Saint Pierre de Gaubert : vers 1860, comportant 8 piles en lit mineur,
- Pont suspendu de Sauveterre Saint Denis : 1849

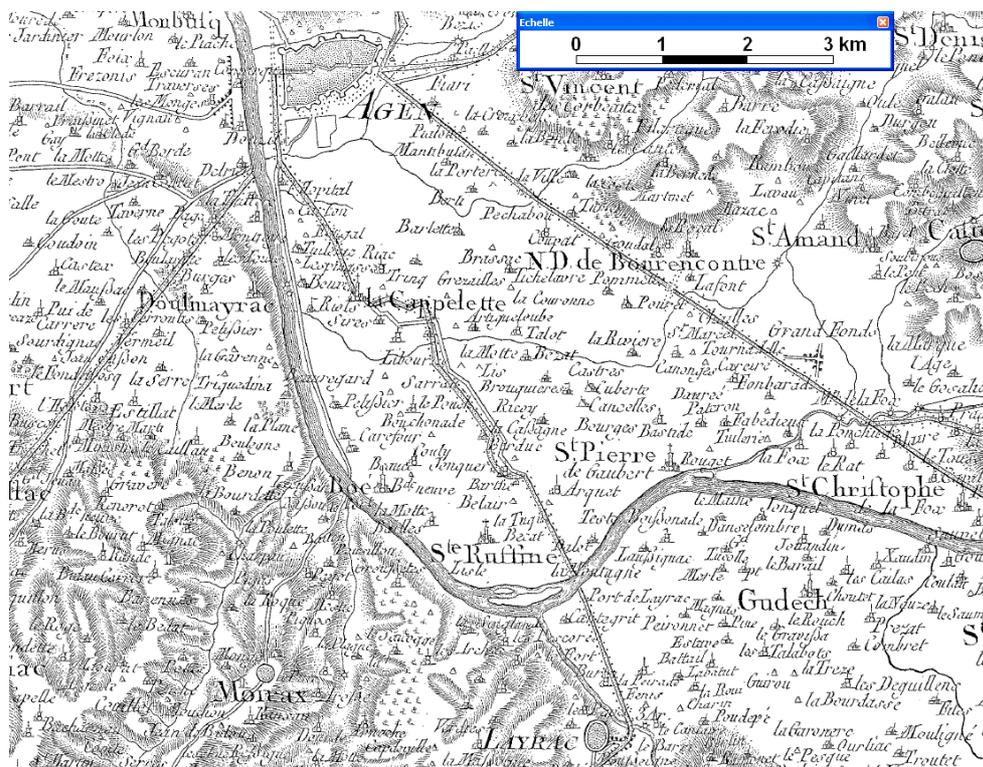


Figure 54 : Carte de Cassini – Agen (18^{ème} siècle)

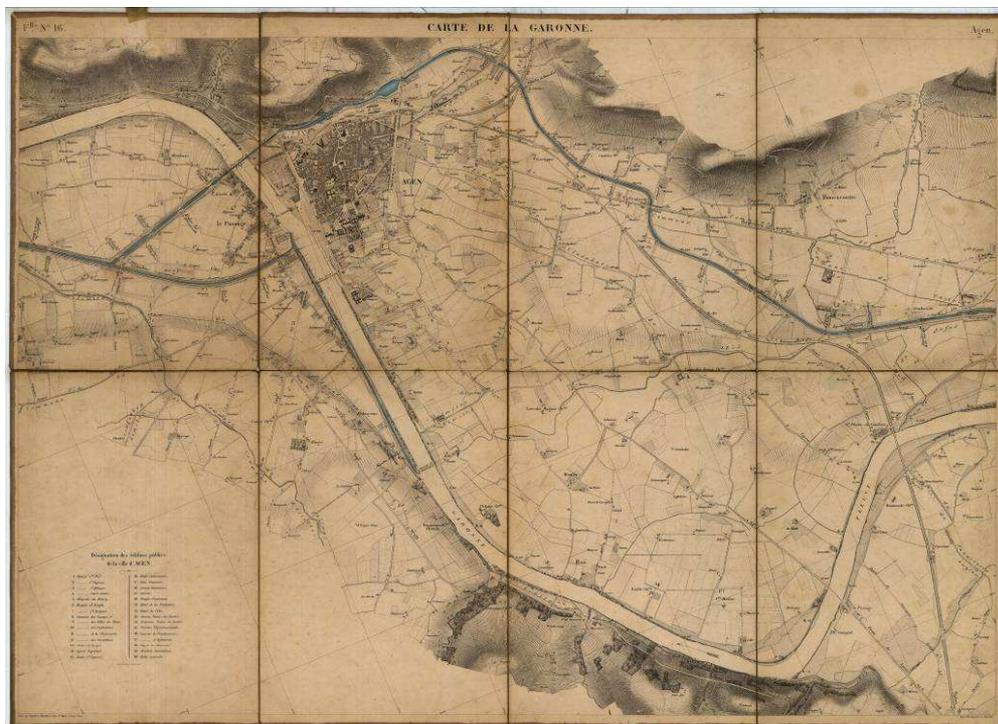


Figure 55 : Carte 1860 (source : VNF)



Figure 56 : Orthophotographie 2005 (source CAA)

Evolution récente du lit mineur

L'évolution récente du lit mineur depuis 1950 est liée principalement :

- à l'extraction de granulat en lit mineur,
- aux travaux de protection contre les inondations de l'agglomération d'Agen (et notamment au recalibrage de la Garonne)

Extraction de granulat en lit mineur

L'extraction de granulats en lit mineur a eu lieu principalement sur la période 1960 à 1983. Le volume total extrait sur l'ensemble du lit de la Garonne est estimé à 25 millions de mètres cubes [11].

Si les extractions de granulats en lit mineur étaient une pratique courante jusqu'à la fin des années 1970 pour leurs effets présumés de réduction des inondations, une politique de limitation des extractions a été mise en œuvre à partir de 1979 afin de respecter les équilibres de transports solides et de limiter les enfoncements du lit mineur.

Le Tableau 16 présente l'évolution du nombre d'exploitants et de la quantités des matériaux prélevés en lit mineur de la Garonne sur sa traversée du Lot-et-Garonne, au cours de la période 1979-1987. On observe sur cette période un diminution du nombre d'exploitant et de la quantité de matériaux prélevés d'un facteur 2,5.

Le volume total de matériaux alluvionnaires existants dans le lit mineur de la Garonne en Lot-et-Garonne et le volume potentiellement exploitable (compte tenu des contraintes réglementaires, morphodynamiques, piscicoles, hydrobiologiques et liées aux usages) sont estimés respectivement à 20 600 000 m³ et 8 880 000 m³ en juin 1983.

Année	Nombre d'exploitants autorisés	Longueurs cumulées des sections de cours d'eau autorisées pour les exploitations (depuis les rives droite et gauche)	Quantités de matériaux prélevés en lit mineur
1979	25	162.100 km	1 200 000 tonnes
1982	17	42.630 km	891 000 tonnes
1983	16	40 km	700 000 tonnes
1984	11		540 000 tonnes
1985	10		540 000 tonnes
1986	10		540 000 tonnes
1987	9		470 000 tonnes

Tableau 16 : Quantités de matériaux prélevés dans le lit mineur de la Garonne dans sa traversée du département 47 entre 1979 et 1987. Source : Rapport de présentation des extractions, DDE, juin 1983 [4]

Le Tableau 17 recense les volumes totaux et susceptibles d'être exploités dans la zone comprise entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le Pont-canal d'Agen.

Désignation des tronçons du cours d'eau	Volume total de matériaux évalué dans le lit mineur en m ³	Volume de matériaux susceptibles d'être extraits du lit mineur en m ³
Du pont de Saint Pierre de Gaubert (PK 9.850) au pont de la RD17 (PK 11.520)	90 000	0
Du pont de la RD17 (PK 11.520) au PK 12.250	75 000	0
Du PK 12.250 au PK 13.470 au niveau de la confluence avec le Gers (confluence au PK 12.55)	180 000	140 000 dont 65 000 sur l'atterrissement en rive droite du PK12.250 au PK 12.600 avec un renouvellement moyen
Du PK 13.470 au PK 14.000	70 000	45 000
Du PK 14.000 au PK 16.380	280 000	35 000
Du PK 16.380 au seuil de Beauregard (PK 16.875)	45 000	0
Du seuil de Beauregard (PK 16.875) au pont de Pierre (PK 19.050)	40 000	0
Du pont de Pierre (PK 19.050) au pont canal d'Agen (PK 20.450)	220 000 renouvellement moyen entre les PK 19 et 19.5	0
Total	1 000 000	220 000

Tableau 17 : Evaluation des ressources en matériaux alluvionnaires existants dans le lit mineur de la Garonne entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le Pont Canal à partir de la carte des ressources exploitables réalisée par la Cellule Eau de la DDE en juin 1983 [4]

Le *Tableau 17* indique que, dans le secteur étudié, les zones propices aux extractions en 1983 se situaient de la confluence du Gers avec la Garonne jusqu'à l'amont du seuil de Beaugard.

Les localisations des extractions de granulats en lit mineur, les entreprises exploitantes et les durées d'exploitation étaient, sur la base de documents de 1980 et 1983 [4] :

- l'entreprise Roussille extrayait du PK 9.95 à 10.1 de 1978 à 1980 puis au PK 11.2, l'arrêté préfectoral du 24/10/1978 reconduisant les extractions pour 5 ans depuis le 1/1/1978,
- l'entreprise Tovo extrayait du PK 11 à 11.22 et du PK 12.60 à 13.5 de 1980 à 1982 puis du PK 12.25 à 12.60 suite à l'arrêté préfectoral du 12/12/1980 pour une durée de 5 ans. Le volume prélevés est de 25 000 m³ en 1982,
- l'entreprise Serres du PK 14 à 16.85 suite à l'arrêté préfectoral du 03/07/1979 pour une durée de 2 ans, puis du PK 13.47 à 14 pour un volume de 45 000 m³ en 1982 (depuis les deux rives) et du PK 14 à 16.38 suite à l'arrêté préfectoral du 23/07/1982 pour une durée de un an et volume extrait de 50 000 m³ en 1982 (depuis les deux rives).

Du seuil de Beaugard au pont canal d'Agen (PK 20.45), bien que des matériaux soient mobilisables, ils ne sont pas susceptibles d'être extraits : en effet, les opérations d'extraction sont interdites depuis 1981 d'une part sur 150 m à l'aval du seuil de Beaugard et d'autre part au niveau de la frayère d'aloses (PK 17.10 à 18.40 et du PK 19.05 à 19.65).

La **cartographie des ressources alluvionnaires** d'après l'étude de la DDE de 1983 [4], la situation des extractions en lit mineur et les PK sont présentées sur la planche PL1-02 en annexe 3. Cette carte met en évidence **l'absence de rupture du transport solide du seuil de Beaugard** : la **passerelle profonde** permet d'assurer la continuité du transport solide, les épaisseurs de sédiments, globalement inférieures à 50 cm, n'étant pas plus importantes à l'amont qu'à l'aval du barrage. Localement en rive gauche à l'amont des passes déversantes du seuil, l'épaisseur de sédiment atteint entre 50 cm et 2 m sur un linéaire de 200 m seulement.

Sur le plan actualisé du 4/3/1988 des dossiers d'extractions de la DDE [4], aucune zone n'est exploitée ou en cours de renouvellement d'autorisation entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le pont-canal d'Agen. C'est donc à partir de la fin des années 80 que les extractions ont cessé.

Réglementairement, les extractions de matériaux dans la Garonne ont pris fin le 1^{er} janvier 1990 suite à l'arrêté préfectoral du 19 juillet 1989 suspendant les extractions dans le lit des cours d'eau de la Garonne et du Lot dans le département du Lot-et-Garonne⁶.

L'étude sur l'extraction des matériaux dans la vallée de la Garonne menée en 1983 par la DDE, sur le secteur entre le pont SNCF de Saint Pierre de Gaubert et le pont canal d'Agen précise les points suivants :

- le lit s'écoulait déjà majoritairement sur son substratum marneux,
- bien que les zones de dépôts sédimentaires identifiées du pont de Saint Pierre de Gaubert au pont canal d'Agen représentaient 1 000 000 m³ de matériaux dont 220 000 m³ exploitables, le gisement alluvial était faible puisqu'il correspondait à 4,8% des matériaux disponibles dans le Lot-et-Garonne et 2,5% des matériaux potentiellement exploitables alors que la zone d'étude s'étend sur 8,3% du linéaire de la Garonne dans ce département.

⁶ A l'exception de l'entreprise REDLAND d'Aiguillon qui a pu poursuivre les extractions dans les lits mineurs de la Garonne et du Lot jusqu'au 1^{er} janvier 1992, compte tenu de l'absence de solutions alternatives pour son approvisionnement.

- l’approvisionnement en matériaux volumineux est quasiment nul et ne se fait qu’assez faiblement par apports à partir du remaniement des terrasses latérales au moment des crues : l’alimentation à partir des massifs montagneux est réduite du fait des nombreux ouvrages hydrauliques barrant le fleuve et ses affluents (notamment le barrage de Golfech depuis 1971).
- la capacité annuelle de transport de graviers par la Garonne étant de l’ordre de 100 000 m³ et les volumes d’extractions annuels autorisés de 335 000 m³, un épuisement du gisement alluvial a lieu.

Les extractions ont donc entraîné un approfondissement du lit et l’épuisement progressif d’un gisement résultant de dépôts fluvo-glaciaires que ne renouvellent pas (ou plus depuis la construction du barrage de Golfech en 1971) les apports solides de crue, essentiellement constitués de limons fins.

Même si avant 1960, les marnes affleuraient déjà, formant une successions de seuils et de mouille, les extractions a accéléré le processus d’érosion régressive, de sorte que les marnes apparaissent sur de nombreux secteurs de manière continue, avec des surcreusements du lit dans le substratum. Un enfoncement du lit aurait atteint entre 80 cm et 1 m en moyenne entre 1930 et 1987 sur le bief en amont du seuil de Beauregard jusqu’à Saint Nicolas de Balermes et 80 cm à la traversée d’Agen [8].

L’arrêt d’extraction des granulats aurait entraîné une légère augmentation du fond du lit mineur en amont du barrage de Beauregard, provenant de dépôts de matériaux fins remobilisés lors des crues ([1], [6]).

Travaux de protection contre les inondations et autres aménagements récents du lit mineurs

Les travaux de protection contre les inondations réalisés depuis les années 70 ayant un impact direct sur le lit mineur sont, d’après la DDE :

- la réfection du pont de Pierre (1970-1971), le pont actuel comportant 4 piles dont 3 en lit mineur, les piles sont ancrées profondément dans les marnes,
- **le calibrage de la Garonne à 205 m au droit d’Agen et de Le Passage, à l’aval du pont de Pierre (1969-1972),**
- **le recalibrage** et réalisation d’une digue à l’amont du Pont de Pierre à Le Passage d’Agen **(1994-1995)**. Le recalibrage a été réalisé en rive gauche **entre le barrage de Beauregard et le Pont de Pierre**, soit sur un linéaire de 1,8 km. Les matériaux extraits (250 000 m³) afin d’élargir le lit de la Garonne d’environ 25 mètres ont également permis la construction d’une digue de protection contre les crues centennales. La digue a été réalisée sur 1,5 km de long et 3 m de hauteur en amont du Pont de Pierre, avec en partie haute une chaussée communale rehaussée sur 800 m. L’excédent des matériaux issus du recalibrage a été disposé en aval immédiat du pont.
- l’élargissement et le remplacement de la passerelle : prolongation de la passerelle de 29 m en rive gauche en 1969 suite au recalibrage de la Garonne, et de 23,5 m en 1981 suite à la réalisation de la voie sur berge en rive gauche et remplacement par une passerelle plus moderne en 2003.

Les autres aménagements récents du lit mineur comprennent :

- Construction (vers 1970 ?) du Pont de Beauregard, situé environ 380 m en amont du seuil de Beauregard et comprenant 5 piles dont 3 en lit mineur, ancrées dans les

marnes après décapage de la couche de graves (environ 1 m). L'éventualité de l'arasement du barrage de Beauregard à la cote 36 m NGF a été prise en compte dans la conception des fondations (cotes 25 et 27 m NGF, pour un abaissement du fond du lit au niveau du pont estimé à 1,5 m soit une cote finale d'environ 34 m NGF),

- Réalisation en 1995 d'une passe à poissons en rive gauche du seuil de Beauregard et protection de berges en 1998 de l'anse d'érosion en rive droite à l'aval de la passe profonde.

Synthèse sur l'évolution récente du lit mineur

D'après l'étude BCEOM [1] :

- L'exploitation massive de matériaux du lit mineur jusqu'en 1983, combinée à la construction de retenues sur la Garonne bloquant le transit alluvionnaire (notamment la construction de Golfech en 1971) a sûrement entraîné un abaissement du lit du fleuve, se traduisant physiquement par la disparition de la couche alluvionnaire et l'attaque du substratum marneux,
- Les recalibrages et les endiguements au droit d'Agen ont provoqué une baisse des fonds à l'aval du seuil.

Le recalibrage du lit mineur entre le barrage de Beauregard et le pont canal a provoqué un détarage de la station d'annonce des crues d'Agen d'après une note du CETE Sud Ouest [12]. La décote de la crue de février 2003, dont le débit est estimé à 4700 m³/s (crue décennale) est de l'ordre de 1 m par rapport à la situation avant le début des aménagements. La ligne d'eau pour un débit de 200 m³/s est abaissée d'environ 50 cm suite aux recalibrages (Figure 57).

Fig. 1 - Evolution des courbes de tarage à la station d'annonce des crues d'Agen
(a) : avant 1969-1972 - (b) : période 1974-1988 - (c) : période 1992-1999

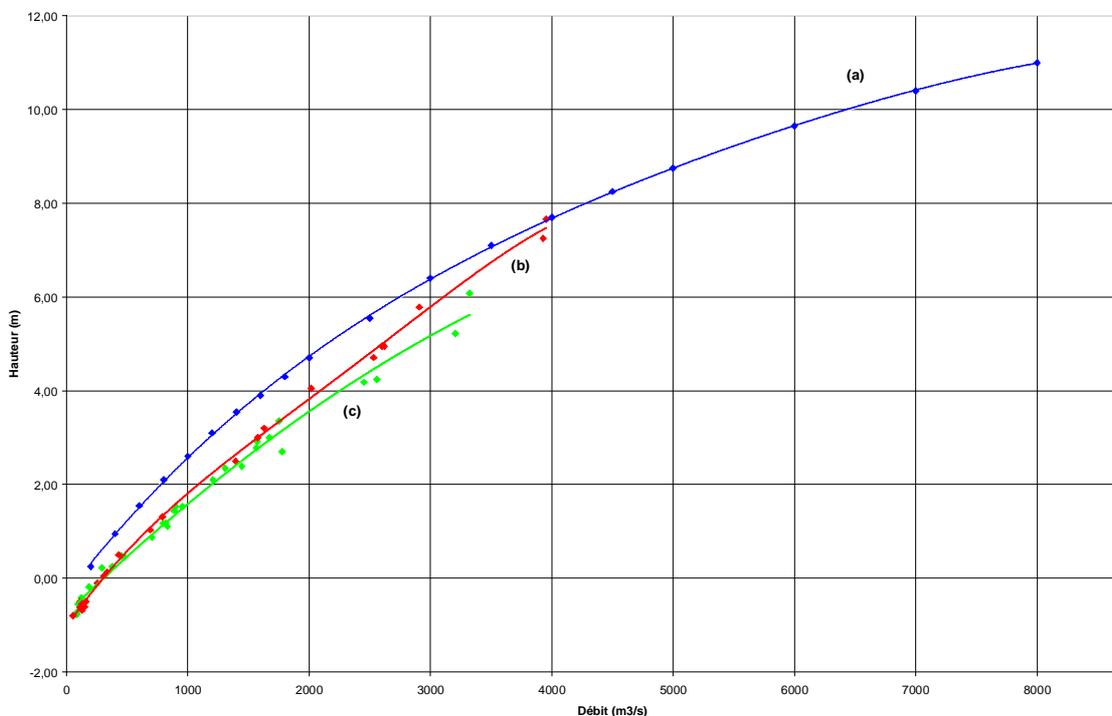


Figure 57 : Evolution de la courbe de tarage à la station d'annonce des crues sur la période 1969-1999 [12]

La Figure 58 présente l'évolution du profil en long de la Garonne entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le Pont Canal en comparant les données suivantes :

- Niveaux moyens du fond du lit au niveau des ouvrages en 1920, 1987 d'après la monographie des crues de la Garonne [11],
- Niveau moyen du fond du lit en 1987 d'après traitement de photographies aériennes et estimation de la hauteur d'eau moyenne pour les conditions hydrologiques [11],
- Bathymétrie réalisée en 1983 pour l'APS de protection contre les inondations [10],
- Bathymétrie réalisée en 2002 pour l'étude Ginger [6]

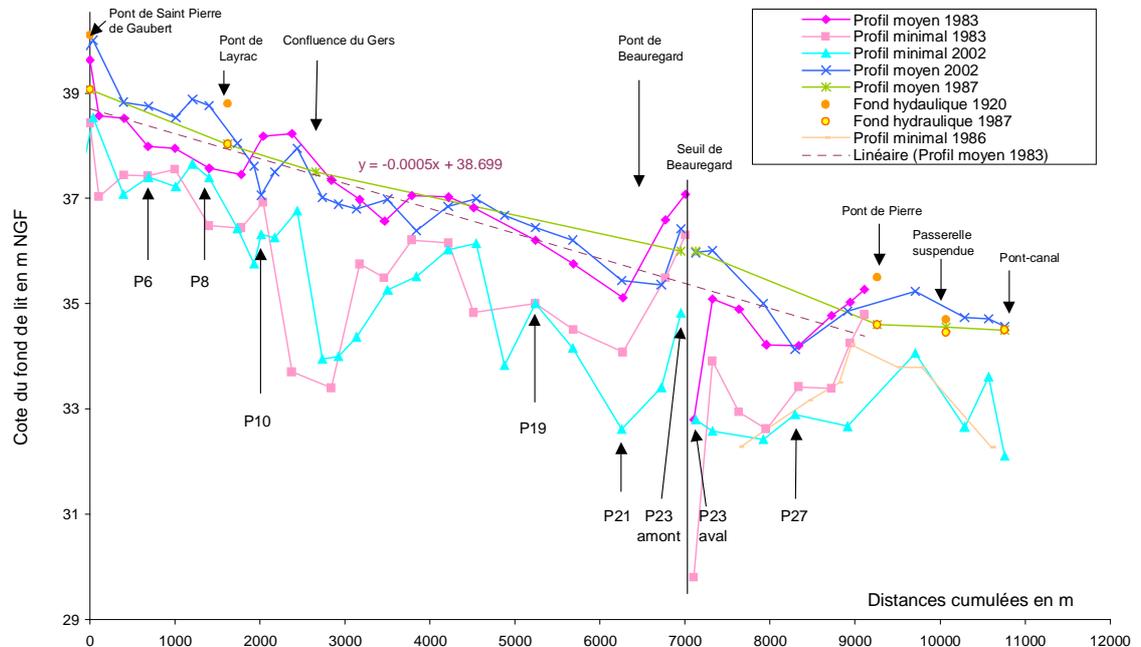


Figure 58 : Evolution du profil en long du lit mineur entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le Pont Canal

La planche PL1-03 en annexe 3 présente la localisation des **profils en travers de 1983 et de 2002** ainsi que les atterrissements identifiés à partir de la photographie aérienne de 2001.

Entre 1920 et 1987, le niveau moyen du fond du lit, au niveau des ouvrages d'art a baissé de près d'un mètre, sauf au droit du pont-canal qui se trouve sur un seuil molassique.

Entre 1983 et 2002, le fond du lit est resté globalement stable car il est repose pour l'essentiel sur le toit des marnes résistantes, néanmoins nous remarquons les évolutions suivantes :

- Entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et jusqu'au pont de Layrac (RD17), on note un exhaussement du niveau moyen du fond du lit, avec notamment la formation d'un atterrissement en rive droite à l'aval de Saint Pierre de Gaubert et un exhaussement général du fond du lit à l'amont du pont de la RD17 (Figure 59), qui pourrait être expliqué par un changement de la dynamique fluviale résultant notamment de l'arrêt de deux sites d'exploitation de granulats en lit mineur à ces niveaux.

Le tracé en plan du talweg sur ce tronçon semble fluctuant.

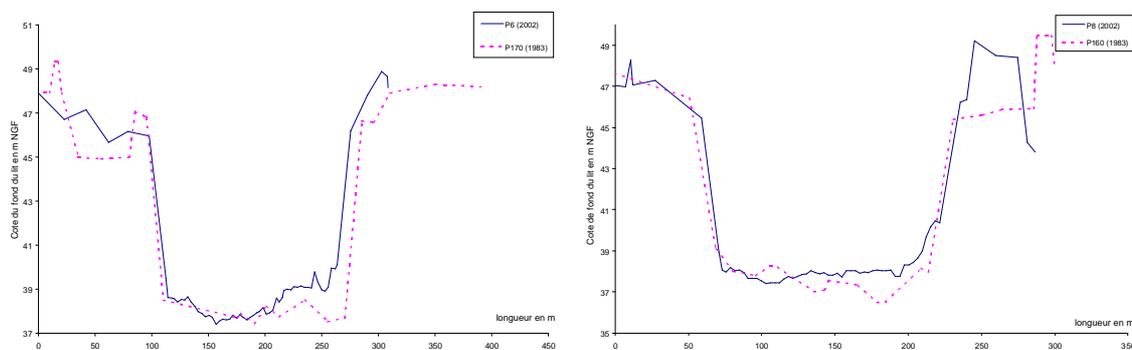


Figure 59 : évolution bathymétrique entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le pont de la RD17, entre 1983 et 2002 (à gauche : profil P6, à droite profil P8)

- Entre le pont de la RD17 et la confluence du Gers, on note au niveau du profil P10 un abaissement localisé du fond du lit (Figure 60). Son explication est malaisée puisqu'on s'attendrait au contraire à un exhaussement du fond compte tenu de l'existence à ce niveau d'un ancien site d'extraction.

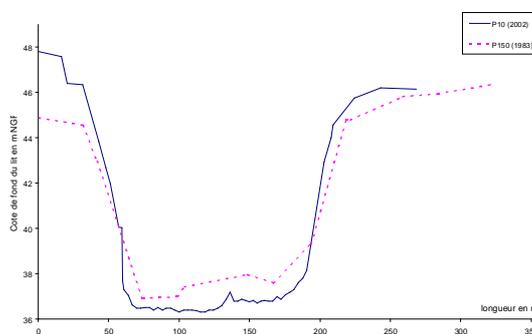
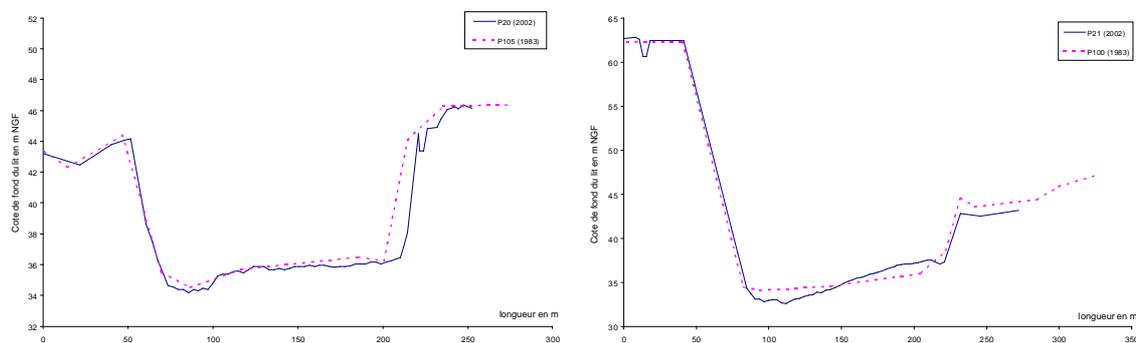


Figure 60 : Abaissement localisé du lit au niveau du profil P10

- En aval de la confluence du Gers, on remarque une baisse du niveau moyen du lit et a contrario un exhaussement du fond du lit, probablement dû à une reprise partielle de l'atterrissement sur l'intrados (rive droite). On note également le développement d'atterrissement en aval rive gauche et le recentrage du talweg. Le fond du lit est particulièrement profond à l'aval de la confluence.
- **Sur les deux kilomètres en amont du barrage de Beauregard (de P19 à P23), on note un abaissement du niveau minimal du fond du lit, compris entre 40 cm et 1,4 m.**



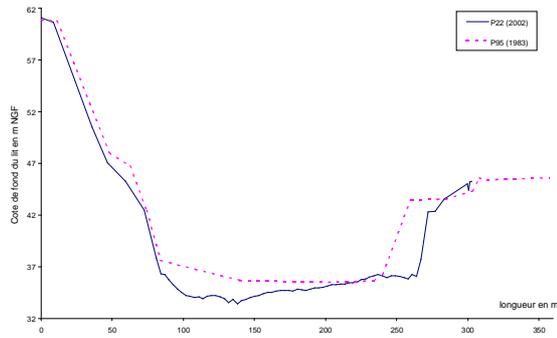


Figure 61 : Enfoncement du fond du lit sur les 2 km en amont du seuil de Beauregard entre 1983 et 2002 : profils P20, P21 et P22

Cette analyse est confortée par la **comparaison de la bathymétrie disponible immédiatement à l’amont du seuil**, réalisée en **1985** dans le cadre du projet hydroélectrique SITHE [7] puis en **2008** dans le cadre de la présente étude (Figure 62) :

- au niveau de la position de la brèche secondaire (palplanches pliées), le fond du lit était en 1985, à des cotes comprises entre 36.4 et 36.7 m NGF alors qu’il se situe actuellement entre 36 et 36.5 m NGF, soit un abaissement moyen d’une soixantaine de centimètres et plus prononcé,
- à l’amont de la passe profonde et de la brèche principale, on observe entre 1985 et 2008 un creusement d’environ 1.5 m (passage de la cote 36 m NGF à 34.5 m NGF). La cote remonte à l’approche du seuil à des valeurs proches de 35 m NGF (seuil naturel marneux),
- Un abaissement d’environ 30 cm du fond du lit en rive gauche, pouvant être lié à la création de la passe à poissons en 1994.

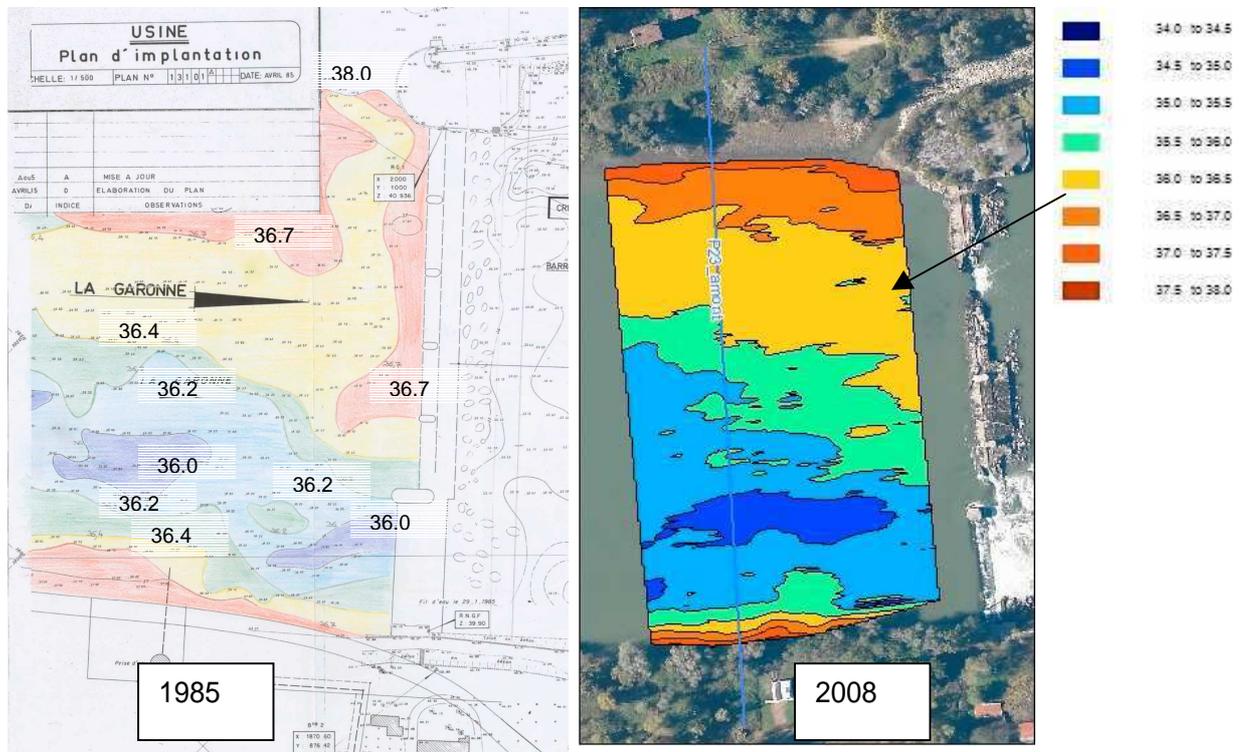


Figure 62 : Comparaison de la bathymétrie à l’amont du seuil de Beauregard entre 1985 [7] et 2008

Le profil P23amont de 2002 et le profil situé au même niveau en 2008 étant comparable (voir Figure 70 page 83), l'abaissement du fond du lit à l'amont du seuil a eu lieu principalement entre 1985 et 2002.

- **En aval du seuil et jusqu'au profil P27, on note un approfondissement du fond du lit** compris entre 20 cm et 1,3 m mais a contrario l'augmentation du niveau moyen du lit. La **brèche dans le canalet en 1994 a contribué au transports de sédiments ayant formé des atterrissements sur la partie gauche du lit mineur** contribuant à remonter le niveau moyen du lit.

Immédiatement à l'aval du seuil de Beauregard, l'évolution morphologique comprend la création d'une passe à poisson en rive gauche suite à la formation d'une brèche dans la digue séparant le canalet de la Garonne, et le **développement d'une anse d'érosion en rive droite à l'aval de la passe profonde.**

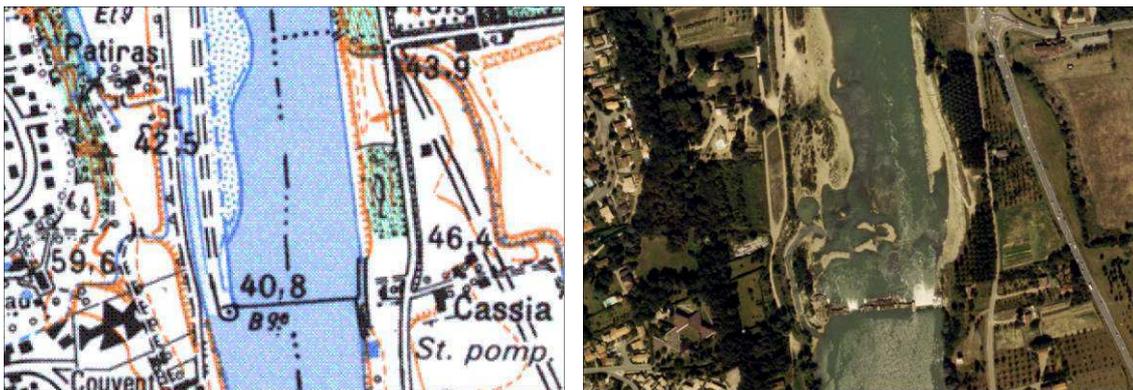


Figure 63 : Evolution à l'aval du barrage de Beauregard entre 1980 et 2001

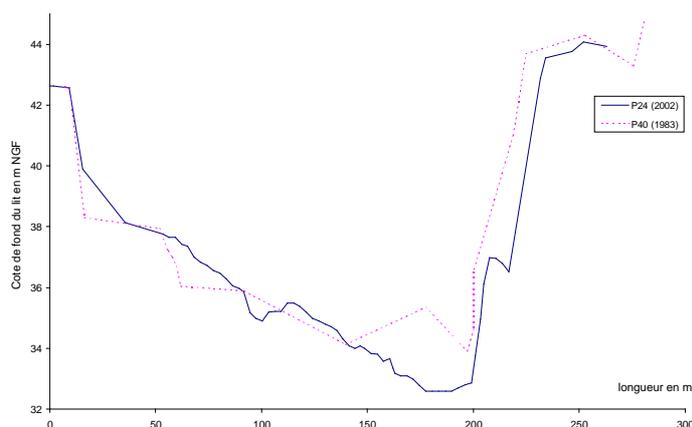


Figure 64 : En aval du seuil de Beauregard (P24) : baisse du fond du lit et développement d'atterrissement en partie gauche du lit mineur

Le lit de la Garonne s'est donc fortement incisé à l'aval du seuil de Beauregard et jusqu'au profil P27, d'environ 1 m entre 1920 et 1987 et de 20 cm à 1,3 m entre 1983 et 2002 : il en résulte une chute hydraulique plus importante actuellement au niveau du seuil que par le passé, et notamment à l'étiage.

- **En aval de P27 et jusqu'à la Passerelle, le fond du lit a également baissé (niveau moyen et talweg) à cause de la seconde phase des recalibrages.**
- Entre la Passerelle et le Pont Canal, la cote du fond du lit semble avoir peu évolué. La Garonne serait à ce niveau sur des marnes très compactes.

5.3.2 Evolution récente (depuis 2001-2002) et diagnostic de l'état actuel

Diagnostic morphodynamique général

Caractérisation de la granulométrie des sédiments

Une analyse granulométrique des sédiments a été réalisée au niveau de la prise d'eau de Lacapelette, environ 80 m en amont du barrage de Beauregard (voir planche PL1-05 en annexe 5). Elle fournit les valeurs suivantes (Figure 65) :

- $d_{10} = 1,5 \text{ mm}$,
- $d_{30} = 9 \text{ mm}$
- $d_{50} = 20 \text{ mm}$
- $d_{75} = 30 \text{ mm}$
- $d_{80} = 40 \text{ mm}$
- $d_{90} = 50 \text{ mm}$

Les sédiments sont à **granulométrie étalée** d'après le critère de Hazen ($\frac{d_{60}}{d_{10}} = 14,7 > 3$).

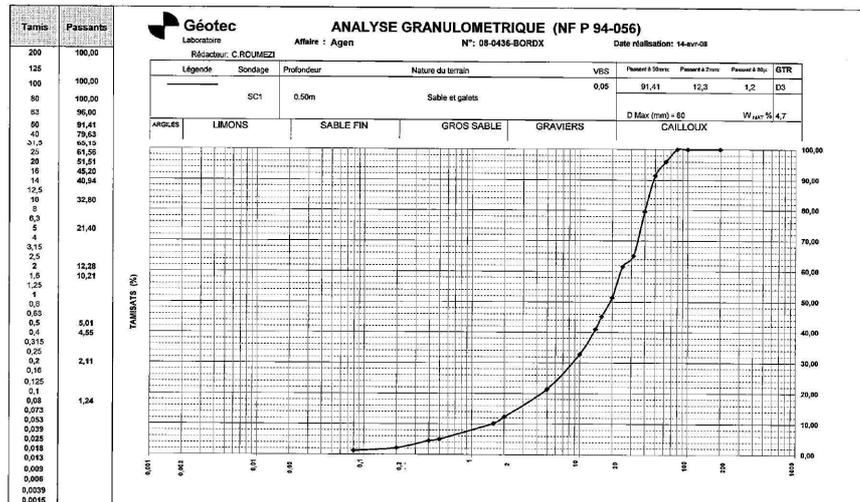


Figure 65 : Courbe granulométrique au sondage SC1 Source : Géotec

Forces tractrices

Les forces tractrices $\tau = \rho g R_h I$ (N/m²) caractérisant les possibilités de mise en mouvement des sédiments sont calculées sur le linéaire d'étude pour les différentes configurations du seuil et pour les débits :

- Q= 290 m³/s, débit médian
- Q= 1 200 m³/s, débit correspondant au double du débit mensuel maximal (transition régime noyé/dénoué de l'écoulement sur le seuil)
- Q= 2 800 m³/s, crue annuelle de plein bord.

Les forces tractrices critiques, avant la mise en mouvement des matériaux, sont présentées dans le Tableau 18 pour des matériaux sur le fond et sur les berges.



Matériau	Force tractrice critique avant arrachement (N/m ²) sur le fond du lit	Force tractrice critique avant arrachement (N/m ²) sur berge (hypothèse : fruit de 3H/1V)	Force tractrice critique avant arrachement (N/m ²) sur berge (hypothèse : fruit de 1.5H/1V)
Sable fin (<0,2 mm)	2	1.5 à 1.7 (pour un angle de frottement ϕ compris entre 30° et 38°)	0.2 à 1.5 (30° < ϕ < 38°)
Petit gravier (<2 cm)	12	9.3 à 10.3 (30° < ϕ < 38°)	1.2 à 9.2 (30° < ϕ < 38°)
Gravier moyen (≈3 cm)	23	20 (ϕ =35°)	10 (ϕ =35°)
Gravier grossier (≈4 cm)	30	25 (ϕ =35°)	12.8 (ϕ =35°)
Petits galets (5-6 cm)	40-60	34.8-52.2 (ϕ =40°)	11.6-17.3 (ϕ =40°)
Enrochements	200-300	174.1-261.2 (ϕ =40°)	57.8-86.7 (ϕ =40°)

Tableau 18 : Contraintes limites admissibles de quelques matériaux. Sources : guide des techniques de Génie Végétal et guide du logiciel MACRA de Maccaferri.

La Figure 66 présente les profils en long des forces tractrices pour le débit médian (Q= 290 m³/s).

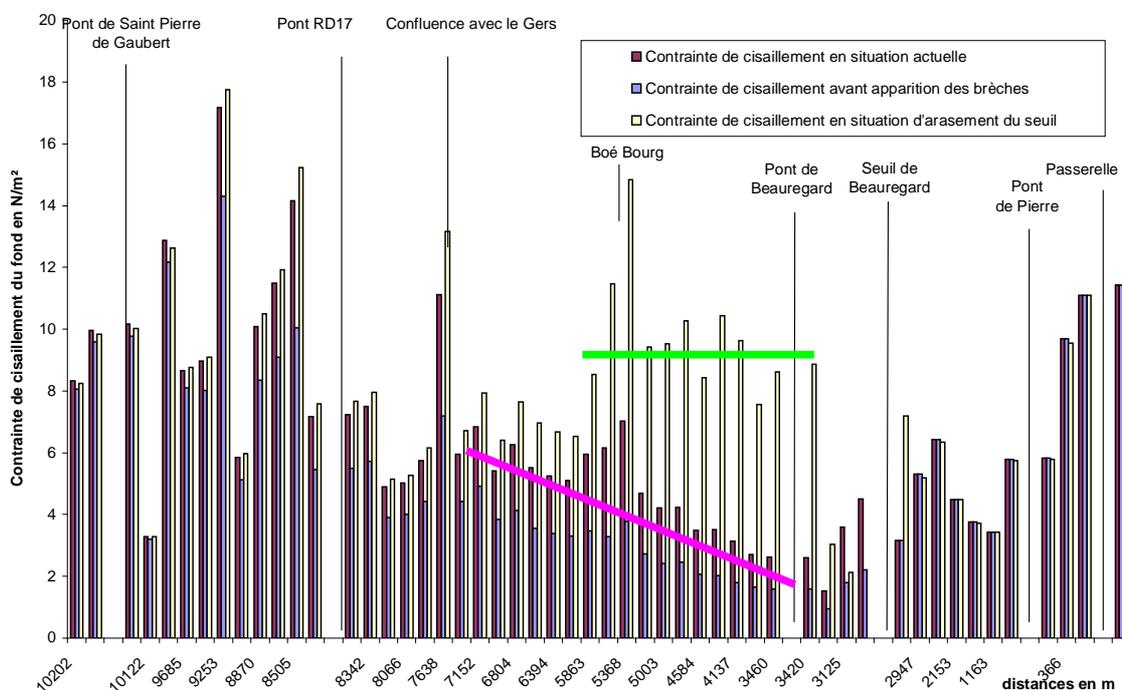


Figure 66 : Forces tractrices pour le débit médian Q= 290 m³/s

Les **forces tractrices** sont faibles, globalement **inférieures à 10 N/m²**, susceptibles de mettre en mouvement les **sables et petits graviers** sur le fond du lit. On note



ponctuellement entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le pont de la RD17 ou à l'aval du Pont de Pierre des valeurs de forces tractrices atteignant 18 N/m².

L'impact hydraulique du seuil remonte, pour le débit médian, jusqu'au pont de la RD17 (voir paragraphe 5.2). Les forces tractrices diminuent globalement d'une valeur d'environ 8 N/m² au niveau de la confluence du Gers à 2 à 3 N/m² au niveau du pont de Beauregard. Depuis la formation des brèches, les forces tractrices augmentent à nouveau entre le pont de Beauregard et le seuil (5 N/m²)

On note que l'hypothèse de l'arasement du seuil induit une augmentation des forces tractrices à des valeurs d'environ 10 N/m² (et localement 15 N/m²) sur les 2 km en amont du seuil (jusqu'au niveau de Boé bourg).

La Figure 67 présente les forces tractrices pour le **débit de crue de Q= 1 200 m³/s** (correspondant au double du débit mensuel maximal).

Les **forces tractrices** sont plus uniformes, globalement **comprises entre 10 N/m² et 20 N/m²** sur le linéaire. Les **sables et petits graviers** sont susceptibles d'être mis en mouvement sur le fond du lit et les **graviers et petits galets** sur les berges abruptes.

Dans la situation avant la formation des brèches, le seuil de Beauregard provoquait une diminution des forces tractrices de la valeur de 17 N/m² au niveau de la confluence avec le Gers à 10 N/m² au niveau du seuil. A contrario, les forces tractrices atteindraient sans le seuil la valeur de 20 N/m² entre Boé bourg et le pont de Beauregard.

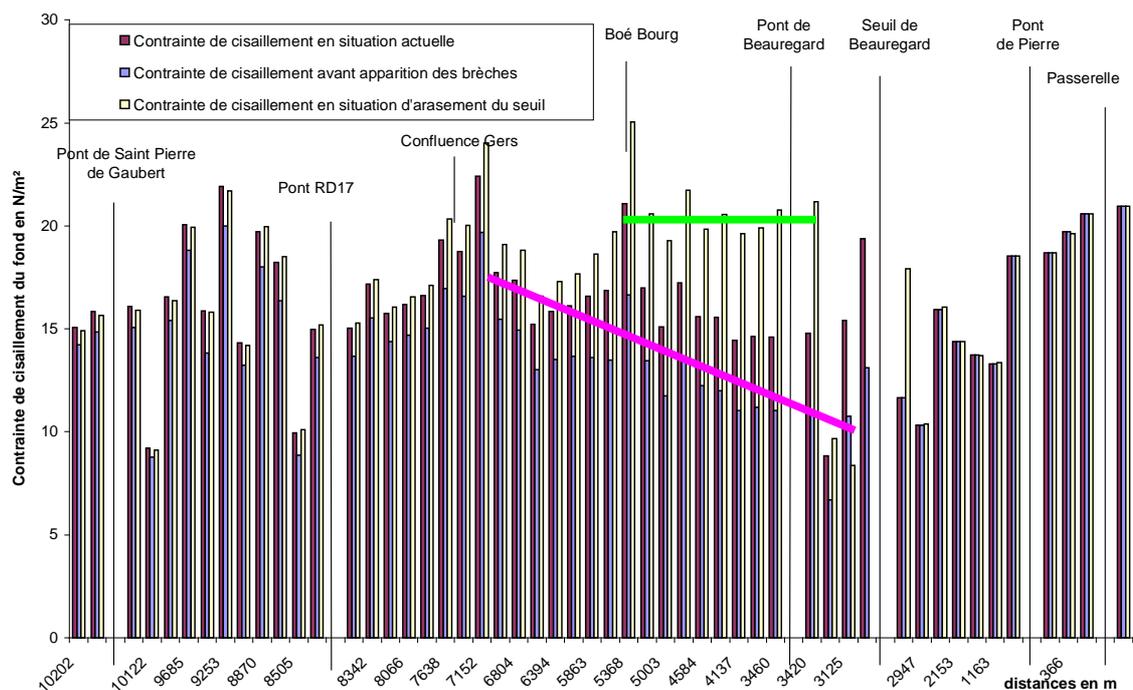


Figure 67 : Forces tractrices pour un débit de 1200 m³/s

La Figure 68 présente les **forces tractrices** pour le débit de **crue annuelle 2800 m³/s** (crue de plein bord morphogène). Elles sont de l'ordre de **25 à 30 N/m²** sur le linéaire d'étude : l'écoulement est susceptible de mettre en mouvement des **graviers grossiers**, ainsi que les **petits galets** sur les berges abruptes. L'influence du seuil devient peu significative.

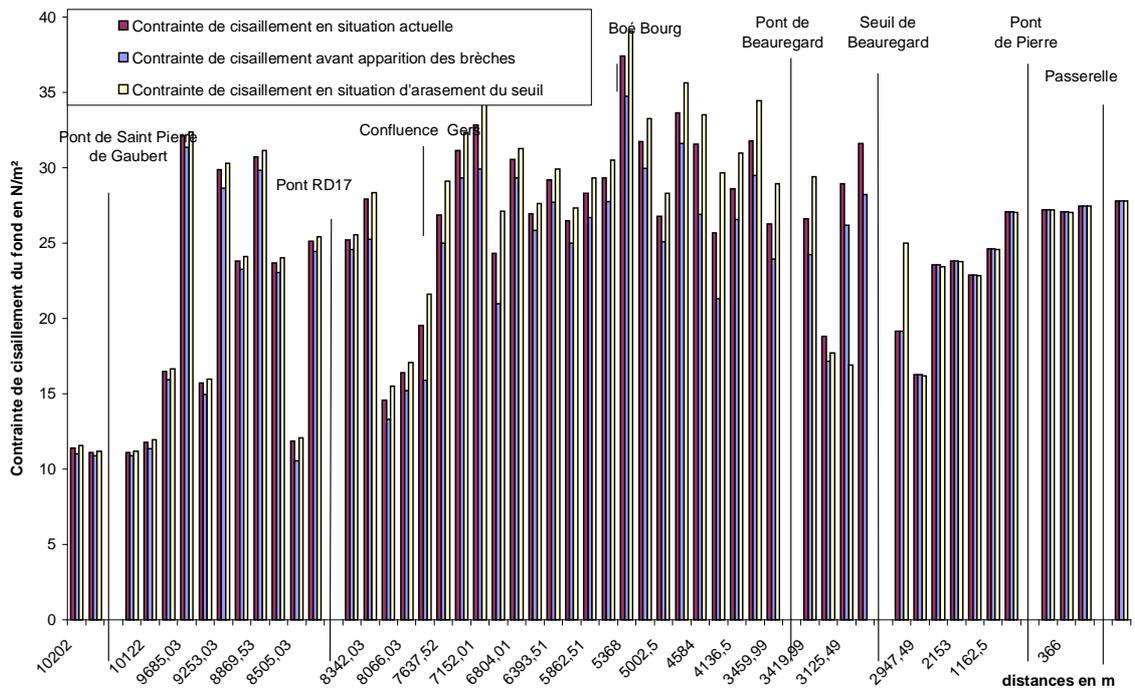


Figure 68 : Forces tractrices pour un débit de 2800 m³/s

Les forces tractrices baissent ou n’augmentent plus significativement selon les secteurs pour les débits supérieurs à la crue annuelle, comme le montre la Figure 69 (valeurs pour le débit de crue décennale Q= 4 700 m³/s).

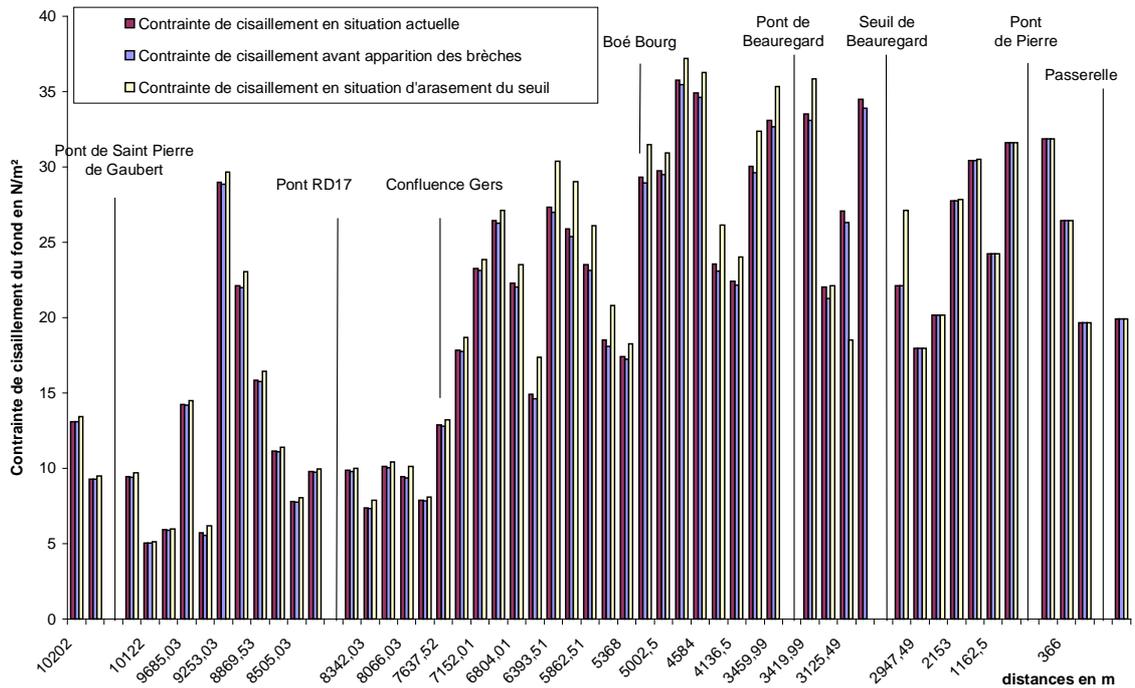


Figure 69 : Forces tractrices pour un débit de 4 700 m³/s

La mise en mouvement des sédiments a lieu à partir de valeurs de forces tractrices de l’ordre de 20 à 25 N/m² : elle commence à partir d’un débit de 1200 m³/s et devient significative à partir de la crue annuelle (2800 m³/s).

En revanche, lorsque les forces tractrices deviennent importantes (débits supérieurs ou égaux à 2800 m³/s), l’influence du seuil est faible sur les forces tractrices.



Lit mineur

Le lit mineur est caractérisé par une largeur moyenne de 150 m à 160 m à l'amont du pont de Pierre et de 180 m à 200 m entre le Pont de Pierre et le Pont Canal (mesures réalisées sur les orthophotographies de 2005).

Le fond moyen du lit mineur est caractérisé par une pente moyenne de 0,05% (Figure 58), relativement uniforme entre le Pont de Saint Pierre de Gaubert et le Pont Canal, mais avec des pentes du lit d'étiage plus variables.

D'après L'étude Ginger [6], le fond du lit de la Garonne se caractérise par une alternance de sections à fond « rocheux » et de sections à fonds graveleux jamais très épais.

Une carte morphologique de lit de la Garonne issue de cette étude est présentée en annexe 3. Elle situe en particulier des affleurements de seuils molassiques au niveau de Sauveterre, de Saint-Pierre de Gaubert, du Pont de la RD17, de l'amont de Boé et à l'aval de la passerelle d'Agen [6]. Ils seraient anciens [11] mais l'abaissement du fond du lit suite aux extractions de granulats et aux travaux en rivières auraient accentués ces cassures en marches d'escalier de hauteur 1 m à 1,5 m entre des paliers formant des replats à pente très faible.

Schématiquement, on observe donc, de manière répétitive, la succession :

- d'une descente rapide sur fond rocheux au niveau de chaque marche d'escalier (lit rétréci où affleurent en amont des couches marno-calcaires plus résistantes),
- puis d'un palier présentant une poche de surcreusement (dans des marnes plus tendres) au pied de la descente (lit graveleux), suivie, d'une légère contre-pente amenant à l'extrémité du replat terminal (marqué avec un fort élargissement du lit redevenant rocheux), juste avant que s'amorce la descente suivante vers le palier inférieur.

Le seuil de Beauregard est implanté sur un de ces seuils molassiques.

Les accumulations de graves sous forme de **bancs et atterrissements** sont récurrentes à des endroits bien spécifiques (contre pente de rebord supérieur de palier rocheux) [6]. Elles sont en général peu épaisses (1 m à 1,5 m) ; les matériaux provenant en général d'érosion de berge ou de fond de lit du tronçon placé juste à l'amont. Dans le cas des bancs de graves de la passerelle d'Agen, les matériaux proviennent du tronçon placé à l'aval du barrage de Beauregard. Les apports de graves avaient pour origine les érosions qui s'étaient produites au pied du barrage.

Le lit mineur en amont du barrage de Beauregard présente aussi des dépôts fins de sables et de vases.

La planche PL1-04 en annexe 3 présente l'évolution entre 2001 et 2005 des atterrissements d'après les photographies aériennes. Les photographies aériennes ont été réalisées dans des conditions hydrologiques comparables :

- le 3 septembre 2001 : débit de 127 m³/s,
- le 27 octobre 2005 : débit de 146 m³/s.

Le modèle hydraulique permet d'estimer la différence entre les lignes d'eau lors des deux prises de vue à :

- Ligne d'eau de 2005 située 10 cm au dessus de celle de 2001 en dehors de la zone d'influence du barrage de Beauregard (remontant jusqu'à la confluence du Gers pour ces débits),

- Ligne d'eau de 2001 située au dessus de celle de 2005 à l'amont du barrage de Beauregard, du fait de la formation de la brèche principale. La différence de niveau est évaluée à 90 cm immédiatement à l'amont du barrage.

En dehors du secteur situé immédiatement à l'amont du barrage, la comparaison des surfaces d'atterrissements visibles sur les photographies aériennes permet donc de mettre en évidence une **tendance à la diminution des atterrissements en lit mineur** entre 2001 et 2005 sur l'ensemble du linéaire (planche PL1-04).

La comparaison de la bathymétrie réalisée à l'amont du seuil en 2008 dans le cadre de la présente étude avec les profils de 2002 P23amont (situé 90 m à l'amont du seuil) et P22 (situé 80 m à l'aval du pont de Beauregard est présentée sur la Figure 70 :

- Au niveau de P23amont, on note une bonne stabilité du profil en travers entre 2002 et 2008, malgré le développement de la brèche principale en 2004-2005.
- Au niveau de P22, le lit présente un engravement sur une hauteur d'un mètre environ.

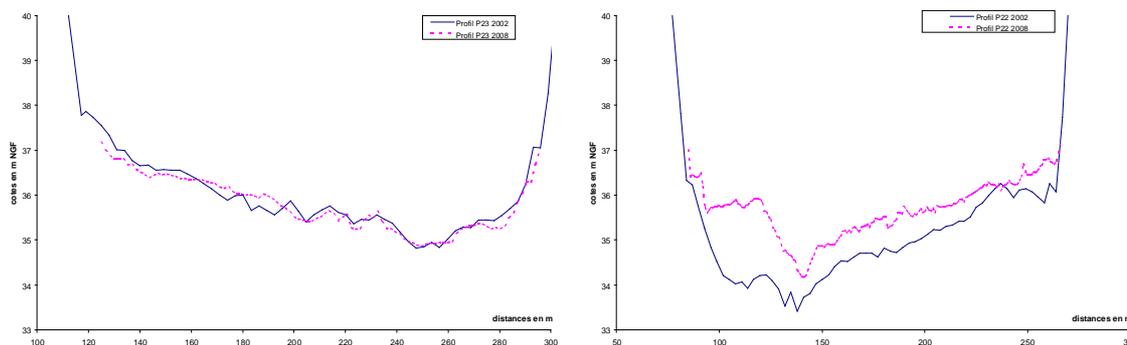


Figure 70 : Evolution bathymétrique en P23amont, 90 m en amont du seuil (à gauche) et en P22, 80 m en aval du pont de Beauregard (à droite)

Berges

En amont du seuil de Beauregard, les berges sont abruptes (fruits moyens de l'ordre de 2H/1V mais fréquemment 1,5H/1V), voire subverticales dans leur partie haute (surplomb de la couche des limons couverte par la ripisylve) avec en pied, des évasements en pentes fortes constitués par les graves reposant sur les marnes. Au niveau du talus de graves poussent exclusivement les peupliers et les saules [6]. Les berges ont une hauteur caractéristique de 6 à 8 m et les profils varient un peu en dépit d'anciens enrochements en pied de berges.

L'évaluation des forces tractrices met en évidence des risques théoriques d'érosion sur les berges abruptes dès le débit médian (290 m³/s) et plus généralement pour les débits de crue.

Les berges sont dans l'ensemble pourtant reconnues comme stables, lorsqu'elles sont anciennes et tenues par la ripisylve [1], [6], [8]. Nous n'avons d'ailleurs pas identifiés de problèmes de stabilité récents, ni par enquêtes auprès des communes, ni lors des visites de terrain.

Les problèmes d'érosion et de stabilité de berges sont ponctuels d'après l'étude Ginger [6] :

- derrière d'anciennes protections de pied de berge,
- érosions post-crués à Boé,
- falaises de Layrac et érosions au niveau du lotissement de Bellevue à Le Passage,
- confluence du Gers,
- Saint Pierre de Gaubert.

Suivant la hauteur des strates et des berges, ce sont les alternances entre les niveaux d'eau ordinaires ou exceptionnels du fleuve qui entretiennent ou provoquent l'état d'érosion des berges (selon que les niveaux d'eau atteignent plus ou moins fréquemment la couche de graves, qui est l'interface la plus fragile entre les limons de surface et le toit des marnes).

Les instabilités locales, actives ou potentielles, sont liées à des dynamiques particulières du lit (Saint-Pierre de Gaubert, confluence du Gers, Boé) ou bien à des situations conjoncturelles quand le pied de grands versants boisés sont directement affouillés par le cours d'eau (falaises de Layrac).

D'après l'étude BCEOM, les érosions causées par la Garonne en rive gauche engendreraient des éboulements de berge et des glissements de terrain mettant en danger certaines maisons du lotissement Bellevue (5 maisons entre 1981 et 1996). Ce phénomène ne serait cependant pas nouveau [1].

En cas d'arasement du seuil de Beauregard, et compte tenu de l'augmentation des forces tractrices sensible **jusqu'au niveau de Boé bourg** pour la gamme de débits 300 m³/s – 1200 m³/s (Figure 66 et Figure 67) et susceptible de conduire à une érosion de berge, **des enrochements de protection de berge**, ou a minima un suivi de l'évolution des berges, **devront être prévus au niveau des enjeux** et notamment au droit du **lotissement de Bellevue**.

En aval du seuil de Beauregard, et jusqu'au pont canal, les berges sont abruptes, fortement anthropisées, en partie figées par des protection en enrochements, des voies sur berges et des ouvrages de protection contre les inondations.

La stabilité des berges semble acquise, malgré les endiguements ; l'aval immédiat du seuil de Beauregard restant sensible [8].

Stabilité des fondations des ouvrages en rivière

1. Amont barrage de Beauregard

- Le Pont de Beauregard aurait des fondations profondes ancrées dans les marnes jusqu'aux cotes 25 et 27 m NGF, d'après Ginger [6] ; l'hypothèse de la disparition du seuil de Beauregard avait été intégré dans la conception de l'ouvrage : l'abaissement possible du fond du lit au niveau du pont avait été estimé à 1,5 m pour un niveau d'étiage en 2002 d'environ 35,5 m NGF.
- Le Pont de Layrac (RD17) : les plans du pont de 1961 indiquent des fondations aux cotes 36.5 m, 33.9 m, 35.4 m et 35.5 m pour les quatre piles de la rive gauche à la rive droite. L'étude Sogréah de 1983 [10] indique l'absence d'impact sur cet ouvrage des projets de recalibrage pouvant entraîner une baisse du fond du lit. Une inspection visuelle a eu lieu en 1999 et ne rapporte pas des problèmes d'affouillement des piles. Cependant, la comparaison des niveau d'appui des semelles avec les profils de 2002 montre que les profondeurs de fondation des piles sont, de la rive gauche à la rive droite, respectivement de 1.7 m, 2.3 m, 30 cm et 2.4 m. **La pile n°3 en lit mineur présente donc des risques d'affouillement,**
- Le Pont de Saint Pierre de Gaubert connaîtrait, d'après l'étude Ginger [6] un déchaussement de la base des piles ancrés à faible profondeur dans les marnes du lit mineur. Ce pont était également signalé comme en 1983 par Sogréah [10]. Les piles ont récemment fait l'objet de travaux de confortement avec des palplanches (Figure 71).



Figure 71 : Piles du pont de Saint Pierre de Gaubert (février 2006)

2. Aval barrage de Beauregard

- Le Pont de Pierre a des piles profondément ancrées dans les marnes. La profondeur d'ancrage est en moyenne de 2.3 m avec un minimum de 1,6 m pour l'une des piles (d'après la bathymétrie de 2002).
- Le Pont canal aurait fait l'objet de travaux de confortement de ses piles suite aux recalibrages de 1969 d'après l'étude Sogréah de 1983 [10].

5.3.3 Synthèse morphodynamique

Bilan morphodynamique générale

La Garonne Agenaise est caractérisée :

- Par la **stabilité du tracé en plan du lit mineur**, due à la chenalisation du fleuve réalisée au 19^{ième} siècle pour la navigation,
- Par un **approfondissement du lit mineur et une décroissance du stock de sédiment**, notamment dû à la limitation des apports depuis l'amont (barrage de Golfech en 1971) et aux prélèvements de sédiments en lit mineurs jusqu'au milieu des années 1980. Depuis le début des années 1980, l'abaissement du fond du lit s'est poursuivi au moins sur le bief situé entre 2 km en amont du seuil de Beauregard jusqu'à la passerelle à l'aval (comparaison des profils en travers de 1983 et 2002). A l'amont du seuil de Beauregard, cette évolution ne semble pas directement due au seuil, l'apparition de la brèche principale étant postérieure. A l'aval du seuil de Beauregard, l'approfondissement du lit est dû aux extractions, à l'endiguement et au recalibrage du lit. Entre 2001 et 2005, la comparaison des orthophotographies montre globalement une diminution des atterrissements en lit mineur sur l'ensemble du linéaire d'étude, à l'amont comme à l'aval du barrage de Beauregard.

Le bief d'étude semble caractérisé par un déficit d'apport de sédiments depuis Golfech au regard de la capacité de transport solide, les graves pouvant être transportés par les crues morphogènes (débits supérieurs ou égal à 2 800 m³/s, crue annuelle) d'après l'analyse des forces tractrices. Cinq crues morphogènes ont eu lieu depuis 2002 : le 5 février 2003, le 5 décembre 2003, le 11 janvier 2004, le 25 janvier 2004 et le 11 mars

2006 (Figure 72). Cette tendance est cependant à nuancer compte tenu du rehaussement du fond du lit à l'aval du pont de Beauregard (profil P22) entre 2002 et 2008 (Figure 70 page 83).

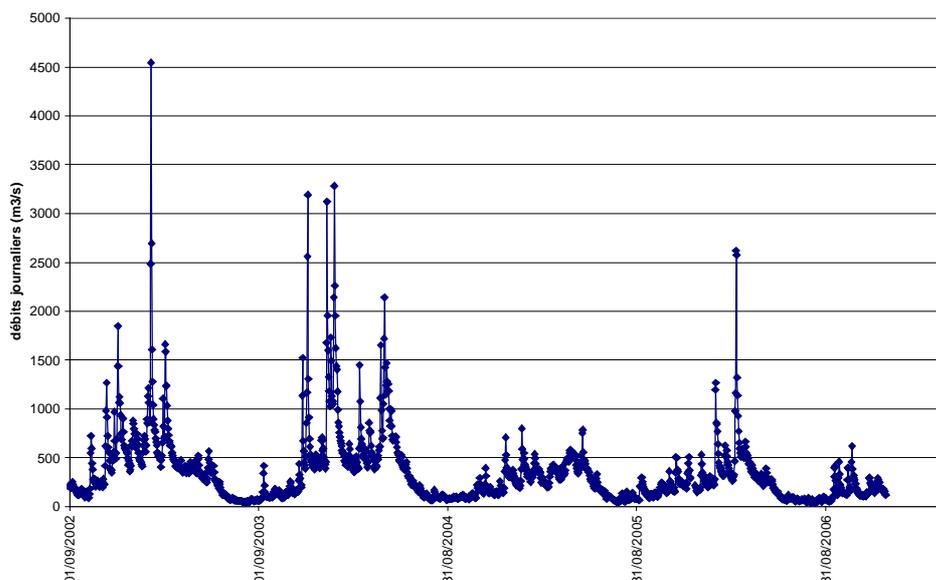


Figure 72 : Chronique hydrométrique à Agen depuis 2002 (source : banque Hydro)

Le lit mineur se trouve donc de plus en plus directement sur le substratum, le profil en long étant caractérisé par une succession de seuils marneux.

- Par des **berges généralement stables**, hormis des problèmes ponctuels.

Rôle morphodynamique du barrage de Beauregard

Le seuil induit une réduction des forces tractrices pour les débits courants et les crues usuelles entre Boé bourg et le pont de Beauregard. Il contribue ainsi à la stabilisation des berges sur ce linéaire, qui sont cependant intrinsèquement globalement stables y compris en dehors de la zone d'influence du seuil. En revanche, **pour les crues morphogènes susceptibles de transporter les sédiments (débits supérieurs ou égaux à 2800 m³/s, crue annuelle), l'influence du seuil est faible sur les forces tractrices**. Localement à l'amont du seuil de Beauregard, la quantité de sédiments stockée est faible compte tenu de la présence de la passe profonde historique qui a toujours permis une certaine **continuité du transport solide**, et d'une brèche plus profonde depuis juillet 2005.

Le barrage de Beauregard, implanté sur un seuil marneux naturel, contribue à la stabilisation du profil en long du lit mineur sur l'amont. Ce rôle stabilisateur est cependant limité puisque le fond du lit à l'amont du seuil est déjà en partie situé sur les marnes peu érodables.

L'impact morphodynamique du seuil de Beauregard apparaît donc faible.

Pour les petits débits, la brèche profonde apparue en 2005 permet une diversification du profil d'écoulement et des faciès à l'amont du seuil.

En cas d'effacement du barrage et compte tenu de l'augmentation prévisible des forces tractrices pour les débits courants et les crues usuelles, des mesures de protection de berges au niveau des enjeux, et notamment du lotissement de Bellevue, devront être prises entre Boé bourg et le seuil de Beauregard. Sur ce linéaire, le seul ouvrage est le pont de Beauregard qui a des fondations profondes et ne présente donc pas de risques d'affouillement. L'effacement du seuil de Beauregard n'engendrerait pas d'augmentation des forces tractrices au niveau du Pont de Layrac et l'impact hydraulique y est marginal.

6 DIAGNOSTIC DE LA STABILITE DE L'OUVRAGE

L'objet de ce paragraphe est d'analyser la stabilité hydraulique et structurelle du seuil de Beauregard en situation actuelle à partir des reconnaissances visuelles et des photographies disponibles, des conditions hydrauliques sur le parement aval, , ainsi que des reconnaissances géotechniques réalisées en 2008 par l'entreprise Géotec et comprenant :

- quatre sondages pressiométriques (SP1, SP2, SP3 et SP4) sur la rive droite et en rivière au droit de l'implantation de la prise d'eau de Lacapelette pour le compte de la mairie d'Agen dans le cadre de la réfection de la prise d'eau. Une analyse en laboratoire est effectuée sur un échantillon carotté issu du sondage SC1 dans le cadre de la présente étude,
- trois sondages sur le seuil du barrage pour permettre de définir la nature et les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs de l'ouvrage, le type et la nature du faciès d'assise et les niveaux d'eau rencontrés, pour le compte de la CAA dans le cadre de la présente étude (sondages non réalisés à la date de rédaction).

La planche PL1-05 en annexe 5 au rapport indique la localisation des sondages et prélèvements.

6.1 Stabilité du seuil d'après les reconnaissances visuelles et les photographies disponibles

6.1.1 Diagnostic général

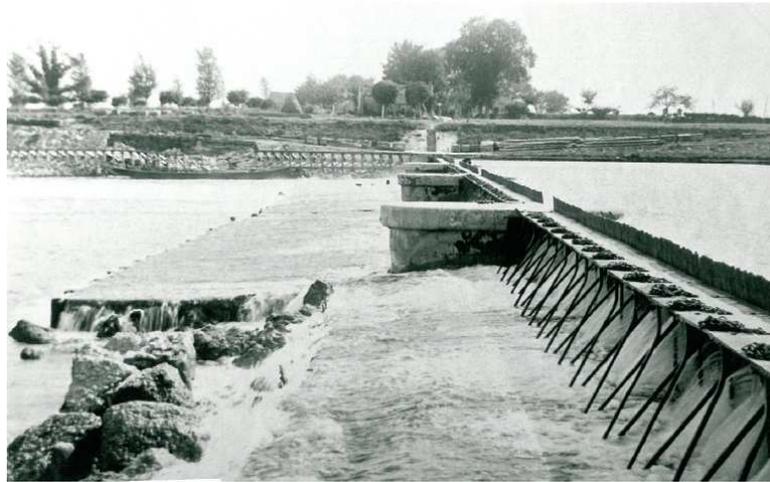


Figure 73 : Photographie du seuil dans les années 1940 vue depuis la rive gauche [4]

Le seuil est actuellement fortement dégradé.

Bien que la structure générale de l'ouvrage composé d'une passe profonde et de cinq passes déversantes demeure visible, plusieurs dégradations majeures sont identifiables sur le génie civil (Figure 74).

L'érosion régressive a provoqué successivement :

- **La destruction des enrochements et glacis de protection à l'aval des radiers** au niveau des passes déversantes n°2, n°3, n°5 et de la passe profonde,
- des **instabilités du génie civil**, des remblais et enrochements de fondation des radiers étant emportés par le courant,
- **La formation de brèches au niveau des passes déversantes n°2 et n°5**, suite à l'**effondrement des radiers**.

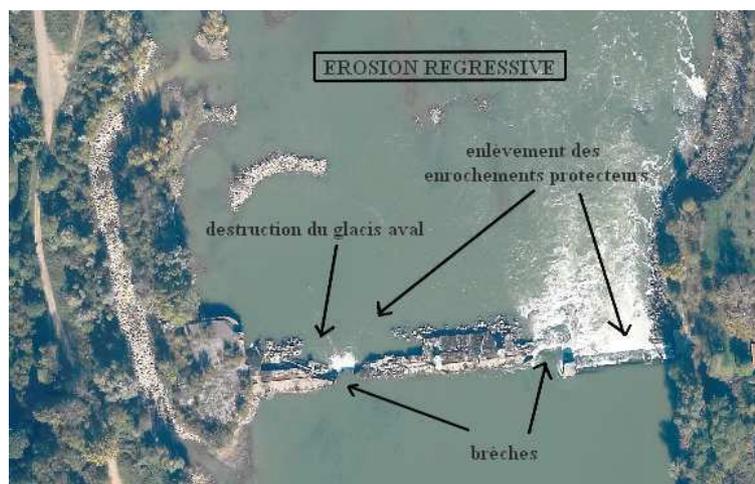


Figure 74 : Situation actuelle vue en plan sur l'orthophotographie 2005

6.1.2 Passe profonde

La Figure 75 montre l'état de la passe profonde. Le radier semble stable bien que le glacis et/ou les enrochements de protection aval aient disparu.

La pile de séparation de la passe profonde des passes déversantes est détruite au trois quart (processus de dégradation simultanée avec la formation de la brèche principale en 2005).

Les dégradations observées au niveau de la passe profonde sont d'ordre hydraulique dues au phénomène d'érosion régressive. Historiquement, de nombreux travaux de confortement ont été réalisés pour stabiliser le seuil par mise en place d'enrochements (1885-1886, 1906, 1908, 1912-1917, 1957). Depuis 1967, l'entretien du seuil n'est plus assuré et les enrochements de protection aval ont été emportés par les crues courantes.



Figure 75 : Passe profonde et destruction au trois quart de la pile principale Sources : Photographies réalisées par le SMEAG le 17/08/2006

6.1.3 Brèche principale

La Figure 76 présente la brèche principale qui s'est développée en 2004-2005 : le radier de la passe déversante n°5 s'est entièrement effondré par **érosion hydraulique régressive**, suite à la disparition des enrochements puis du glacis de protection aval.

Les palplanches, ne reposant plus contre le radier, se sont pliées, aucune butée ne s'oppose à la pression hydrostatique de l'eau.

La disparition du radier de la passe déversante n°5 laisse apparaître des cavités rendant précaire la stabilité du radier encore présent.

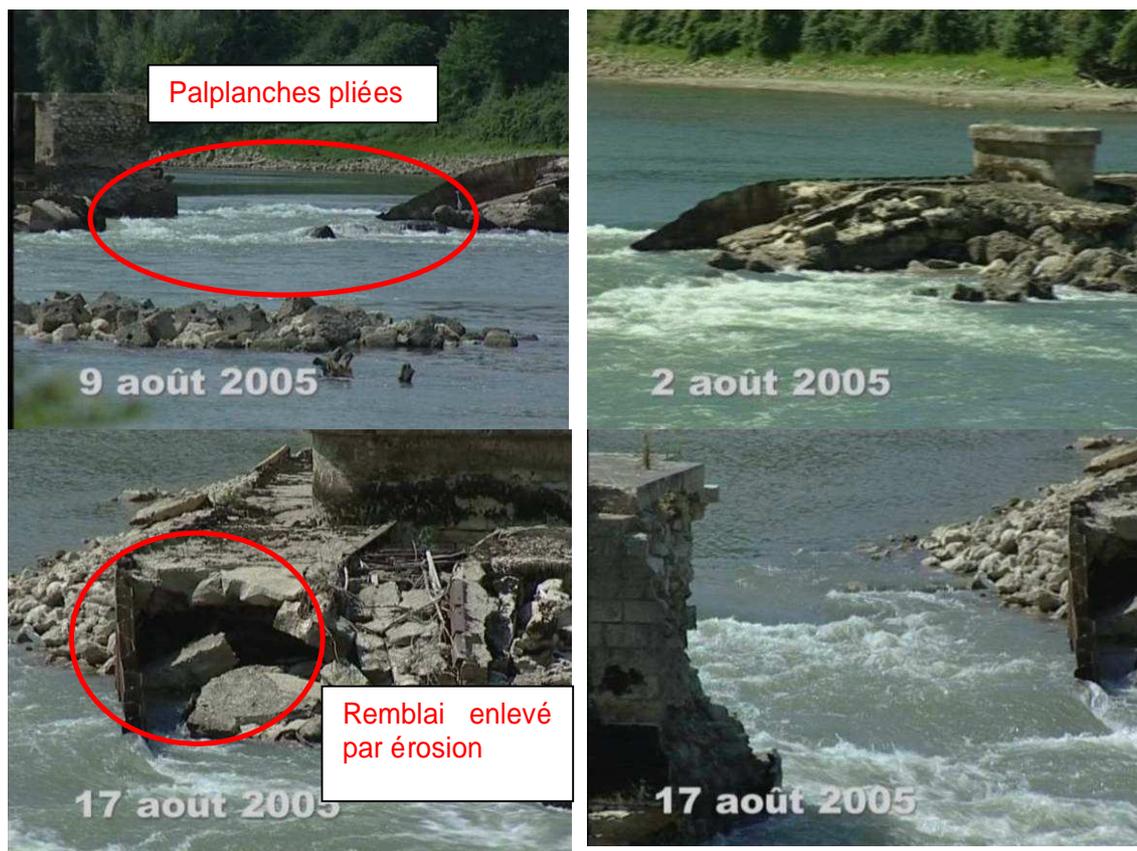


Figure 76 : Brèche principale dans la cinquième passe déversante. Source : Films d'étiages réalisés par la CAA, Août 2005

6.1.4 Brèche secondaire

Une brèche secondaire s'est développée vers 2000 au niveau de la passe déversante n°2 (Figure 77) par érosion régressive, celle-ci provoquant successivement :

- l'entraînement des enrochements de protection aval,
- la destruction du glacis aval puis du radier par affouillement aval,
- la perte de stabilité des palplanches qui ne rencontraient plus l'appui du radier du seuil.

Les piles 1 et 2 ont basculées vers l'aval, le radier et le glacis dégradés et emportés vers l'aval n'offrant plus d'assise aux piles.

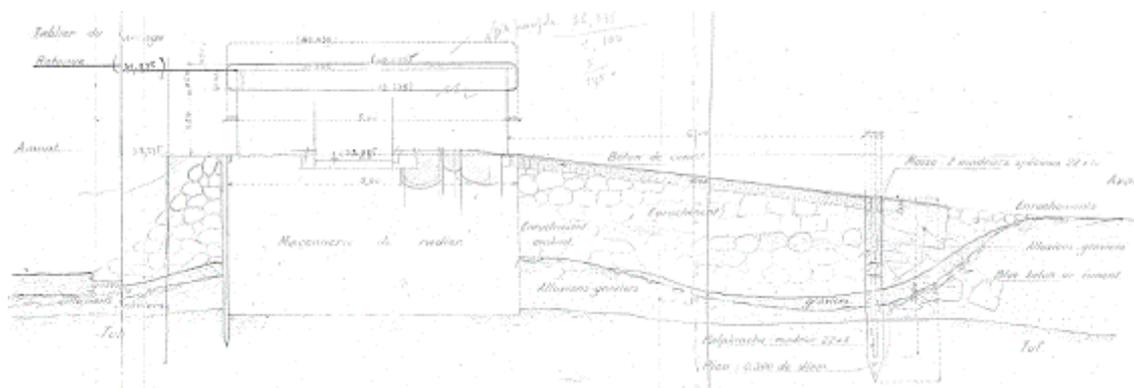


Figure 77 : Brèche secondaire formée de palplanches pliées au niveau de la passe déversante 2, basculement des piles 1 et 2 vers l'aval à comparer à la situation en 1920 au droit de la pile n°2. Sources : Photographies réalisées par le SMEAG le 17/08/2006 et archive DDE [4]

Dès la construction du barrage de Beaugard en 1846, des pieux en bois sont implantés en rideau à l'amont et à l'aval du radier, afin de pouvoir déblayer les limons jusqu'au substratum marneux et de les remplacer par des enrochements sur lesquels sont disposés les radiers en maçonnerie de pierre de taille. Ces pieux avaient peut être une seconde fonction comme parafouille de protection des fondations du radier.

Les pieux sont encore visibles (Figure 78) mais ont été altérés par le marnage et l'érosion régressive. Les enrochements de fondation ont également été emportés par érosion régressive et le radier semble n'être porté que par les pieux sur certains linéaires.



Figure 78 : Rideau de pieux en bois sous le parement aval du seuil. Source : photographies réalisées par le SMEAG le 18 juillet 2006

6.2 Stabilité structurale

6.2.1 Caractéristique du sol de fondation

Essais de laboratoire

Une campagne de reconnaissance géotechnique a été réalisée par la société Géotech à environ 80 m à l'amont du seuil de Beaugard en rivière et sur les rives [18].

Le sondage carotté SC1, situé en rivière à l'amont du seuil, a mis en évidence les formations géologiques suivantes :

- des sables et des graviers sur une épaisseur de 1,10 m correspondant aux alluvions récentes de la Garonne. Les résultats des essais physiques de laboratoire réalisés sur un échantillon prélevés entre 0 et 0,50 m par rapport au fond du lit du fleuve permettent de classer le matériau grenu en D31 selon le GTR92 : graves alluvionnaires de diamètres maximum supérieur à 50 mm, de faible résistance mécanique (essai Los Angelès <45 et micro Deval en présence d'eau <45).
- une marne argilo-silteuse à éléments calcaires épars identifiée sur une épaisseur de 1,90 m sous les sables. Cette formation correspond à l'altération du substratum marno-calcaire du Stampien. Le toit des marnes se trouve à la cote 35.12 m NGF.

Au niveau du sondage SP1 situé en rive, un échantillon d'argile marneuse a été prélevé et a fait l'objet d'analyses.

L'indice de plasticité mesuré à partir des limites d'Atterberg est $I_p = w_l - w_p = 18$, correspondant à une argile moyennement plastique.

Les abaques de Florentin (1972) donnent une corrélation entre l'indice de plasticité et l'angle de frottement intergranulaire ϕ , qui est ainsi estimé à 28°.

L'indice de consistance $I_c > 1$ caractérise une argile dure offrant une bonne résistance.

Essais in situ

Quatre essais pressiométriques ont été menés dont trois au niveau des sondages SP2, SP3 et SP4 situés en rivière (voir planche PL1-05). Le toit des marnes y est situé à des cotes comprises entre 34,2 m NGF (sondage SP4) et 34,9 m NGF (sondage SP3).

Le sondage SP2 réalisé dans la Garonne présente une couche de sable et galets d'une épaisseur de 1,8 m surplombant une couche de marne. Le module pressiométrique passe de 5,5 MPa dans les alluvions à 311 MPa en moyenne dans le substratum (variation de E_M entre 250 et 380 MPa dans les marnes).

Les sondages SP3 et SP4 présentent une mince couche alluvionnaire d'une vingtaine de centimètres sur des marnes. Le module pressiométrique varie entre 78 et 219 MPa dans le substratum.

Pour les sondages SP2 et SP4, la pression limite est supérieure à 4,81 MPa sur l'ensemble de la passe traversant la couche. La cohésion non drainée est donc supérieure à 870 kPa.

Pour le sondage SP3, la pression limite est supérieure à 4,85 MPa dans les marnes ce qui implique une cohésion non drainée supérieure à 880 kPa.

Les marnes sont donc de consistance dure (cohésion non drainée $c_u > 440$ kPa, voir Tableau 19).

consistance	C_u , kN/m ²
très tendre	< 27
tendre	27 à 55
moyen	55 à 110
raide	110 à 220
très raide	220 à 440
dur	> 440

Tableau 19 : Lien entre la consistance d'un sol et la cohésion non drainée drainée. Source : Thèse de Phelipot, INSA Lyon, 2000

Pour un sol cohérent, une identification du degré de surconsolidation est proposée par Ménard. Dans notre étude, $\frac{E_M}{p_l}$ est supérieur à 15 : il s'agit donc d'une argile fortement surconsolidée.

Les marnes sont donc un matériau surconsolidé, moyennement plastique et de bonne consistance.

6.2.2 Calcul de la stabilité de la structure

Un calcul de stabilité structurelle du radier du seuil, selon la situation avant 1967, a été réalisé pour le glissement, le renversement et le risque de décompression des sols de fondation en fonction des conditions hydrauliques.

Hypothèses

Géométrie

Le calcul de stabilité est réalisé pour la passe profonde et pour les passes déversantes.

La passe profonde se caractérise par un massif en enrochements et maçonneries de pierres de taille dont le radier supérieur est à la cote 37.13 m NGF et les fondations sur les marnes à une cote estimée de 35.13 m NGF, pour une largeur dans le sens de l'écoulement de 7.7 m.

Les passes déversantes se caractérisent par un massif en enrochements et maçonneries de pierres de taille dont le radier supérieur se situe à la cote 38.33 m NGF et l'appui de fondation se trouve à la cote 34.8 m NGF, pour une largeur dans le sens de l'écoulement de 5.4 m. Le rideau de palplanches amont est fiché à une profondeur de 1 m sous le niveau d'assise du massif en enrochement. Il a pour but d'assurer l'étanchéité et de réduire les sous-pressions sous l'ouvrage en allongeant le chemin de contournement hydraulique ; il sera modélisé par un rabattement de nappe.

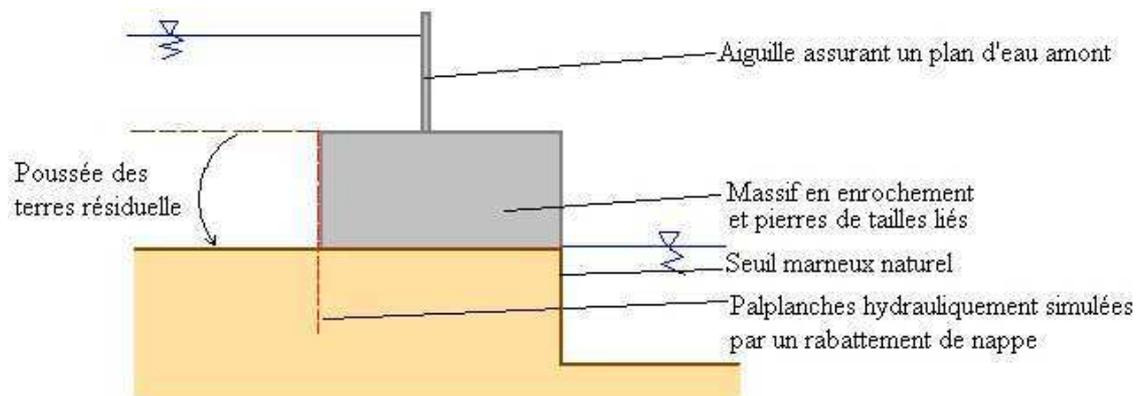


Figure 79 : Schématisation de la géométrie modélisée sous le logiciel STAB

Propriété mécanique du matériau constitutif de la fondation

Les propriétés mécaniques des marnes sont supposées être les suivantes : angle de frottement de 28° et cohésion nulle.

Cas de charge

Les cas de charge pour l'étude de stabilité sont les suivants :

- Sans palplanches amont,
- Avec palplanches amont et rabattement de nappe estimé par la formule de Lane.

Les conditions hydrauliques sont les suivantes :

- Cote hydraulique amont : 39,48 m NGF correspondant à la cote de retenue normale historique,
- Cote hydraulique aval : cote amont du seuil marneux

Modèle de calcul

Le calcul est réalisé avec le logiciel STAB, développé par ISL et la vérification de la stabilité porte sur :

- la mobilisation du sol,
- le renversement et la décompression du sol,

- le glissement.

La note de calcul détaillée est présentée en annexe 4.

Résultats principaux et conclusion

La mobilisation du sol est satisfaisante puisque les contraintes admissibles par la fondation sont largement supérieures aux contraintes des cas de charge (absence de risques de poinçonnement). Le sol est comprimé sur toute sa surface d'appui et l'état limite de renversement (sol de fondation sous la semelle comprimé à plus de 10%) et l'état limite de décompression du sol (sol de fondation sous la semelle comprimé à plus de 75 %) sont respectés.

Le facteur de sécurité au glissement est respecté (coefficient de sécurité supérieur à 2) pour l'ensemble des cas de charge.

Le seuil est donc structurellement stable.

6.3 Stabilité hydraulique

La stabilité hydraulique du parement aval du seuil, historiquement en enrochements a été étudiée en fonction des conditions hydrauliques et de la pente moyenne du parement historique (3H/1V).

Compte tenu des fortes vitesses d'écoulement en pied de parement aval, supérieures à 6 m/s, la stabilité des enrochements n'est assurée que pour des **enrochements de diamètre $D_{50} \geq 1$ m** d'après la formule d'Isbach (voir la note de calcul en annexe 4).

Par ailleurs, l'aménagement nécessite une **fosse de dissipation d'environ 15 m linéaire** à l'aval du seuil afin de contenir le ressaut hydraulique et d'éviter les affouillements en pied de parement aval.

Historiquement, l'**instabilité hydraulique du parement aval** est avérée au regard des nombreux réaménagements effectués et notamment en 1885-1886, 1906, 1908, 1912-1917 et 1957.

Aucune fosse de dissipation n'a semble t'il été aménagée à l'aval de l'ouvrage et l'affouillement des parements aval a été accéléré par l'abaissement du lit mineur sur le bief à l'aval du seuil résultant des recalibrages.

Aujourd'hui le seuil est **fortement dégradé par érosion régressive**.

6.4 Synthèse

Le seuil de Beauregard est actuellement fortement dégradé par érosion régressive.

Les trois sondages prévus dans le cadre de la présente étude sur le radier du seuil permettront de préciser le diagnostic relatif à l'état de dégradation des enrochements de fondation du seuil.

Le processus en cours de déstabilisation de la structure par érosion régressive laisse craindre une poursuite à court terme des dégradations du seuil, dont il faudra tenir compte dans l'élaboration des scénarii sur son devenir dans les phases d'étude suivantes.

7 DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL

7.1 Qualité de l'eau

Deux stations de suivi sur la Garonne encadrent Agen à proximité du barrage. Les données sont gérées par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne :

- n°05112000 à « l'Acqueduc » à l'aval d'Agen,
- n°05113000 à « l'Ecussan » à l'amont d'Agen,

Plus à l'amont, il existe une autre station à Lamagistère (n° 05117000), à quelques kilomètres à l'aval de Golfech.

Les données les plus récentes disponibles, exprimées en classe et indice de qualité selon la grille du Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau (SEQ-Eau), sont regroupées dans le tableau suivant. Les principales altérations du SEQ-Eau y sont renseignées : MOOX : Matières organiques et oxydables, AZOTE : Matières azotées hors nitrates, NITRATES et PHOSPHORE : Matières phosphorées.

station	2007	MOOX	AZOTE	NITRATES	PHOSPHORE
5117000 Lamagistère		80	74	57	56
5117000	17/01/2007	80	78	59	76
5117000	14/02/2007	46	60	53	55
5117000	14/03/2007	85	78	57	71
5117000	12/04/2007	87	79	67	76
5117000	23/05/2007	86	79	70	72
5117000	13/06/2007	87	74	61	56
5117000	18/07/2007	83	79	61	76
5117000	08/08/2007	80	78	69	69
5117000	12/09/2007	89	79	70	72
5117000	02/10/2007				
5117000	17/10/2007	80	79	71	72
5117000	14/11/2007	87	80	66	77
5117000	05/12/2007	82	79	70	77
5113000 Amont Agen		64	64	50	60
5113000	01/02/2007	86	78	50	76
5113000	29/03/2007	85	75	57	76
5113000	31/05/2007	66	66	55	60
5113000	30/07/2007	64	64	62	73
5113000	25/09/2007	72	72	68	70
5113000	28/11/2007	74	74	71	79
5112000 Aval Agen		76	75	56	64
5112000	01/02/2007	80	78	56	76
5112000	29/03/2007	87	75	57	77
5112000	31/05/2007	76	76	56	64
5112000	30/07/2007	84	79	63	72
5112000	25/09/2007	77	77	67	70
5112000	28/11/2007	84	80	72	78

Tableau 20: Grille du système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau aux stations de Lamagistère, Acqueduc et Ecussan

A part les nitrates, qui sont régulièrement en qualité passable (jaune) dans les 3 sites, et beaucoup plus ponctuellement le phosphore et les MOOX à Lamagistère, la qualité de l'eau est généralement jugée bonne (vert) voire très bonne (bleu), la classe de qualité optimale

étant surtout réservée aux MOOX, ce qui signifie l'existence d'une oxygénation satisfaisante du milieu dans les 3 sites.

Les résultats du suivi de la qualité biologique (Indice Biologique Global normalisé) de la Garonne réalisé par la Réserve naturelle de la frayère d'alose d'Agen (RNFAA) depuis 1998 sur 4 stations à l'aval du seuil de Beauregard sont synthétisés dans le tableau suivant.

Les résultats enregistrés à l'aval d'Agen depuis 2003 montrent une évolution sensible pour l'azote dont la classe de qualité s'améliore (jaune jusqu'en 2005, puis bleu et verte respectivement en 2006 et 2007) et pour les nitrates, plus déclassant à partir de 2005 (passage du bleu au jaune). Globalement, sur ces quelques paramètres, la situation a plutôt tendance à s'améliorer si on considère que l'azote réduit est plus pénalisant sur les peuplements faunistiques.

5112000 Aval Agen	MOOX	AZOTE	NITRATES	PHOSPHORE
2003				
2004				
2005				
2006				
2007				

Tableau 21 : Suivi de la qualité biologique par l'Association de la Réserve Naturelle de la Frayère d'aloses au niveau de la frayère de 2003 à 2007

La qualité biologique de l'eau est suivie régulièrement par la RNFAA dans la traversée d'Agen à partir de l'analyse des invertébrés aquatiques (Indice Biologique Global Normalisé – IBGN).

Les principaux résultats disponibles sur la période du suivi sont synthétisés dans le tableau suivant :

	IBGN Beauregard (toutes stations confondues)
	1998 à 2007
Variété taxonomique (+ fréquente)	24 à 28 taxons
Groupe indicateur (min)	4
Groupe indicateur (max)	8
Groupe indicateur (+ fréquent)	5
Note IBGN/20 (min)	10
Note IBGN/20 (max)	14
Note IBGN/20 (+ fréquente)	12
Classe de qualité SEQ-Eau (+ fréquente)	Passable

Tableau 22 : Résultat des analyses IBGN réalisées par l'Association de la Réserve Naturelle de la Frayère d'aloses au niveau de la frayère de 1998 à 2007

Le peuplement est caractérisé par une faible diversité eu égard le type écologique de la Garonne agenaise. Le protocole utilisé, non adapté au cours d'eau de cette dimension, sous estime sans doute la richesse taxonomique de la communauté d'invertébré aquatique

en place. Mais la faible hétérogénéité de la mosaïque d'habitats est vraisemblablement un facteur limitant.

Les organismes capturés, sauf exception (notamment en 1999), ont globalement une polluosensibilité assez faible. Le niveau du groupe retenu pour exprimer la polluosensibilité des différents échantillons est le plus souvent le niveau 5 (sur un total de 9 que compte l'IBGN, la polluosensibilité augmentant avec le nombre).

La valeur des paramètres les plus fréquents de l'IBGN depuis 1998 correspond à une qualité d'eau passable (jaune) selon le SEQ-Eau. Cette appréciation est à relativiser car l'IBGN reste un protocole peu pertinent lorsqu'il est appliqué dans des cours d'eau de cette taille. D'autres investigations sur les invertébrés aquatiques seraient nécessaires pour améliorer le diagnostic (multiplications des habitats prélevés, échantillonner plusieurs saisons, prise en compte des larves et des imagos, détermination plus fine au genre et à l'espèce...) en termes d'aptitude biogène de la Garonne et d'intérêt patrimonial.

7.2 Faune-flore

7.2.1 Oiseaux

Les premiers inventaires de l'avifaune réalisés (2006) par la réserve naturelle sur le site de la réserve et à sa périphérie, ont permis de dénombrer 87 espèces d'oiseaux dont 50 ont niché aux alentours.

32 espèces sont liées à la présence des milieux aquatiques dont 3 sont très rare (TR) ou assez rare (AR) au plan national : le balbuzard pêcheur (TR - non nicheur sur le site), la sterne pierregarin (TR - observée en période de reproduction), le bruant des roseaux (AR - en hivernage sur le site).

D'autres inventaires sont prévus par la RNFAA qui permettront de dresser un bilan de l'intérêt ornithologique du site.

7.2.2 Flore

La réserve naturelle de la Mazière a réalisé un inventaire de la végétation rivulaire de la Garonne dans le périmètre de la réserve naturelle de la frayère d'alose en 2006. Les résultats montrent surtout la dominance de la strate herbacée ce qui s'explique par le caractère urbain du site. La ripisylve est présente mais demeure d'une faible emprise, les ronciers (*Rubus sp*) dominant la strate arbustive. Une espèce invasive de renouée du Japon (*Fallopia japonica*) est présente sur la réserve et plus généralement sur les berges de la Garonne qu'elle commence à coloniser semble-t-il (réserve naturelle de la frayère d'alose d'Agen, 2005, 2006, 2007).

Les herbiers de plantes aquatiques qui ont été mis en évidence sur le site de la frayère d'alose par la réserve naturelle depuis quelques années sont surtout des potamots et des renoncules, des myriophylles et des lentilles d'eau qui envahissent les secteurs à eau stagnante en été. Une plante invasive, la Jussie (*Ludwigia peploides*) est présente localement.

L'angélique à fruits variables (*Angelica heterocarpa*), présente dans l'estuaire de la Gironde, fait partie des espèces désignées au titre de la zone natura 2000 – site 7200700 « La Garonne » mais cette espèce menacée en France n'est pas connue sur le site ni dans ses environs (inventaires de la RNFAA , 2006, SOGREAH, 2007).

7.2.3 Odonates (libellules)

La Garonne, sur la réserve naturelle jusqu'au seuil de Beauregard a fait l'objet de prospections par la réserve naturelle durant l'année 2007 de mars à septembre période couvrant la présence des adultes de la majorité des espèces en France.

Seules 27 espèces ont été inventoriées. Ce faible nombre peut s'expliquer par l'absence de certains habitats (bordure peu profonde végétalisée) et d'une manière générale la faible diversité des communautés végétales en partie due à l'artificialisation marquée du milieu. Les mauvaises conditions climatiques peuvent aussi être évoquées pour expliquer ces résultats. L'intérêt du site pour les odonates sera préciser grâce à d'autres études programmées ces prochaines années.

3 espèces figurent sur la liste rouge au plan européen et sont considérées comme menacées (*Calopteryx v meridionalis*, *Calopteryx xanthostoma*, *Platycnemis latipes*).

Aucune espèce ne figure sur la liste des espèces protégées en France.

7.3 Peuplement piscicole - composition générale et migrateurs

Les pêches électriques réalisées par l'ONEMA dans la Garonne, en particulier à la station de suivi n° 05471013 du Réseau Hydrobiologique et Piscicole (RHP) implantée à Agen à l'aval du seuil de Beauregard, même si elles ne permettent pas d'établir la liste exhaustive des espèces qui fréquentent le site, rendent compte de la grande variété du peuplement piscicole.

27 espèces y sont recensées entre 1994 et 2006.

Espèces recensées à la station du RHP de Beauregard sur la Garonne entre 1994 et 2006 (source ONEMA)			
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	Goujon	<i>Gobio gobio</i>
Alose feinte	<i>Alosa fallax</i>	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i>
Grande Alose	<i>Alosa alosa</i>	Mulet à grosses lèvres	<i>Chelon labrosus</i>
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>
Black bass à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	Perche soleil	<i>Leppomis gibbosus</i>
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	Poisson chat	<i>Ictalurus melas</i>
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
Brochet	<i>Esox lucius</i>	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>
Carassin	<i>Carassius arassius</i>	Silure glane	<i>Silurus glanis</i>
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	Truite de mer	<i>Salmo trutta trutta</i>
Chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>	Vandoise (VAN)	<i>Leuciscus leuciscus</i>
Flet	<i>Platichthys flesus</i>		

Tableau 23 : Espèces recensées à la station du RHP de Beauregard sur la Garonne entre 1994 et 2006. Source ONEMA

Les données collectées par l'ONEMA sur d'autres stations de la Garonne moyenne (Boé n° 5471003, Saint Léger n° 05471011, Monheurt n° 05471 012) ainsi que celles enregistrées à Golfech (ascenseur) par MIGADO entre 1993 et 2006 permettent d'ajouter quelques

espèces dont certaines comme le saumon atlantique ou la lamproie marine qui ne font que transiter à Agen au cours de leur migration vers leurs frayères situées beaucoup plus en amont.

Espèces recensées sur 3 autres stations entre Agen et Golfech et à la station de contrôle de Golfech (ascenseur) entre 1993 et 2006 (source ONEMA, MIGADO)			
Blennie fluviale	<i>Blennius fluviatilis</i>	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>
Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Tanche	<i>Tinca tinca</i>
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>	Toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>

Tableau 24 : Espèces recensées sur 3 autres stations entre Agen et Golfech et à la station de contrôle de Golfech (ascenseur) entre 1993 et 2006 Source ONEMA et MIGADO

La lamproie fluviatile et l'esturgeon, non recensées dans les pêches électriques ci-avant, sont également susceptibles de fréquenter la Garonne à Agen.

Au total ce sont 35 espèces qui sont susceptibles de fréquenter la Garonne à Agen.

Pour mémoire, rappelons que parmi elles, 8 sont des migrateurs amphihalins (alose feinte, grande alose, anguille, esturgeon, lamproie fluviale, lamproie marine, saumon atlantique et truite de mer), toutes inscrites, excepté l'anguille, à l'annexe II de la Directive « Habitat, Faune, Flore » qui s'applique aux pays de l'Union européenne depuis le 5 juin 1994.

Ces espèces sont considérées comme rares et menacées. L'anguille et la grande alose régressent dans toute l'Europe. L'esturgeon européen (*acipenser sturio*) qui remontait autrefois au-delà de Toulouse mais subsiste à l'heure actuelle en très faible quantité dans la partie aval du fleuve et qui est en grave danger d'extinction à l'échelle mondiale. Une frayère potentielle a été inventoriée à l'aval du seuil de Beauregard (lieu dit « Fourtic ») dans le cadre des travaux du programme européen LIFE Esturgeon (1998-2001). Les efforts pour sauvegarder cette espèce en Gironde ont débuté en 1981, avec les premiers repeuplements en 1995 et la première reproduction en élevage (CEMAGREF) en 2007.

Le saumon dont les effectifs sont artificiellement soutenus depuis les années n'a pas encore atteint une population suffisante pour se maintenir sans eux.

L'ensemble Garonne, Dordogne et estuaire de la Gironde est le dernier grand bassin en Europe abritant une telle diversité d'espèces migratrices.

Parmi elles, la grande alose a toujours tenu une place singulière pour les habitants du bassin de la Garonne au plan halieutique et plus généralement dans la société.

Elle est convoitée depuis longtemps par la pêche professionnelle et amateur (ligne, filets et engins), essentiellement dans l'estuaire pour la première et tout le long du fleuve, jusqu'à Toulouse, pour la seconde. Mais depuis début 2008, pour un an reconductible, il est interdit de la pêcher dans la Gironde, la Garonne, la Dordogne, la Charente, l'Isle et le Seugne, l'état des populations étant jugé critique. L'alose feinte n'est pas concernée par cette mesure. La pêche au filet reste donc autorisée, ce qui pose la question de l'impact sur la grande alose (capture, survie des poissons relâchés,...).

Cette espèce fait réellement partie du patrimoine local, naturel et humain à l'échelle du bassin où elle a été et continue à être l'objet comme les autres migrateurs de soutiens financiers et de programmes scientifiques pour la protéger (Etat, Région, Département, Communauté d'Agglomération d'Agen, Europe, Agence de l'Eau, ONEMA,...). Malgré tout, la situation ne semble pas évoluer favorablement pour elle.

7.4 Enjeux liés aux migrateurs et notamment à la grande alose

7.4.1 Quelques rappels sur l'évolution de la population de grande alose

Au début des années 1980, CASSOU-LENS et CASSOU-LENS (1981, [31]) considéraient la grande alose comme très menacée à court terme. A l'époque ils avaient identifié principalement 3 menaces : l'infranchissabilité des barrages, l'extraction de granulats en lit mineur et l'effort de pêche croissant notamment en estuaire et en mer. Leurs travaux ont permis de sensibiliser les gestionnaires sur le déclin général de cette espèce (en France et en Europe) ce qui a conduit à la mise en place de programmes en sa faveur puis pour d'autres migrateurs alors que jusque-là seul le saumon atlantique bénéficiait de soutiens.

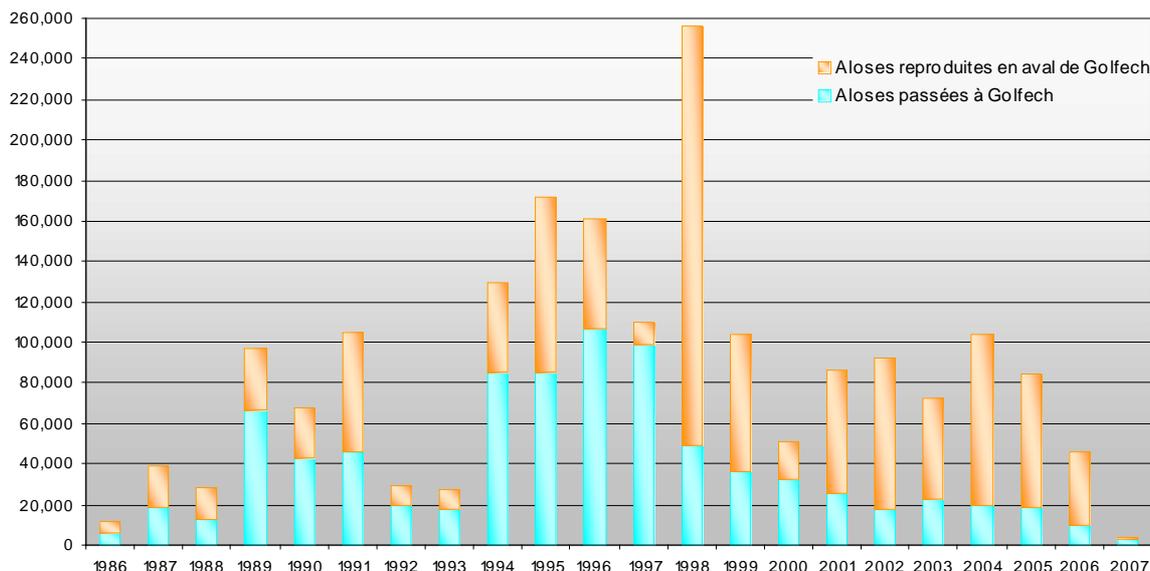


Figure 80 : Evolution du nombre d'aloses reproduites en aval de Golfech et nombre d'aloses passées à Golfech entre 1986 et 2007.

Sur la période 1986 à 1995, le stock de géniteurs a globalement tendance à augmenter si on observe les courbes de l'activité sur les frayères et des passages dans l'ascenseur de Golfech du graphique précédent (source RNFAA). Les conclusions du CEMAGREF (CASTELNAUD, ROCHARD, LE GAT, 2001) dans son analyse de la tendance de l'abondance de l'Alose *Alosa alosa* en Gironde à partir de l'étude d'indicateurs halieutiques sur la période 1977-1998 vont également dans ce sens.

Tout le monde s'accorde à reconnaître plusieurs facteurs à cette progression :

- l'arrêt des extractions massives de matériaux en lit mineur (active principalement de 1960 au début des années 1980),
- la construction de dispositifs de franchissement sur les ouvrages hydroélectriques de Golfech (1987) sur la Garonne et plus récemment l'évolution du seuil de Beauregard : brèche dans le canalet en 1994 et réalisation d'une passe à poisson (LARINIER, 1993 ; LARINIER et al., 2000), nouvelle brèche centrale en 2005,
- mais également la protection des frayères les plus aval (Arrêté de protection de biotope en 1983).

Mais à partir des années 1995, la tendance s'inverse (malgré un pic en 1998). La baisse des effectifs s'accroît depuis 2004, les stocks de géniteurs estimés en 2007 (activités sur

les frayères + passages dans l'ascenseur de Golfech) étant les plus faibles jamais observés depuis la mise en place des suivis en 1986 (cf RNFAA, MIGADO, in rapport annuel 2007).

Pour le CEMAGREF (in dossier de demande d'autorisation de l'usine de potabilisation de Lacapelette, 2007 [5]) et les scientifiques des associations MIGADO et de la RNFAA (in rapport annuel de la RNFAA 2007), la baisse est attribuée en particulier à une mauvaise efficacité du recrutement depuis 2003 : étiage sévère, raréfaction des crues, non renouvellement des sédiments sur les frayères, température trop fraîche ou trop élevée pendant la période de reproduction, turbidité préjudiciable), d'où le risque de maintien de la population à un niveau très bas les années à venir.

La DIREN Midi Pyrénées indique que la régression de la population d'alose depuis le milieu des années 1990 est due à un ensemble de facteurs, dont il est encore difficile aujourd'hui de préciser la part respective, mais qui semblent être :

- la mauvaise reproduction ou développement des alevins en raison des conditions hydroclimatiques (largement influencées par les pompages agricoles) de ces dernières années,
- le maintien d'un niveau de capture (par pêche professionnelle et amateur) en partie aval et estuarienne trop élevé par rapport au niveau acceptable d'exploitation de la population Garonne-Dordogne,
- une diminution des effectifs franchissant le barrage de Golfech.

La chute des effectifs de grande alose ces toutes dernières années nous rappelle que la pérennité de la population n'est pas acquise malgré tous les efforts consentis en faveur des migrateurs depuis les années 1980. C'est ce que souligne le Groupe Migrateur Garonne dans son rapport de 2005 sur la restauration des poissons migrateurs dans le bassin de la Garonne (historique et programme d'ici à 2015) qui souligne également la nécessité de poursuivre les actions dans plusieurs directions d'ici à 2015 pour l'ensemble des espèces :

- l'amélioration des connaissances sur les exigences biologiques des espèces,
- le suivi des migrations,
- la définition des bases d'une gestion raisonnée des prélèvements adaptée au stock,
- et surtout l'amélioration de l'accès aux zones de production et donc l'optimisation des conditions de montaison et de dévalaison sur tout le bassin et prioritairement sur la Garonne moyenne.

La fragilisation à ce point d'une espèce, en l'occurrence l'alose, mise en difficulté par une succession de conditions hydro-climatiques adverses, met plus que jamais en lumière cette nécessité.

7.4.2 Habitat de reproduction de la grande alose et enjeux liés au devenir du seuil de Beauregard

Généralités

Les sites de frais potentiels des grands migrateurs ne sont pas connus de manière exhaustive, des recensements sont en cours (MIGADO, RNFAA) notamment dans le bassin de la Garonne. Les connaissances actuelles (rapport annuel 2007 de la RNFAA) font état d'un site pour la lamproie marine et de 7 pour la grande alose dans le département du Lot et Garonne, à l'amont d'Agen.

S'agissant de la grande alose, les sites connus entre l'amont d'Agen et Golfech sont, Sauveterre-Saint-Denis, Saint-Nicolas de la Balermie et Saint Sixte, dans le Lot et Garonne, puis Lamagistère et le canal de fuite de la centrale de Golfech, dans le Tarn et

Garonne. En amont de Golfech, les principales frayères se trouvent sur l'axe Tarn-Aveyron (notamment « Picquecos » sur l'Aveyron), de part et d'autre de Bazacle sur la Garonne, jusqu'au barrage de Carbonne (31), et enfin sur le cours aval de l'Ariège.

La présence d'atterrissements de galets et graviers dans le bief du seuil de Beauregard confère à celui-ci un potentiel de frayères à alose qui pourrait s'activer en cas de disparition du seuil.

Enjeux liés au devenir du seuil de Beauregard

La grande alose est la seule espèce migratrice concernée par l'existence de zone de reproduction avérée à l'aval proche du seuil de Beauregard. Les 3 sites de pontes recensés à l'aval du seuil dans la réserve naturelle concernant cette espèce sont d'ailleurs les premiers sur la Garonne depuis l'océan après le site d'Aiguillon à la confluence de la Garonne et du Lot. Une frayère potentielle à esturgeon européen (fosse à esturgeon) est signalée à l'aval du site de Beauregard (CEMAGREF, 2007 cf rapport LIFE sturio).

Les 3 sites de Beauregard font l'objet d'un suivi régulier par la RNFAA, notamment en termes de fréquentation par les géniteurs et d'un point de vue morphologique (topographie).

L'analyse historique de la morphologie de la Garonne de part et d'autre du seuil de Beauregard (chapitre 5.3), y compris en tenant compte des profils topographiques réalisés par la réserve naturelle de la frayère d'Agen dans le cadre de son suivi, fait ressortir globalement un approfondissement du lit ainsi qu'une diminution des atterrissements, mettant en évidence une chenalisation du cours d'eau encore en cours actuellement. Ce phénomène, très répandu en France et ailleurs, et dont les effets biologiques sont bien connus, s'accompagne toujours à plus ou moins long terme d'une baisse de la diversité du milieu et des peuplements associés. L'incision progressive du lit à l'aval du seuil de Beauregard a également contribué à augmenter la chute hydraulique au niveau du seuil et donc la difficulté de franchissement de l'obstacle par les aloses à l'étiage et pour les régimes hydrologiques courants.

Lorsque le phénomène est historique, comme c'est le cas de la Garonne, les incidences réelles sur les peuplements en général et piscicole en particulier, ne sont pas précisément connues car difficile à mettre en évidence faute de données de référence de la situation originelle. Autrement dit, les données disponibles sur le peuplement piscicole intègrent déjà cette évolution.

Le suivi de l'activité de ponte des aloses réalisé par la RNFAA depuis 1986 sur la frayère agenaise est susceptible d'apporter quelques indications par rapport à cette espèce, au moins sur cette période où des modifications de la morphologie de la Garonne dans la traversée d'Agen sont apparues, en particulier l'approfondissement du chenal à proximité des zones de ponte. Le suivi montre que la fréquentation fluctue suivant les années et connaît notamment des périodes de croissance, le tout conjointement à la chenalisation. Il n'y aurait donc pas d'impact de ce point de vue. En réalité, la présence des aloses en activité de ponte ne préjuge en rien de la qualité de la frayère et de son aptitude biogène (développement des œufs) pas plus que leur absence, surtout si les frayères sont des frayères « forcées » pour reprendre le terme employé à propos des sites de ponte à l'aval des barrages qui font obstacle à la migration.

La fréquentation des frayères témoignerait uniquement d'un effet attractif des zones concernées sur les géniteurs, cet effet attractif s'étant maintenu jusqu'à récemment et semble-t-il aurait fortement diminué depuis 2005 (rapport annuel de la RNFAA, 2005, 2006, 2007).

En 2007, la fréquentation des sites agenais a particulièrement diminué et devient minoritaire par rapport aux sites de l'amont (1,2 % des pontes totales en 2007 contre près de 20 % auparavant), le tout sur fond de baisse générale de la fréquentation des frayères en Garonne. Les conditions climatiques et hydrologiques sont évoquées en



2005 et 2006 pour expliquer cette diminution. La forte désaffection de 2007 est davantage interprétée comme la conséquence directe de la dégradation du barrage (effondrement de la passe n° 5 en juillet 2005) qui devient plus facilement franchissable (rapport annuel de l'ARNFA, 2005, 2006, 2007).

L'attractivité de la frayère d'alose d'Agen semble donc liée à l'évolution physique du seuil de Beauregard dans le sens d'une diminution avec « l'ouverture » de cet ouvrage. La tendance va sans doute s'accroître avec la poursuite de la dégradation naturelle du seuil. On peut penser que sa reconstruction provoquera l'effet inverse au dépend de l'ensemble de la Garonne à l'amont. Mais rien ne dit qu'en même temps l'attractivité des sites de pontes, et/ou leur fonctionnalité (capacité à produire des alevins) n'a pas diminué suite à la modification plus ou moins récentes des conditions morphodynamiques locales, les effets éventuels de ces modifications pouvant alors être masqués par l'effet « ouverture du seuil ». Dans tous les cas, rien ne nous permet de préjuger du devenir des sites de pontes en termes de fonctionnalité au sein de la réserve naturelle. Mais quoi qu'il en soit, si l'ouverture du seuil contribue à diminuer l'intérêt de la frayère d'Agen, elle constitue avant tout un avantage pour l'alose à l'échelle de la Garonne en facilitant l'accès aux frayères à l'amont à un plus grand nombre d'individus.

L'analyse morphologique présentée dans les chapitres précédents nous montre que le problème se pose avant tout en terme de quantité, avant même de parler de qualité des frayères. Ainsi la question de l'existence même des frayères dans un avenir plus ou moins proche est fondée sur le constat du déficit sédimentaire de la Garonne et de son ampleur au plan géographique et de la quantité.

Les frayères à alose sont caractérisées par des fonds de galets et de graviers. Ce type de substrat est fourni pour l'essentiel par la charge en alluvions fluvio-glaciaires du lit, laquelle semble devoir être considérée comme épuisée (une relique à l'heure actuelle) suite aux extractions massives entre les années 1960 et 1980 et au non-renouvellement du stock à cause des barrages réservoirs qui jouent le rôle de piège et du fait de la perte de mobilité transversale du cours d'eau.

Le maintien des zones sédimentaires à granulométrie moyenne favorables à la reproduction de l'alose sur la Garonne en général et à l'aval du seuil de Beauregard en particulier, constitue sans doute un des tous premiers enjeux pour le maintien et le développement de l'espèce. A moins d'inverser la tendance, il n'est sans doute pas excessif de craindre la disparition à terme des frayères.

En cas de reconstruction du seuil de Beauregard à sa cote initiale, l'allure du profil en long de part et d'autre de l'ouvrage ainsi que l'estimation de la valeur des forces tractrices en présence de l'ouvrage (même ordre de grandeur que sans l'ouvrage) laissent penser qu'il n'y aura pas de rupture du transit sédimentaire, ou qu'elle sera faible et transitoire et sans conséquence sur les atterrissements et les frayères à l'aval. En cas de reconstruction à une cote supérieure, le transit sédimentaire peut être diminué de façon plus sensible et compromettre l'existence des zones de reproduction à l'aval.

La solution d'une passe profonde destinée à maintenir un minimum de transit sédimentaire ne paraît pas indispensable en cas de reconstruction du seuil à sa cote initiale. Elle peut s'avérer indispensable pour une cote supérieure.

En revanche la disparition de l'ouvrage pourrait avoir des répercussions négatives à l'amont si les phénomènes d'érosion régressive ou progressive susceptibles d'apparaître s'accompagnent de la mise à nu du substratum marneux au détriment des atterrissements grossiers en place ou d'un réajustement défavorable de ces derniers, compromettant le potentiel de frayère d'alose et de toutes autres espèces lithophiles fréquentant cette partie de la Garonne lié à ces atterrissements. Les

éléments apportés par l'analyse morphodynamique montrent plutôt un maintien des bancs de graviers à l'amont avec sans doute une réorganisation de leur répartition.

Plus généralement, l'effacement de l'ouvrage va entraîner une modification des vitesses et des lames d'eau à l'amont. Le potentiel en abris, en refuge et en zone de nourrissage pour la faune aquatique qui va en découler, et en particulier à l'étiage, va dépendre des réajustements qui se feront entre alluvions et fond marneux et entre la ripisylve et le plan d'eau.

A l'argument sécuritaire évoqué dans le chapitre traitant de la morphodynamique à propos des risques liés à l'érosion régressive sur les berges de la Garonne à l'amont du seuil de Beauregard, s'ajoute un argument biologique, pour justifier la mise en place d'un suivi de l'évolution de ce phénomène en cas de destruction du seuil.

7.4.3 Problème de la libre circulation et enjeux liés au devenir du seuil de Beauregard

Généralités

Les grands migrateurs peuvent remonter aujourd'hui jusqu'au barrage de Carbonne sur la Garonne en amont de Toulouse. Les équipements réalisés sur de nombreux ouvrages ont amélioré l'accès aux frayères et aux habitats de grossissement, y compris sur les affluents de la Garonne. La situation est encore très contrastée suivant les espèces. Si l'anguille, pour laquelle l'axe Garonne jusqu'à Toulouse est défini comme zone prioritaire pour la circulation de cette espèce dans le plan national Anguille, n'a pas encore accès à une grande partie de son habitat potentiel, la grande alose a pratiquement accès à son aire de répartition historique, qui inclut les cours inférieurs du Lot, du Tarn et de l'Ariège.

Mais qu'ils soient équipés ou non, les ouvrages franchissables restent des obstacles à la libre circulation piscicole. Les impacts se manifestent à trois niveaux : lors de la montaison deux cas de figure sont à envisager : soit le poisson est bloqué et reste à l'aval de l'ouvrage soit il réussit à franchir l'obstacle mais les difficultés qu'il a rencontrées peuvent le retarder et le pénaliser. Enfin lors de l'avalaison, le passage des ouvrages hydroélectriques peut être source de mortalité à cause des turbines. La mortalité à la dévalaison pourrait être réduite par l'utilisation de turbines spécifiques de type VLH (Very Low Head, turbine à très basses chutes) par exemple. Ces impacts sont étudiés par les scientifiques dans le but de mieux définir le statut de franchissabilité des obstacles pour en améliorer la transparence.

Une partie du stock migrant peut rester bloquer à l'aval de l'ouvrage sans jamais le franchir. Par exemple, sur le bassin de la Garonne, aucun des ouvrages équipés d'un dispositif de franchissement n'est totalement transparent (MIGADO : suivis par marquage, radiopistages sur plusieurs espèces, 2006, 2007, travaux en cours).

L'existence d'un dispositif de franchissement n'est donc pas une garantie de parfaite continuité biologique, ni en terme d'espèce ni en terme d'individu. Les acquis au droit du barrage de Golfech sont démonstratifs de ce point de vue :

- Par exemple pour l'anguille, la création d'une passe spécifique (civelle) en 2002 a permis d'améliorer très fortement le passage de cette espèce mais des travaux complémentaires ont été indispensables pour en améliorer le fonctionnement (nouvelle passe en 2008).
- Une faible part des aloses et des lamproies marines s'étant présentée à Golfech (2006, 2007) a passé l'ouvrage : 30 % des Aloses se présentant à Golfech passent à l'amont, 2 lamproies marines sur 30 sont passées en 2007 (MIGADO).

- Face à la réduction significative du passage d'alose à l'amont de Golfech depuis plusieurs années, EDF prévoit d'étudier des solutions pour améliorer l'attractivité de l'entrée de l'ascenseur, et des suivis sont en cours (MIGADO) pour étudier l'impact possible de la présence du silure sur les migrateurs, cette espèce prédatrice d'autres poissons semble être en pleine expansion et bien implantée dans le site y compris aux abords de la passe à poisson qu'elle utilise par ailleurs.

Les ouvrages hydroélectriques sont bien connus pour leur impact négatif sur les dévalant. Ce type d'impact a été mis en évidence sur les principaux ouvrages du bassin de la Dordogne et de la Garonne, y compris à Golfech (MIGADO, AADPPEDG, 2005), en particulier pour l'anguille et le saumon. Le seuil de Beauregard n'est pas concerné par ce type d'impact car il ne possède pas de turbine.

Enjeux liés au devenir du seuil de Beauregard

Le seuil de Beauregard (construction en 1847) constitue le premier obstacle transversal depuis la mer créant une difficulté lors de la remontée des migrateurs sur le bassin de la Garonne, la quasi-totalité des zones de reproduction de la grande alose, de la lamproie marine du saumon et de l'anguille, s'agissant des zones de grossissement, se situe à l'amont de l'ouvrage.

Les enjeux en matière de libre circulation liés à ce seuil sont donc très importants.

La franchissabilité du seuil de Beauregard par les grands migrateurs s'est sans doute améliorée de manière significative depuis 1994 (brèche dans le canalet en 1994, passe à poisson en rive gauche en 1995) et plus récemment en 2005 (brèche centrale) si bien que l'ouvrage n'est plus considéré comme un obstacle rédhibitoire mais pour autant il peut subsister des difficultés pour le poisson.

Les études récentes menées par MIGADO (notamment radiopistages en 2006 et 2007) montreraient une plage de « débit sans trop de problème » entre 150 et 500 m³/s pour le passage du seuil de Beauregard par le saumon. S'agissant de la lamproie marine, les suivis réalisés sont moins renseignés (aucun poisson ne s'est présenté devant le seuil en 2006) mais en 2007, les débits soutenus (200 à 300 m³/s) n'ont pas permis d'observer de ralentissement particulier de la migration pour cette espèce lors du passage de Beauregard.

La grande alose ne fait pas l'objet d'études comparables à celles menées sur le saumon ou la lamproie marine car elle est plus fragile et plus difficile à manipuler. Il n'est donc pas possible de préciser de la même manière la transparence de l'ouvrage pour cette espèce.

Ces premières indications sont valables pour la plage de débit observée ces années là. D'autres conditions hydrologiques sont sans doute intéressantes à étudier. Par ailleurs la température jouant un rôle important sur le comportement des migrateurs, la capacité des poissons à franchir les obstacles n'est pas constante pour un débit donné. La qualité de l'eau est aussi un facteur de régulation. Un diagnostic fiable ne peut être donné qu'en multipliant les indicateurs et en accumulant les années d'observation.

Il faut savoir que d'une manière générale, les basses eaux et la chaleur ralentissent naturellement les migrateurs, il devient plus difficile pour eux de franchir les obstacles, ces derniers peuvent donc freiner davantage le poisson et compromettre ainsi sa migration et/ou sa reproduction. En ce sens, la position hydrographique du seuil de Beauregard à l'aval de tous les autres ouvrages, renforce les enjeux liés à son devenir. La distance qui sépare le poisson des zones de production est encore considérable lorsqu'il atteint cet ouvrage. Tout retard pris à ce niveau l'exposera davantage aux conditions adverses qu'il est susceptible de rencontrer par la suite et diminuera d'autant ces chances d'y accéder.

Le problème du ralentissement de la migration sur les chances de reproduction des migrateurs amphihalins est bien connu des biologistes. Le problème des obstacles est à considérer globalement sur un axe de migration ; au fur et à mesure de sa progression, le

migrateur perd de sa vigueur à chaque passage d'ouvrage, il y a un effet cumulé qui diminue les chances d'accéder aux frayères voire les chances de reproduction propre à chaque individu. Plus les individus arrivent tôt sur leur lieu de reproduction plus ils ont de chances de se reproduire avec succès. C'est ce que montrent les expériences réalisées dans d'autres régions, d'autres bassins (Adour) et sur la Garonne avec le saumon atlantique ces dernières années (MIGADO, 2008) : tous les individus qui ont passé Toulouse tôt ont survécu et gagné les frayères. La deuxième période de migration pour cette espèce (automne) peut être totalement compromise les années chaudes à cause des retards de migration.

Il est donc prudent de considérer que, globalement, la transparence du seuil de Beauregard n'est pas totale et qu'en l'état actuel, il est susceptible de contribuer à ralentir la montaison des géniteurs. Tout retard concédé à Beauregard, peut avoir des répercussions négatives et compromettre les chances de reproduction des migrateurs, notamment au-delà de Golfech.

La poursuite de la dégradation naturelle de l'ouvrage ira sans doute dans le sens d'une amélioration de sa franchissabilité globalement parlant mais probablement pas vers une transparence totale. N'oublions pas qu'il subsiste sur le seuil de Beauregard une chute sur une grande partie de l'ouvrage, plus ou moins haute suivant le débit et que les matériaux en place au niveau des brèches sont susceptibles d'occasionner des blessures pour toutes les espèces.

Plutôt que l'effacement naturel progressif du seuil, son effacement provoqué et suivi est censé apporter de meilleures garanties quant au rétablissement de la libre circulation des migrateurs à cet endroit. La chute résiduelle (seuil marneux et radier conservé) qui subsisterait pour les faibles débits uniquement ne devrait pas constituer une entrave pour les migrateurs y compris en basses eaux.

En cas de reconstruction du seuil, la circulation des grands migrateurs serait complètement remise en cause. Sans doute impossible pour la plupart des débits et la majorité des espèces. La réalisation de dispositifs de franchissement, même performants, ne sera pas pour autant synonyme de transparence totale pour les espèces. Or toute entrave supplémentaire au niveau de Beauregard, même « limitée », est de nature à compromettre très sérieusement l'avenir des espèces migratrices, pour certaines d'entre elles, comme la grande alose, la situation étant déjà très préoccupante (déficit en zones de frais, stock très bas, sensibilité au réchauffement de l'eau, ...). S'agissant de cette espèce, qui ne développe pas de « homing cours d'eau » comme le saumon par exemple mais un « homing bassin » (les individus nés dans une rivière ne reviennent pas forcément y frayer) l'impact serait à considérer sur l'ensemble du système Garonne-Gironde-Dordogne.

8 DIAGNOSTIC PAYSAGER

Voir pages suivantes.



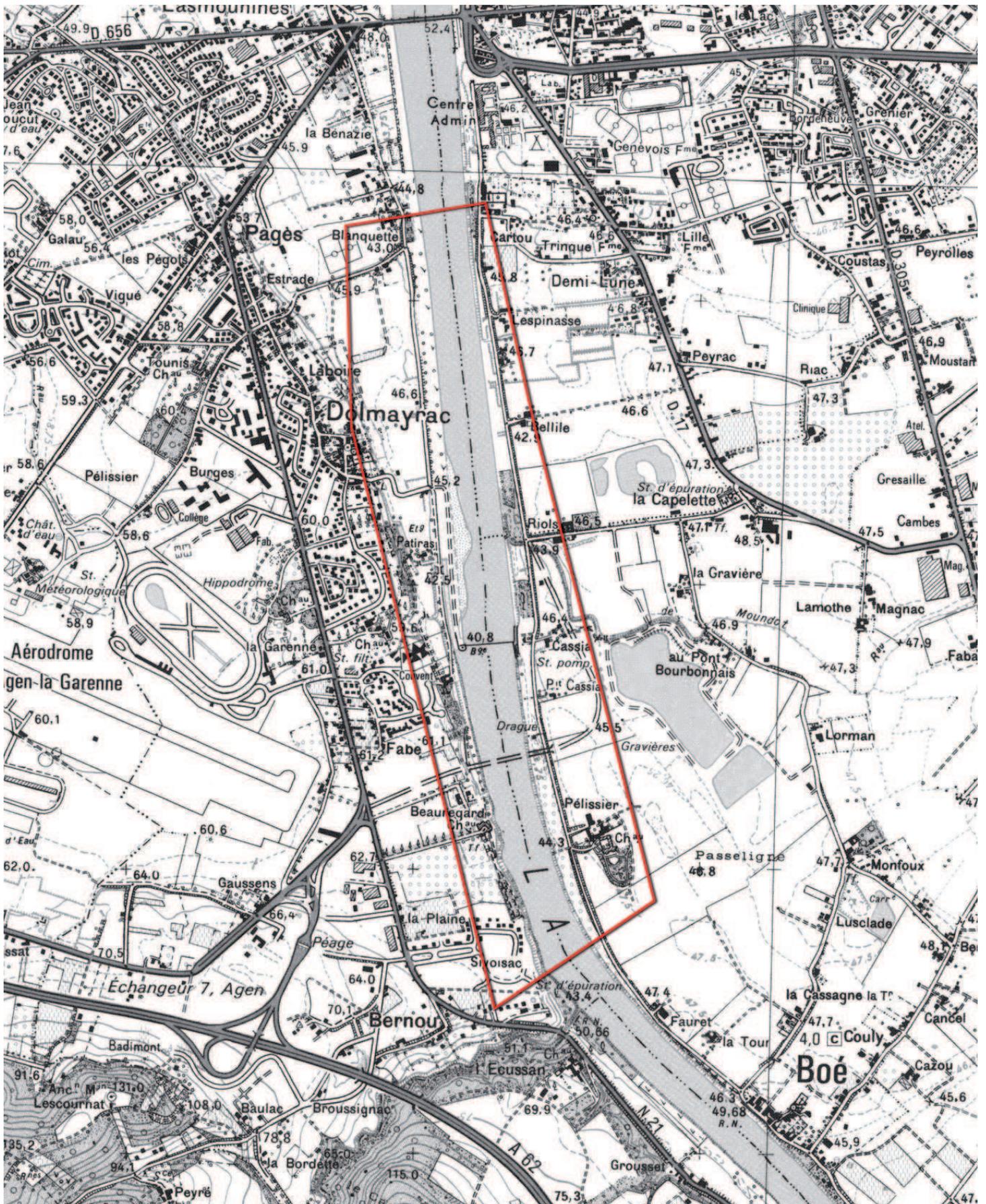
Seuil de Beauregard

Reconnaissance paysagère

SOMMAIRE

Périmètre d'étude	2
Enjeux patrimoniaux	3
Analyse paysagère	5
Carte des séquences	8
Carte des vues	9
Carte des motifs	10
Séquence Rive gauche	11
Séquence 1	11
Séquence 2	12
Séquence 3	13
Séquence 4	14
Séquence Rive droite	15
Séquence 1	15
Séquence 2	16
Séquence 3	17
Impact en période d'étiage	18
Synthèse	19
Enjeux paysager	19

Périmètre de l'étude



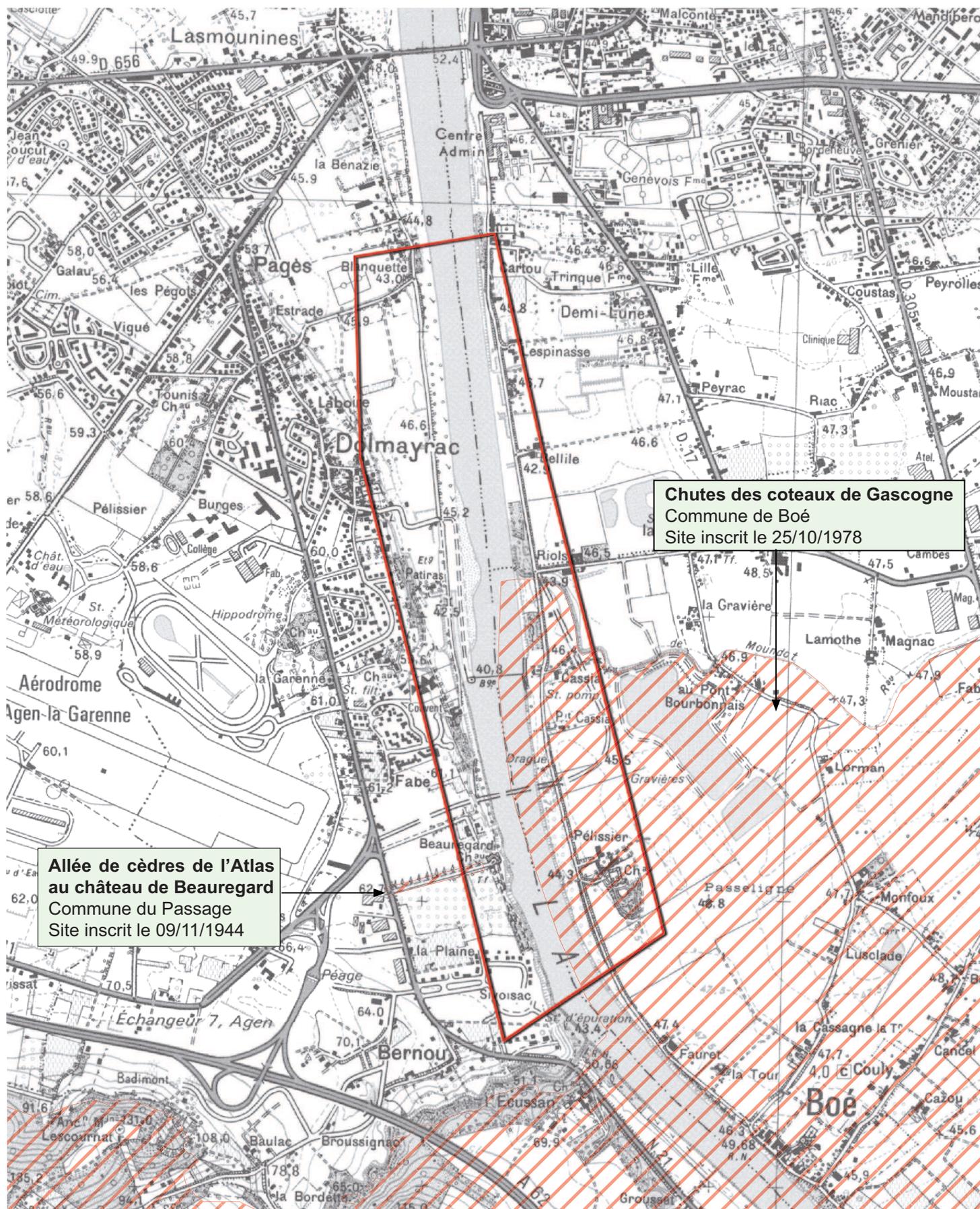
source IGN

Enjeux patrimoniaux : Un ouvrage d'art singulier



Le seuil de Beau REGARD est un ouvrage particulier qui contribuait à l'alimentation en eau du canal latéral à la Garonne. A ce titre, il est inscrit dans l'histoire du paysage fluvial de l'agglomération. A le découvrir aujourd'hui, notamment en période d'étiage, il est difficile d'imaginer qu'il ait pu constituer un dispositif technique remarquable au moment de sa mise en œuvre, un événement, au même titre qu'une écluse, sur le cours du fleuve. Répondant à des objectifs techniques particulières, il se présentait sous la forme d'un ouvrage discret, édifié avec soin, laissant émerger des maçonneries conformes à la grande qualité des ouvrages du XIX^{ème} siècle qui ressemblaient à des piles de pont. D'étroits escaliers en pierre de taille enchâssés dans des perrés maçonnés permettaient l'accès à l'eau au niveau de la passe. De ces éléments de patrimoine bâtis, il ne reste plus grand chose, emportés par les crues ou modifiés au cours des temps, et les objectifs de gestion ne sont plus les mêmes. Néanmoins, le seuil appartient à la mémoire du fleuve.

Enjeux patrimoniaux : deux sites inscrits



Analyse paysagère

Une séquence sud/nord

Le seuil de Beauregard se trouve sur une séquence de Garonne où le fleuve s'écoule pratiquement du sud vers le nord. Entre les chutes des coteaux de Gascogne, et le pied des plateaux calcaires de l'Hermitage et de Monbran, le fleuve traverse la vallée sur un linéaire d'environ 5kms. Il est franchi par quatre ouvrages : le pont de Beauregard qui conduit à l'autoroute, le pont de pierre, la passerelle et le pont canal. Compte tenu de cette orientation qui permet un éclairage très varié des deux berges au cours des journées et des saisons, et de cette séquence linéaire de plusieurs kilomètres, depuis les ouvrages, l'ampleur du fleuve est spectaculaire. Elle est plus ou moins perceptible selon la vitesse de circulation et de franchissement des ouvrages (à pied, à vélo ou en voiture).

La situation du seuil

Le seuil est situé au sud de cette séquence, en aval du pont de Beauregard. En rive gauche, sur la commune du Passage, le seuil est en contrebas du couvent. Sur la rive droite, l'environnement va évoluer prochainement compte tenu de l'implantation du giratoire de la liaison routière Beauregard/RD 813 et des ouvrages contre les crues.

Une dissymétrie des rives:

Une particularité topographique est constituée par la dissymétrie des berges. En rive gauche, sur la commune du Passage, il y a une terrasse très marquée qui domine la vallée. Si, au sud du périmètre d'étude, le fleuve coule en pied de relief, progressivement, au nord de Beauregard, le rebord de terrasse s'oriente légèrement vers le nord-ouest, dégagant entre le fleuve et le pied de terrasse, une portion de vallée de plus en plus large. Zone traditionnellement inondée par les crues, elle comprend très peu de bâti. Après la ripisylve épaisse constituée de saules, elle présente une longue prairie ponctuée de quelques bouquets d'arbres à caractère horticole et bordée par une digue. A l'ouest de cette levée de terre, s'étendant jusqu'au pied de terrasse, les parcelles sont majoritairement occupées par des parcelles en pépinière. En rive droite, il n'y a pas de terrasse. C'est la plaine. La ville s'est étendue sans contrainte topographique, sa nouvelle façade d'entrée, le secteur « Agen sud » est mise à distance par une prairie en bord de voie. Quand la ville « s'arrête » commencent les peupleraies, interrompues par les clairières habitées comme le château de Pélissier.

Cette différence de configuration des rives a contribué à un développement urbain distinct sur chacune des rives. De ce fait, sur la rive gauche, en bord de fleuve, le paysage a gardé un caractère champêtre propice aux déambulations piétonnes ou cyclistes, tandis qu'en rive droite, le rôle d'entrée de ville de la route renforce le caractère urbain du paysage. Les travaux routiers et hydrauliques à venir vont contribuer à renforcer cette différence.

Analyse paysagère

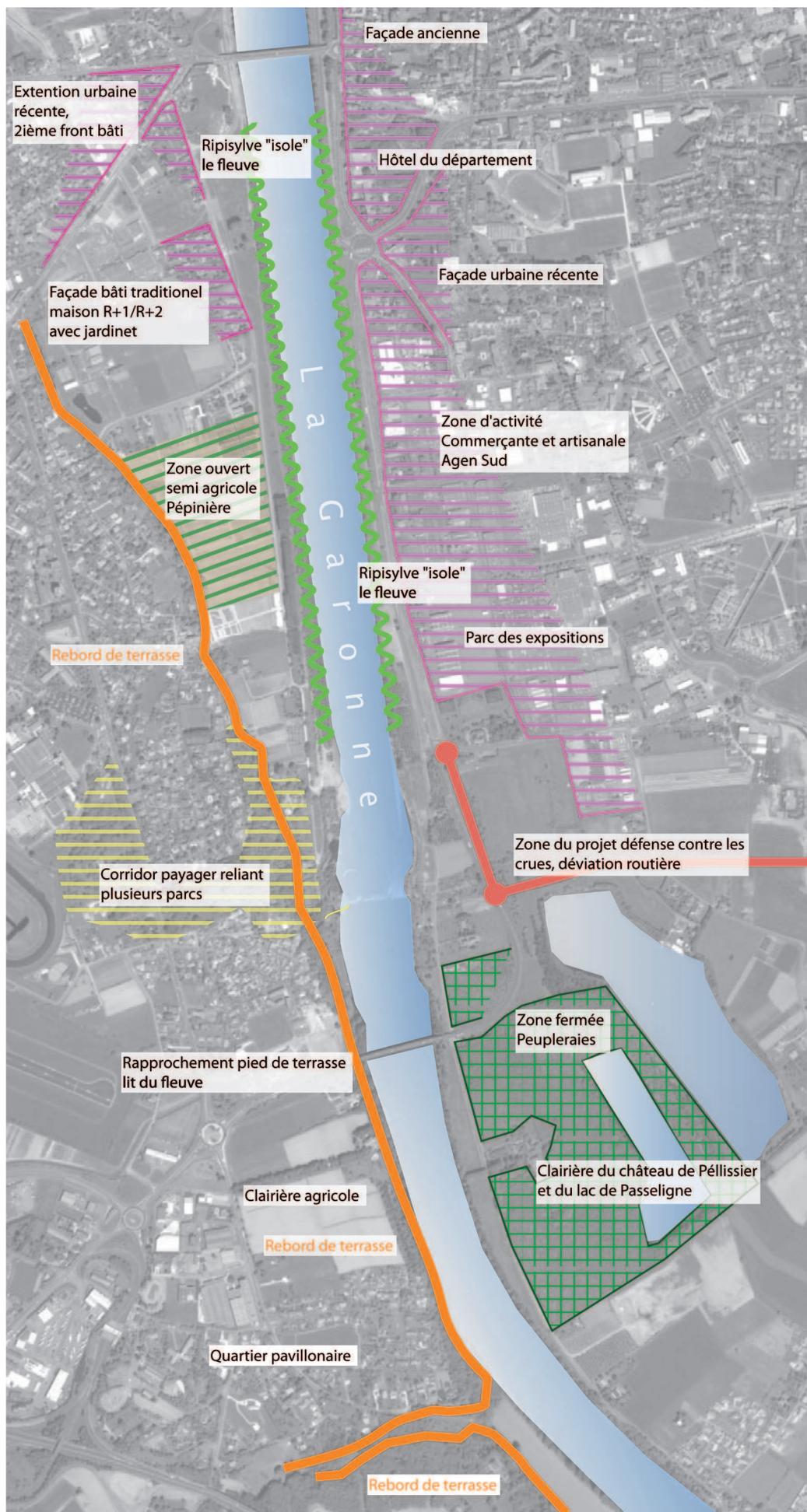
Deux échelles de paysage:

Du fait de l'encaissement de la rivière entre des berges élevées, le paysage de Garonne se perçoit à deux échelles, sans continuité de perception entre l'une et l'autre. Comme mentionné dans un paragraphe précédent, le fleuve présente une ampleur majestueuse que l'on perçoit aisément des ponts. C'est un paysage à grande échelle. Par contre, quand on longe les rives, les vues sont fractionnées, fragmentées. L'eau est difficile à approcher, il faut suivre les chemins des pêcheurs pour rejoindre les grèves accessibles. Souvent, un cordon de saules enchevêtrés isole du bord de l'eau. Garonne se mérite.... Sur ces sentiers, à l'approche de l'eau, on traverse des espaces confinés par la ripisylve, les ronciers, les massifs de bambous échappés des jardins. Ce sont des lieux très dépaysants aux abords de l'agglomération. Le bruit de l'eau au niveau du seuil, et de la passe à poissons couvre le bruit de la route et renforce cette impression dépaysante. Dans le projet d'ouvrage, devront donc être prises en compte ces deux échelles de perception, l'échelle ample du fleuve dans sa course sud/nord traversant l'agglomération et l'échelle, petite, fragmentée, peu valorisée, et pourtant dépaysante du paysage en rive.

L'analyse spatiale, des séquences complémentaires :

La décomposition en séquences permet de décrire la réalité du terrain et de réfléchir sur les enjeux paysagers dans le cadre du projet. Ces séquences correspondent à des variations de l'environnement rapproché du fleuve.

Analyse paysagère



Carte des séquences

Séquence 1
Prairie entre
route et fleuve
Front bâti
traditionnel
rapproché

Séquence 2
Semi-agricole
prairie et
pépinières à
l'ouest de la
digue

Séquence 3
Plus de route en
bord de Garonne,
seulement
chemin agricole.
Proximité,
avec le fleuve.
Végétation
dense, accès
grève/pêcheurs

Séquence 4
Versant abrupt,
passage difficile

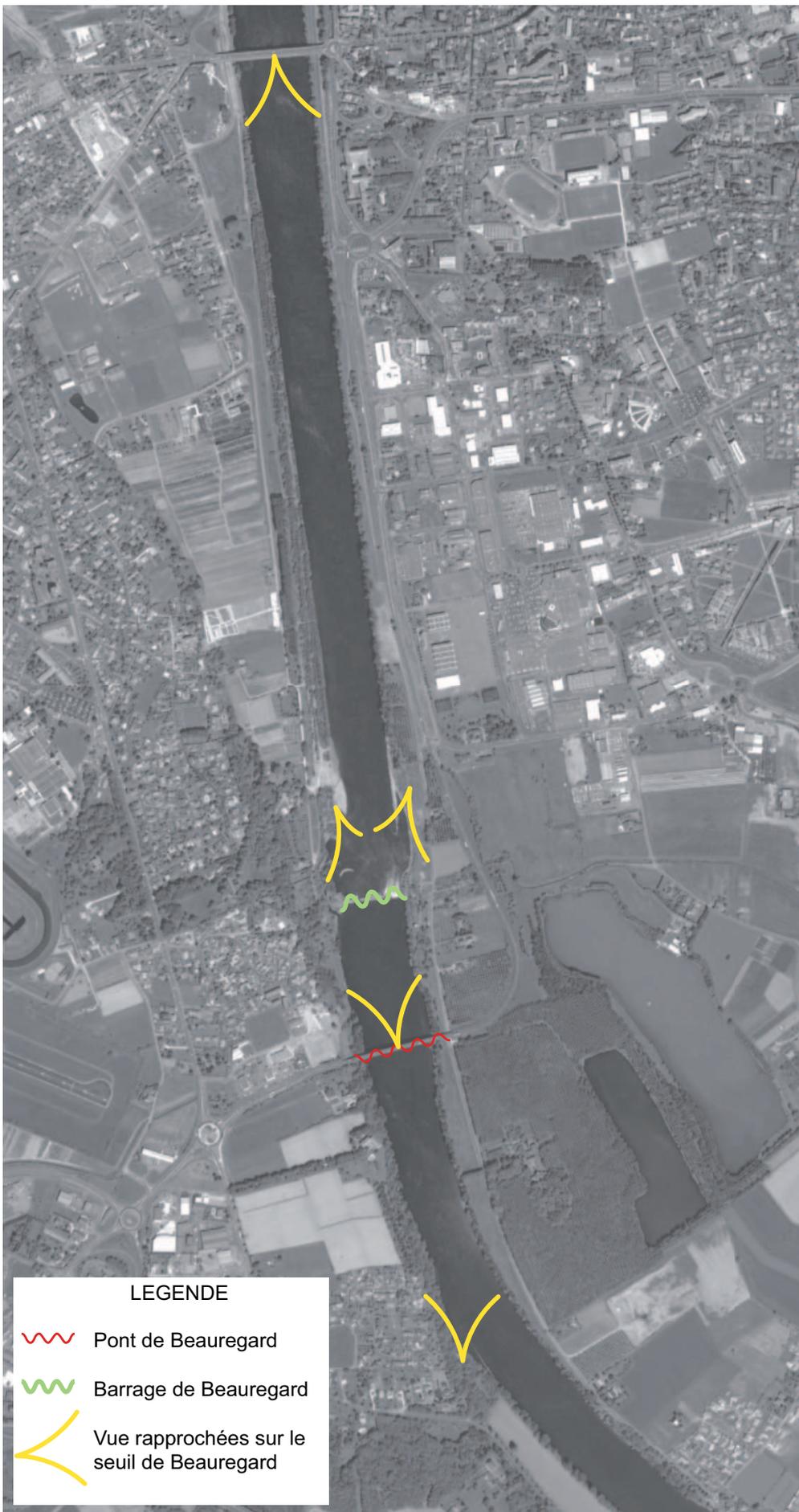


Séquence 1
Entrée de ville
Façade
commerciale
homogène.
Mise en recul
par la prairie
Ripisylve / écran
par rapport au
fleuve.

Séquence 2
Secteur
Projet liaison
Beauregard /
RD813

Séquence 3
Peupleraies
différents âges

Carte des vues



Barrage depuis l'ensemble bâti désaffecté



Barrage depuis le quai de la Garonne

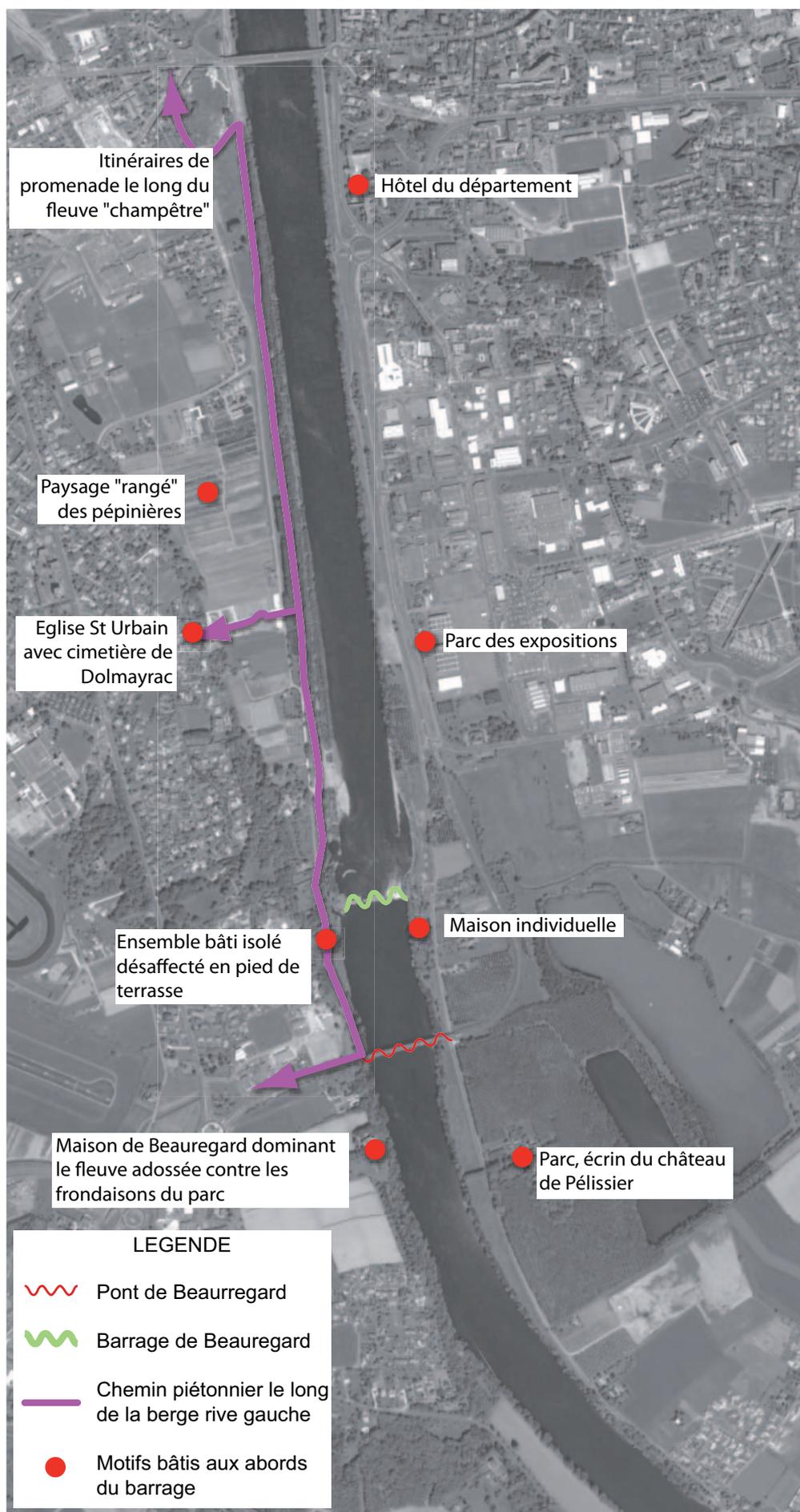


Barrage depuis une la grève en rive gauche



Barrage depuis le pont de Beauregard

Carte des motifs bâtis



Hôtel du département



Ensemble bâti isolé désaffecté



Itinéraire de promenade



Eglise St Urbain avec cimetière de Dolmayrac



Maison individuelle



Parc, écrin du château de Pélissier



Bosquet de platanes, vestiges d'un parc ou d'une pépinière



Trace d'ancien chemin traversant des saules en rive



Prairie entre le fleuve et digue



Front bâti discontinu

Rive Gauche : Séquence 1

Cette séquence est caractérisée par une distance d'environ 500m entre le rebord de terrasse et le fleuve. L'espace est peu construit. Il y a une route communale parallèle au fleuve. Le fleuve est masqué par une ripisylve abondante constituée de saules et de peupliers. Le long de la ripisylve s'étend une prairie ponctuée de bouquets d'arbre de belle allure, des platanes, des alignements de magnolia grandiflora, plus loin des albizzias (restes de pépinières ou vestiges de parc ?) En bord de voie, côté ouest, il y existe un bâti traditionnel discontinu précédé par des jardinets. C'est un site présentant de belles qualités paysagères, peu aménagé qui invite à la promenade.



Pépinière



Bosquet d'albizias



Extension du cimetière de Dolmayrac



Vue vers l'aval le Pont de Pierre

Rive Gauche : Séquence 2

Le rebord de terrasse se « rapproche ». Il y a de moins en moins de bâti. Le caractère champêtre et agricole domine avec les parcelles en pépinières et quelques peupleraies étroites en bord de fleuve. C'est un paysage bien « rangé ». Le fleuve est toujours masqué par la ripisylve, l'eau est difficile à aborder. Le cimetière de Dolmayrac, dominé par l'église Saint-urbain a été étendu dans la plaine, sur un terrain rectangulaire qui respecte l'organisation parcellaire en lanière. La route communale de la vallée tourne à angle droit pour gravir le dénivelé de la terrasse. Ce virage marque la fin de la séquence.



Vue depuis la rive opposé : zone de stationnement des pêcheurs



Chemin piétonnier bordé par d'épaisses barrières de ronce



Vue sur le seuil depuis rive gauche



Perré maçonné envahie de végétation ligneuse

Rive Gauche : Séquence 3

La route a fait place à des chemins ruraux dont l'accès est réservé. Ils permettent de rejoindre la grève. Il y a quelques maisons cachées derrière leurs jardins et leurs clôtures. L'échelle devient plus intime, l'eau devient accessible, elle se voit, s'entend. La végétation est dominée par les saules au port penché par le courant des grandes eaux. Malgré le dépôt de sacs plastiques, le reste de feux sauvages, c'est un endroit précieux, et rare où l'on peut « fréquenter » la rivière, se mouiller les pieds, Ils sont rares ces lieux là où la Garonne se laisse abordée... Il existe une ensemble bâti isolé, en pied de coteau, il est accompagné par une végétation de jardins, notamment des massifs de bambous noirs et d'importantes touffes de lauriers. Au niveau du seuil et de la passe à poissons, le bruit de l'eau isole de la rumeur de la circulation routière du pont de Beauregard. Les aménagements techniques manquent d'esthétique, notamment l'abondance d'enrochement de la passe à poissons est peu qualifiante. Dans son état actuel, cette séquence est un lieu peu amène qui gagnerait à être nettoyé ; pourtant elle présente un grand potentiel paysager, principalement pour son caractère naturel en bord de Garonne aux portes de l'agglomération. On se sent dans le lit du fleuve et pas seulement spectateur du fleuve.



Ancien verger planté de noyers



Chemin de desserte technique bordant la parcelle de noyer



Coude sud de la Garonne, berge abrupte inaccessible



Berges abruptes - maison de Beauregard surplombant la Garonne vue depuis la rive opposée

Rive Gauche : Séquence 4

La terrasse se rapproche du lit du fleuve, le chemin devient un sentier. Le caractère sauvage domine, le versant est occupé par la végétation spontanée. L'accès au fleuve redevient difficile, voire impossible. A l'extrémité sud, au niveau de la confluence avec un vallon secondaire, la vallée reprend un peu de largeur ce qui laisse place à une plantation de noyers. Il n'y a pas de continuité piétonne sur l'ensemble de cette berge. Après le pont de Beauregard, le sentier devient confidentiel et impraticable pour un promeneur ordinaire.



Peupleraie rive droite



Peupleraie rive droite



Prairie fleurie le long de l'avenue A. Tissidre au premier plan de la zone d'activités Agen Sud

Rive droite : Séquence 1

Cette séquence constitue l'entrée de ville d'Agen. D'un côté se développent les façades de la zone Agen-sud, de l'autre, la Garonne se devine. La route domine la berge, séparée par une bande étroite. La ripisylve est discontinue et laisse voir davantage la rive opposée, que le fleuve lui-même. La zone d'activités commerciales a été conçue dans un souci de cohérence, présentant un traitement de façades homogène. Ces façades sont mises à distance par rapport à la route grâce à une bande de prairie. Une partie du terrain en contrebas de la route est occupé par des gens du voyage. Compte tenu du tracé de la route parallèle à la Garonne, les vues sur le fleuve sont des vues biaisées, assez longues. Le caractère urbain et maîtrisé de cette séquence est intéressant, faisant face à une rive opposée plus sauvage.



Rampe de mise à l'eau d'embarcation légère



Maison située à l'est sur l'axe du barrage



Jeune peupleraie



Berge rive droite bordée de peupliers adultes

Rive droite : Séquence 2

La séquence englobe le barrage. Elle est concernée par le projet de liaison Beauregard /RD813. ce projet ne vient pas investir la berge, au contraire la route s'éloigne légèrement du fleuve. Le parti paysager retenu pour ces ouvrages tend à « dialoguer » au maximum avec les paysages qu'il traverse, et à s'insérer grâce à une végétation adaptée. Au niveau de ces ouvrages, les haies sont constituées de saules, des bouquets d'aulnes sont prévus.



Peupleraies de maturités différentes séparées par le quai de Garonne



Ancienne allée de tilleuls face au château Pélissier



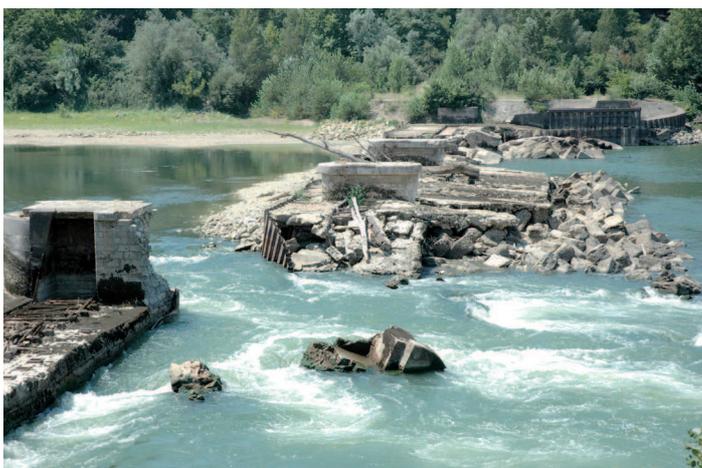
Alignement de magnolia précédé par un platane majestueux en bordure du parc du château de Pélissier



Prairie fleurie devant le château Pélissier

Rive droite : Séquence 3

On quitte la ville, on rejoint les peupleraies. Le paysage est plus monotone, variant selon l'âge des plantations, les coupes dégageant des vues franches et brutales. Au niveau du château de Pélissier, une végétation différente vient s'immiscer : des alignements de tilleuls vers la Garonne, des platanes, des magnolias et des chênes. C'est une belle surprise au milieu des rangées de peupliers.



Impact en période d'étiage

La reconnaissance paysagère s'est faite en fin d'hiver, début de printemps. Les eaux étaient relativement hautes et l'impact visuel du seuil en vues rapprochées, partiellement absorbé. Emergeaient principalement les piles, et se percevait la ligne de chute des eaux.

Le bureau d'étude ISL nous a transmis des prises de vue faites en période d'étiage.

Dans ces moments là, l'impact du seuil est très fort. Il se présente comme un ouvrage en ruine, d'aspect détestable, avec un bandeau de paplanches tordues et des éléments de maçonneries renversés, on dirait une « décharge ». C'est une vision désolante, à une période où la tentation est grande de s'aventurer sur les grèves découvertes. Comme il a été dit dans l'analyse, le seuil se situe dans une séquence paysagère à dominante « naturelle », particulièrement en rive gauche. L'aspect détérioré de l'ouvrage disqualifie le paysage du fleuve.

SYNTHESE :

Actuellement l'impact du seuil est faible en période de hautes eaux, surhaussé visuellement par le pont de Beauregard, il se signale par la ligne d'interruption de la surface d'eau. En période d'étiage, son impact est disqualifiant pour le paysage du fleuve. En vues rapprochées, l'impact est plus fort, surtout au niveau de la passe à poissons. Par contre, le bruit de l'eau est intéressant contribuant à la notion de dépaysement.

ENJEUX PAYSAGERS :

Prendre en compte les deux échelles du paysage :

- L'échelle du fleuve perçu depuis les ponts principalement et l'échelle du lit du fleuve ; selon ces échelles, l'impact du projet peut être différent.
- Prendre en compte le potentiel paysager de la rive gauche, notamment par une mise en valeur des berges naturelles et une amélioration des conditions de promenade.

9 USAGES PASSES, EXISTANTS ET POTENTIELS

9.1 Prélèvements en rivière et en nappe alluviale

9.1.1 Situation des points de prélèvement

Des prélèvements sont réalisés dans la nappe alluviale ou en rivière pour l'adduction d'eau potable, l'agriculture (irrigation), l'industrie ou les usages domestiques.

En 2007, la DDAF a autorisé, pour les usages agricoles ou industriels, 59 puits en nappe alluviale sur les communes de Boé, Le Passage et Layrac, et 7 prélèvements en Garonne du pont de SNCF de Layrac jusqu'à l'amont du barrage. Par ailleurs, sur les 66 prélèvements autorisés en 2007, 58 sont des installations agricoles pour l'irrigation de terrains de culture, les 8 autres sont à usage domestique.

En ce qui concerne l'adduction d'eau potable, plusieurs ouvrages de prise d'eau se trouvent à proximité du barrage.

La planche PL1-06 en annexe 5 présente l'implantation des prélèvements en Garonne et en nappe alluviale.

9.1.2 Prélèvements potentiellement influencés par le seuil de Beauregard

Compte tenu de l'étude hydrogéologique, les prélèvements dans la plaine alluviale de Boé ne sont pas influencés par le seuil de Beauregard : on ne les considère donc pas comme un usage du seuil.

L'étude hydraulique montre par ailleurs que le seuil de Beauregard a une influence sur la ligne d'eau jusqu'à pont de Saint Pierre de Gaubert.

Compte tenu de l'étude hydrogéologique, les prélèvements sous influence du seuil de Beauregard sont donc les 3 prélèvements dans la nappe alluviale de Layrac situés à l'aval du pont de Saint Pierre de Gaubert et les prises d'eau en rivière à l'amont du seuil jusqu'au pont de Saint Pierre de Gaubert :

- Prise d'eau AEP de Lacapelette,
- Prise d'eau AEP de Sivoizac,
- 7 prises d'eau agricoles.

Prise d'eau en Garonne à usage AEP de Lacapelette (Boé)

La prise d'eau de Lacapelette est située en rive droite environ 80 m en amont du barrage, fonctionnant depuis 1974. Les eaux provenant de ce pompage sont traitées à l'usine de potabilisation de Lacapelette et alimente la ville d'Agen. Suite à des problèmes de dénoyage de la crépine, la réalisation de deux conduites ensouillées dans le lit de la Garonne et la mise en place de deux crépines à brides et manchons d'adaptation de hauteurs variables au niveau du milieu du lit mineur est prévue à l'étiage 2008 [5].

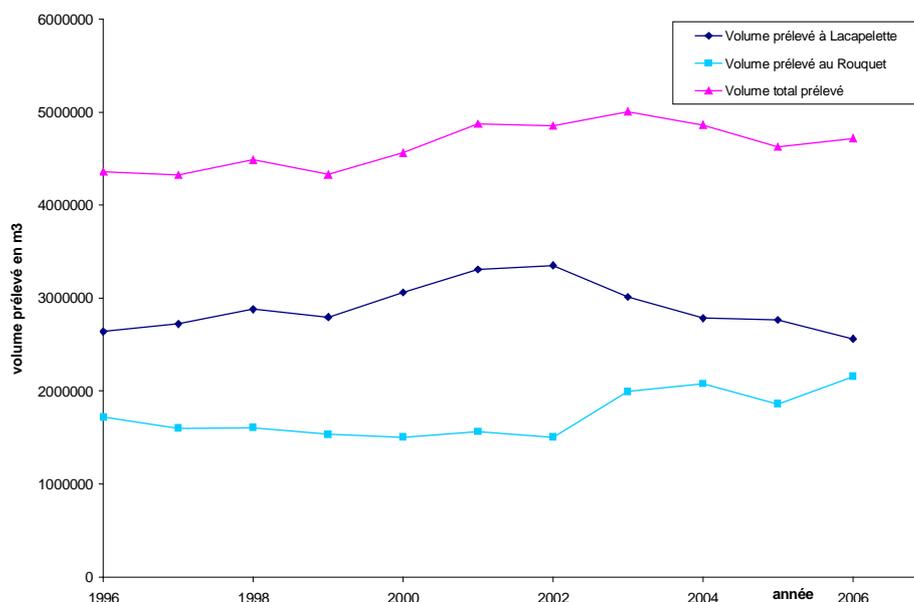


Figure 81 : Prélèvements des prises d'eau de Lacapelette et du Rouquet (forage profond) pour l'AEP d'Agen [5]

Prise d'eau en Garonne à usage AEP de Sivoizac (Le Passage)

La prise d'eau de Sivoizac est située en rive gauche de la Garonne environ 1,1 km en amont de seuil de Beauregard. Elle sert à la production d'eau potable pour le compte du Syndicat unifié d'Adduction d'eau potable du Sud d'Agen depuis 1968 ([14] et [15]). La gestion de la ressource est confiée à la société VEOLIA. Dans le courrier du 5 mars 2008 adressé à ISL, VEOLIA présente les volumes prélevés à la prise d'eau de Sivoizac, soit 1 046 000 m³ en 2006 et 1 117 000 m³ en 2007. Le débit maximal fixé par l'arrêté du 3 juillet 2006 est de 300 m³/h. Des travaux ont été réalisés en 2005 pour pallier aux problèmes de dénoisement ayant fait suite à l'apparition des brèches dans le seuil de Beauregard. Ils prennent en compte le possible arasement du seuil.

Prises d'eau en Garonne à usage agricole

La DDAF n'a pas reçu de plaintes des exploitants des 7 prises d'eau en rivière entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le barrage de Beauregard laissant présager de problèmes de dénoisement de crépine ou de baisse dommageable du niveau d'eau suite à l'ouverture de la brèche en 2005.

Les crépines, mobiles, peuvent a priori être déplacées si nécessaires dans le lit d'étiage.

Prises d'eau dans la nappe alluviale de Layrac à usage agricole

Compte tenu de la situation des trois prises d'eau, soit située à l'amont de la zone impactée (lieudit Boissonade), soit situées à distance importante de la Garonne, l'impact hydraulique du seuil de Beauregard est limité sur ces prises d'eau. Ainsi, l'impact de l'abaissement de la ligne d'eau consécutif à la formation de la brèche principale est estimé à environ 5 cm pour ces prises d'eau.

9.2 Activités nautiques

Le plan d'eau du barrage de Beaugard présentait un réel attrait touristique et faisait l'objet d'activités nautiques comprenant :

- Motonautisme et ski nautique,
- Jet-ski,
- Bateau-école (formation au permis bateau),
- Canoë-kayak.

La baignade est interdite en Garonne⁷.

Initialement, la pratique du jet ski et du ski nautique s'effectuaient sur une unique portion de fleuve comprise entre les PK 11,700 et 15,650.

En 1996, suite à une difficulté croissante de conciliation entre les adeptes de ces deux sports, le règlement de la navigation a été modifié : le jet ski bénéficie de la partie amont du tronçon pour évoluer, soit du PK 11,700 au PK 12,950, et le ski nautique se pratique du PK 12,950 au PK 15,650 sur la largeur complète de la Garonne et du PK 15,650 au PK 16,350 dans un couloir situé en rive droite (voir planche PL1-07 en annexe 5).

Cependant, depuis le 25 avril 2008, l'arrêté préfectoral n°2008-116-41 abroge l'article 6 de l'arrêté préfectoral du 30 avril 1996 qui autorisait la pratique du jet ski entre les PK 11,700 et 12,950. Les activités de jet sont donc interdites sur l'ensemble de la Garonne dans notre secteur d'étude.

L'arrêté préfectoral du 30 avril 1996 interdit la circulation des bateaux à voile ou à propulsion mécanique de 500 m en amont à 200 m à l'aval du barrage de Beaugard, à l'exception des embarcations impliquées dans l'entretien du cours d'eau et des ouvrages qui y sont édifiés.

9.2.1 Motonautisme et ski nautique

Le siège motonautique Boé (SMB) possède des installations en rive droite. En 1980, la commune de Boé a construit à Boé bourg une cale de mise à l'eau.

Puis, le SMB s'est illustré pour son organisation de compétitions motonautiques. Toutefois, ces épreuves sportives se déroulant en mai, période où les crues de la Garonne sont possible, le siège motonautique de Boé n'a jamais pris le risque d'organiser ces épreuves de motonautisme sur la Garonne. Ainsi, les épreuves de championnat du monde et de coupe d'Europe de motonautisme de 1988 ont-elles eu lieu sur le lac de Passeligne.

Le SMB s'est néanmoins tourné vers le fleuve pour présenter des courses de radeaux. L'article de La Dépêche du 13 Juillet 2002 [16] présentait cette activité comme un événement annuel local incontournable. Le 17 juillet 2005 a eu lieu la 11ième édition des « Raz d'eau insolite de Boé » qui consistait à descendre la Garonne sur 7 km entre Saint Nicolas de la Balermie et Boé, suivant la délibération n° 29-2005 du Conseil Municipal de la commune de Boé [17], sur une embarcation originale.

⁷ Réglementairement, il n'existe pas de texte interdisant la baignade sur une portion de cours d'eau. Cependant, une zone de baignade doit faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès des services de la DDASS pour être officiellement reconnue comme un lieu de baignade faisant l'objet de surveillance de qualité de l'eau et possédant un accès à l'eau et une plage. A ce jour, aucune zone de baignade n'est déclarée sur la Garonne dans sa traversée du département du Lot-et-Garonne.

Depuis 2005, aucune manifestation radéliste n'a été organisée sur la Garonne pour des raisons de sécurité. En effet, Monsieur Saint-Martin, Président du SMB, indique que l'abaissement du plan d'eau ne rend plus possible la navigation des embarcations propulsées par hélice des agents de sécurité pour surveiller les descentes des concurrents en radeau. De plus, **l'activité de ski nautique** (pour laquelle peu d'information historique est disponible), les courses de bateaux, hors-bord, hydroglisseurs ne sont plus envisageables en raison du niveau d'eau insuffisant. Le SMB n'offre actuellement plus d'activités sur la Garonne.

9.2.2 Jet ski

Depuis quelques années, le jet ski est devenu un véritable sport de loisir faisant de plus en plus d'adeptes. Se basant sur cet intérêt croissant, le jet club Boé offre, depuis 1999 et sur la Garonne, un parcours réservé exclusivement à la pratique du jet ski. Il dispose d'un plan d'eau de 1,5 km sur la Garonne avec une partie naturelle et une seconde équipée de bouées. En raison du faible tirant d'eau nécessaire à sa pratique, cette activité a été moins affectée par la baisse du plan d'eau que le ski nautique qui lui est devenu impraticable vu la faible profondeur d'eau. Toutefois, la dégradation du seuil a un impact financier sur le jet club Boé qui se trouve dans l'incapacité d'ouvrir son activité de jet ski en juillet et en août alors que se sont les deux mois attirants le plus d'adhérents. En effet, la Garonne se trouve alors à l'étiage : le faible tirant d'eau empêche toutes activités nautiques motorisées comme le jet ski.

Entre les PK 11,700 et 12,950, la pratique du jet ski sur la Garonne et la circulation de véhicules motorisés (quads, motos,...) perturbent le calme environnant. C'est pourquoi, suite à des plaintes des riverains, des contrôles sur le bruit émis au niveau de cette zone ont été réalisés. Il en résulte une interdiction de la pratique d'activités motorisées sur les berges de la Garonne et **l'arrêté préfectoral du 25 avril 2008 abroge l'autorisation de pratique du jet ski sur ce tronçon.**

9.2.3 Bateau école

Le permis fluvial étant obligatoire si la puissance de l'appareil propulsif est supérieure à 4,5 kW, des bateaux écoles proposent d'enseigner la conduite. Depuis 1987, M. Lamouroux exerce une activité de bateau école. Initialement installé sur le plan d'eau du barrage de Beauregard, cet emplacement apparaissait pratique en raison de l'existence de la cale de mise à l'eau à Boé-bourg. Un ponton avait été installé pour faciliter la mise à l'eau des embarcations. Son chiffre d'affaire s'élevait alors à 578 942 € HT pour la partie permis bateau sur le plan d'eau de Boé en amont du barrage de Beauregard.

Depuis 2005, le faible tirant d'eau en période d'étiage ne permet plus d'évoluer sur le plan d'eau du barrage et M. Lamouroux fut contraint de poursuivre son activité économique sur le canal. Entre 1996 et 2005, 2076 candidats ont passé l'examen du permis fluvial sur la retenue du barrage de Beauregard.

9.2.4 Canoë kayak

La pratique du canoë-kayak est répandue sur la Garonne mais difficile en été en raison du faible tirant d'eau. L'école de canoë-kayak d'Agen n'enseigne pas cette activité au droit du barrage qu'elle juge dangereux en raison de la présence d'un rappel au niveau du ressaut hydraulique de la passe profonde. Ce site est apprécié des kayakistes émérites amateurs de sensations fortes lors des hautes eaux du fleuve.



Figure 82 : Pratique du canoë-kayak dans le spot de la passe profonde du barrage.

Source : www.eaux-vives.org

9.3 Pêche

La pratique de la pêche est répandue sur l'ensemble du cours de la Garonne.

Au niveau d'Agen et de Le Passage, toutes les activités de pêche classique sont présentes, le site étant particulièrement apprécié pour sa facilité d'accès aux berges en rive gauche et la présence de bancs de graviers découverts à l'étiage. [1]

Suite à la construction de la passe à poissons en 1994, un déplacement de la zone de pêche s'est opéré vers l'amont ce qui affirme un impact positif de la passe [1]. Celui-ci reste toutefois à relativiser puisque la dégradation du barrage de Beauregard implique la mise hors d'eau de la passe à l'étiage.

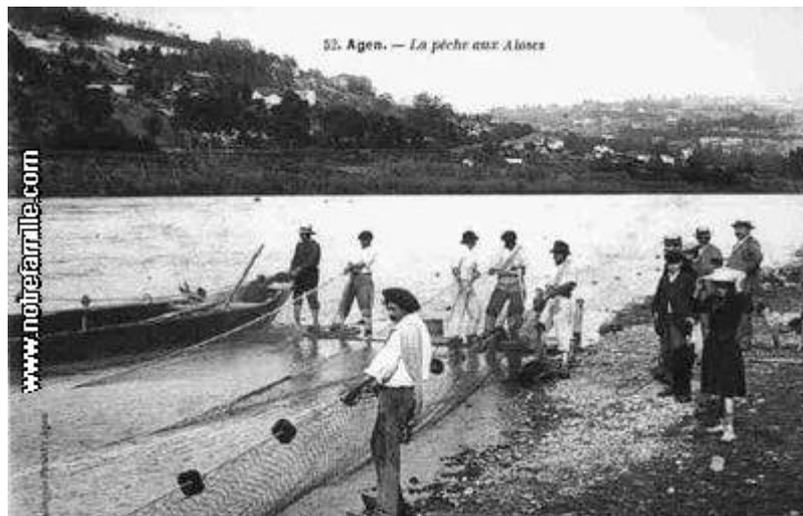
9.3.1 Réglementation

Une interdiction permanente de pêche existe 50 m en amont et 200 m en aval du barrage de Beauregard sur les communes de Boé, d'Agen et de Le Passage.

De plus, au niveau de la réserve naturelle de la frayère d'Alose (entre les points kilométriques 18.27 et 19.06), la pêche est interdite pendant la période de fraye de l'alose, c'est-à-dire du 1^{er} juin au 31 juillet.

9.3.2 Pêche amateur

Au niveau amateur, les pêcheurs s'intéressent généralement aux poissons sédentaires mais recherchent également les migrateurs comme les mullets et les aloses. Le mullet est l'objet d'une pêche très active principalement dans toute la traversée d'Agen de juin à fin août (souvent 15 à 30 pêcheurs). Quant à l'alose, la zone de pêche était historiquement située en aval du barrage de Beauregard avec une remontée au cours des vingt dernières années vers l'amont.



Carte postale : La pêche aux aloses à Agen. Source : www.notrefamille.com

Ainsi, en 1982, l'aval du pont de Pierre était le lieu de rencontre des pêcheurs d'aloses. En 1985, un prélèvement de 15 à 50 aloses par jour soit 1300 à 1500 annuellement (1 à 2 tonnes) était réalisé au niveau du pont [14]. Puis, à la fin des années 90, le lieu de pêche s'est décalé vers l'amont : c'est l'aval immédiat du barrage qui est devenu propice à une pêche fructueuse.

La pêche aux engins est interdite à l'aval du seuil de Beauregard en raison de son classement en réserve naturelle. Ce site est donc réservé à la pêche à la ligne. Ancien lieu de pêche privilégié, l'aval du barrage a perdu l'essence de son attrait halieutique : étant donné que le seuil comporte des brèches, il ne constitue plus une barrière à la montaison des poissons migrateurs, ce qui implique une diminution de la concentration piscicole. Il demeure toutefois apprécié des pêcheurs pour la propriété d'oxygénation des eaux induite par le seuil.

L'amont du barrage, quant à lui, permet la pratique des deux types de pêche, c'est-à-dire aux engins et à la ligne.

La DDAF délivre sur ce secteur, nommé D6, 27 licences de pêche amateur. Si chacune d'elles avait un acquéreur en 2003, seules 13 trouvent preneurs en 2007, d'après les chiffres de la DDAF du Lot-et-Garonne. L'effectif des pêcheurs est donc en baisse au niveau du barrage depuis sa dégradation avérée.

9.3.3 Pêche professionnelle

Au niveau professionnel, la Garonne au niveau d'Agen compte deux pêcheurs d'après l'ONEMA contre 7 en 1985 [14]. Les grandes aloses et les aloses feintes constituaient le tiers du chiffre d'affaire des migrateurs qui atteignait 26 millions de franc en 1978. Cette activité engendrait un flux financier non négligeable ayant des répercussions au niveau de professions connexes comme les poissonniers et les mareyeurs [14]. Aujourd'hui, MM. Gautier Philippe et Sébastien, installés à Couthures-sur-Garonne, ne basent plus leur activité sur l'alose dont la quantité a fortement chuté. De plus, l'arrêté préfectoral du 19 février 2008 en interdit la pêche pendant un an dans le département du Lot-et-Garonne.

9.4 Hydroélectricité

Nous présentons la synthèse de deux études du potentiel hydroélectrique du site de Beauregard puis une actualisation de l'évaluation de ce potentiel.

9.4.1 Synthèse des études existantes

Projet de centrale hydroélectrique Unelco 1985 [14]

Les hypothèses considérées pour effectuer le calcul du potentiel hydroélectrique de l'installation envisagée sont :

- du point de vue hydrologique, les débits sont estimés au niveau du seuil de Beauregard par une pondération par 1,06 des débits relevés à la station de Lamagistère pour tenir compte du rapport des bassins versants. Les analyses hydrologiques sont réalisées sur une période de 17 ans, de 1967 à 1983. Ainsi, le débit moyen interannuel à Beauregard utilisé dans le projet est de 355 m³/s.
- la cote du plan d'eau amont est 43 m NGF. Elle est atteinte pour un débit estimé à 2600 m³/s (crue annuelle). Historiquement, les aiguilles du barrage créaient une retenue à la cote 39,48 m NGF, une élévation du plan d'eau est donc prévue.
- le débit maximal turbiné est de 195 m³/s, avec un fonctionnement au fil de l'eau (pas d'éclusées). Un débit de 4 m³/s est restitué au niveau de la passe à poisson. Les eaux sont restituées à la cote 37,7 m NGF
- l'ouvrage est composé de 5 clapets mobiles de 38,4 m de longueur et de 5,6 m de hauteur qu'il est possible de baisser en cas de crue. La largeur totale du barrage est fixée à 210 m. Un seuil fixe est implanté à la cote 37,40 m NGF. Une usine unique est installée en rive gauche de la Garonne, nivelée à la cote 50 m NGF, composée de 3 groupes Kaplan à axe vertical et aspirateur coudé 3x65 m³/s de puissance globale de 8000 kW (7967 kW, compte tenu du rendement 80% et des pertes de charge dans la centrale). Un entonnoement amont est prévu et consiste en un chenal de 85 m de longueur, de pente 10% et de profondeur 8 m devant l'entrée de l'usine. Un canal de fuite de 150 m complète l'ouvrage. Il aura une pente négative de 10% sur les 30 premiers mètres.

Il en résulte une chute brute de 5,68 m et nette de 5,48 m. Le projet présente une production brute moyenne calculée sur 17 années, de 45,6 GWh (répartie entre 20,5 kWh hiver et 25,2 kWh été).

La prise en compte des divers arrêts dus à l'entretien, à la maintenance, aux coupures EDF, conduit à minorer cette production de 5%. Les chiffres avancés sont alors de 43,3 GWh (répartis entre 19,4 GWh en hiver et 23,9 GWh en été).

En résumé, la production prévue par ce projet est de 43 GWh/an, soit 11 000 TEP⁸.

⁸ TEP : tonne équivalent pétrole. 1 TEP = 4 500 kWh électrique.

Analyse du potentiel hydroélectrique du site, compagnie des Experts et Sapiteurs, 2002 [15]

Les hypothèses considérées pour effectuer le calcul du potentiel hydroélectrique de l'installation envisagée sont :

- un module hydraulique de 450 m³/s au niveau du seuil de Beauregard,
- un barrage à clapet assurant un niveau amont constant et pouvant s'effacer en cas de crue est prévu,
- 2 centrales sont implantées, l'une rive gauche et l'autre rive droite.

Deux hauteurs de chutes sont ensuite envisagées. La première offre une dénivellation moyenne de 2,90 m, ce qui correspond à un relèvement de 50 cm, au niveau plan d'eau historique (39,48 m NGF). La puissance alors calculée est de $2 \times 200 \times 2,9 \times 9,81 = 11\,400$ kW.

Le potentiel s'élève à 42 GWh/an, soit 10 500 TEP. Au tarif de rachat de l'énergie hydraulique (décret du 25 juin 2001), la recette annuelle serait de 2,5 millions d'euros. Sachant qu'un ménage français consomme 2 900 kWh par an hors chauffage et eau chaude sanitaire d'après l'Observatoire de l'Energie, la production servirait à alimenter 14 000 ménages, soit environ 40 000 personnes.

Dans le second cas, une surélévation de 1 m est envisagée. La puissance produite est alors de 15,3 MW, ce qui implique un potentiel de 60 GWh/an (15 000 TEP). Ce potentiel correspond à la consommation de 20 000 ménages, soit environ 57 000 personnes. La recette annuelle serait de 3,5 millions d'euros.

Le coût d'investissement étant de 22 millions d'euros, le retour sur investissement est de 8 ans et 9 mois dans le premier cas et de 6 ans et 3 mois dans le second cas.

9.4.2 Faisabilité réglementaire et régime administratif

Possibilité de mobilisation du potentiel hydroélectrique

L'Agence de l'eau présente dans son rapport sur « l'évaluation et la prise en compte du potentiel hydroélectrique » [13] les données et les principes qui ont prévalu aux dispositions du SDAGE concernant l'hydroélectricité. Référence est faite à l'étude du potentiel hydroélectrique menée en 2007 à l'échelle du bassin Adour Garonne pour évaluer le potentiel hydroélectrique non encore exploité par les usines existantes. Trois gisements possibles sont identifiés :

- l'optimisation des installations existantes par l'équipement des sites existants, le turbinage des débits réservés, l'équipement d'autres ouvrages
- un potentiel composé de projets nouveaux déjà étudiés par les producteurs hydroélectriques
- un potentiel résiduel, hors projet, estimé à partir des caractéristiques du réseau hydrographique

La réglementation sur la protection des milieux ne rend pas l'intégralité de ces trois potentiels mobilisables. C'est pourquoi une hiérarchisation nationale en quatre grands niveaux est mis en œuvre pour permettre de répartir le potentiel hydroélectrique selon des catégories de protection législatives.

Les 4 niveaux de protection réglementaire sont (Tableau 25) :

- **potentiel non mobilisable** : les cours d'eau réservés (article 2 de la loi sur l'hydroélectricité de 1919) ou qualifiables de cœurs de parcs nationaux appartiennent à cette catégorie. Les cours d'eau classés dans ce premier niveau

voient leur potentiel hydroélectrique valorisé uniquement par les installations actuelles autorisées antérieurement au classement. Si près de 50% de la production actuelle est assurée par des installations situées sur des cours d'eau de niveau 1, ils ne peuvent faire l'objet de nouvelles autorisations.

- **potentiel sous réserve réglementaire** : les cours d'eau régis par le second niveau de protection sont ceux s'inscrivant aux réserves naturelles nationales, ou aux sites Natura 2000 avec des espèces ou habitats prioritaires liés aux amphihalins, ou aux sites inscrits ou classés, ou enfin ce sont des cours d'eau classés avec liste d'espèces comprenant des migrateurs amphihalins.
- **potentiel mobilisables sous conditions strictes** : ce sont les aires d'adhésion de parcs nationaux, les sites Natura 2000 non répertoriés dans le seconde niveau de protection, les cours d'eau classés sans liste d'espèces publiés ou sans amphihalins, les cours d'eau faisant l'objet d'arrêtés préfectoraux de biotope, les réserves naturelles régionales, les délimitations des zones humides, les parcs naturels régionaux ou alors liés à des dispositions particulières des SAGE et SDAGE relatives aux cours d'eau (axe bleu)
- **potentiel mobilisable « normalement »** : cette catégorie correspond à l'absence de réglementation spécifique de protection.

Les cours d'eau classé aux niveaux 2, 3 et 4 sont exploitables mais avec des contraintes de protections environnementales décroissantes.

Nature de la réglementation	⊗ Potentiel non mobilisable	⊗ Potentiel sous réserve réglementaire	⊗ Potentiel mobilisable sous conditions strictes	⊗ Potentiel mobilisable « normalement »
Cours d'eau réservés (article 2 loi 1919)	X			
Coeur de parcs nationaux	X			
Réserves naturelles nationales		X		
Sites Natura 2000 avec espèces/habitats prioritaires liés aux amphihalins		X		
Sites inscrits / sites classés		X		
Cours d'eau classés avec liste d'espèces comprenant des migrateurs amphihalins		X		
Aire d'adhésion parcs nationaux			X	
Autres sites Natura 2000			X	
Cours d'eau classés sans liste d'espèces publiées ou sans amphihalins			X	
Arrêtés préfectoraux de biotope			X	
Réserves naturelles régionales			X	
Délimitations zones humides			X	
Dispositions particulières des SAGE et SDAGE relatives aux cours d'eau (axe bleu)			X	
Parcs naturels régionaux			X	

Tableau 25 : Les quatre niveaux de protection réglementaire pris en compte dans l'étude du potentiel hydroélectrique [13]

Au niveau du seuil de Beauregard, le contexte réglementaire est le suivant :

- **le cours d'eau est réservé** (décret du 28 juillet 1987),
- il appartient aux site Natura 2000 (FR200700 de juillet 2003) et constitue un axe de migration et de reproduction de 9 espèces piscicoles amphihalines et ainsi le cours d'eau est classé avec une liste d'espèces comprenant des migrateurs amphihalins,

- la zone d'étude est inscrite au site des chutes des coteaux de Gascogne (1971),
- un arrêté de protection biotope a été signé en juillet 1993,
- le SDAGE fixe la Garonne comme un axe de migration prioritaire (axe bleu).

Ainsi, **sous la réglementation actuelle**, le potentiel hydroélectrique au niveau du seuil de Beauregard **n'est pas mobilisable** car le cours d'eau est réservé.

Néanmoins, la mise en œuvre de la loi LEMA prévoit la révision des cours d'eau réservés et le classement des cours d'eau en deux listes suivant les préconisations du SDAGE.

Le futur classement du bief de la Garonne au niveau du seuil de Beauregard selon l'article L214-17 sera probablement dans la première liste en raison du caractère prioritaire de l'axe pour les migrateurs amphihalins. Sur les cours d'eau classés dans la première liste, **« aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique »**.

La future réglementation semble donc permettre la réhabilitation d'un ouvrage existant, y compris sur un axe prioritaire de migration.

Si l'aménagement du seuil de Beauregard est déclaré comme un nouvel ouvrage, étant donné son état actuel fortement dégradé, il doit alors assurer la **continuité écologique** entre l'amont et l'aval.

Sous la réglementation à venir, le potentiel hydroélectrique au niveau du seuil de Beauregard **serait alors mobilisable « sous réserve réglementaire »**.

Régimes administratifs

La loi du 16 octobre 1916 modifiée par la loi de 1980 relative aux économies d'énergie définit deux régimes d'exploitation des centrales hydroélectriques :

- le régime d'autorisation pour les puissances inférieures à 4500 kW. L'autorisation est prévue pour une durée maximale de 75 ans avec possibilité de renouvellement. Ce délai est plutôt ramené à 30 ans actuellement afin de permettre, dans le cadre du renouvellement de l'autorisation, d'obliger le pétitionnaire à se mettre en conformité avec la nouvelle réglementation. L'autorisation ne donne aucun droit particulier d'expropriation ou de servitude. Elle est révocable et peut être retirée, notamment sur les cours d'eau domaniaux si l'intérêt général le justifie. L'autorisation est personnelle et tout changement de propriétaire doit être notifié au Préfet. A l'expiration du délai d'autorisation, le producteur doit rétablir la libre circulation des eaux ou céder son installation à l'Etat avec versement d'une indemnité pour ce dernier.
- Le régime de la concession pour les puissances supérieures à 4500 kW. La durée maximale de la concession est fixée à 75 ans, elle est renouvelable par tranche de 30 ans. Le concessionnaire acquiert les terrains nécessaires au nom de l'Etat et dispose de certaines de ses prérogatives : possibilité d'exproprier, d'imposer des servitudes, etc...mais se voit imposer des contreparties : retour des biens à l'Etat en fin de concession, mise à disposition de réserves en eau et en énergie, redevance financière versée à l'Etat, compensation du préjudice piscicole, etc...

La concession ou l'autorisation donne lieu à une instruction administrative ou à une enquête publique.

9.4.3 Faisabilité technique d'une continuité écologique

La faisabilité réglementaire d'un aménagement hydroélectrique au niveau du seuil de Beauregard est conditionnée par la faisabilité technique d'assurer la continuité écologique au niveau de l'aménagement.

Techniquement, la **transparence sédimentaire** peut être assurée par une **passe profonde** similaire à la passe profonde de l'ouvrage actuel, l'ouvrage mobile s'effaçant en cas de crue.

La **continuité écologique** peut être assurée par des **dispositifs de franchissement** de type passe à poissons pour la montaison et de guidage et de passage hors turbine pour la dévalaison. Les études de suivi des migrations réalisées ces dernières années montrent cependant que l'**efficacité** de ces dispositifs est **relative** (Larinier, 2005 [23]).

9.4.4 Evaluation du potentiel hydroélectrique

Hypothèses

Cote de retenue à l'amont du seuil

On considère un plan d'eau régulé à une cote d'eau constante à l'amont du seuil par des clapets mobiles pouvant s'effacer en cas de crue.

Trois scénarios sont étudiés en fonction du niveau retenu à l'amont du seuil :

- RN = 38,23 m NGF
- RN = 38,85 m NGF
- RN = 39,48 m NGF

On rappelle que les cotes de référence suivantes :

- Passe profonde : 37,12 m NGF,
- Passes supérieures : 38,33 m NGF
- Niveau historique de la retenue normale du barrage à aiguille : 39,48 m NGF.

Hydrologie

On considère les débits classés d'Agen obtenus sur la période 1978-2005 à partir des débits de la station hydrométrique de Lamagistère pour la Garonne, ceux de la station de Layrac pour le Gers, et les débits de la Séoune majorés de 194 % pour prendre en compte les apports des bassins versants intermédiaires.

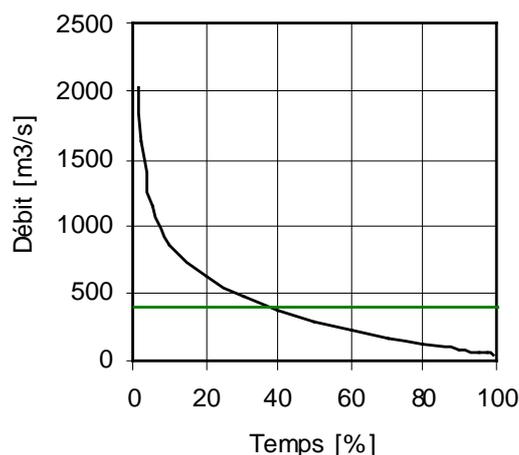


Figure 83 : Courbe des débits classés à Beauregard 1978-2005

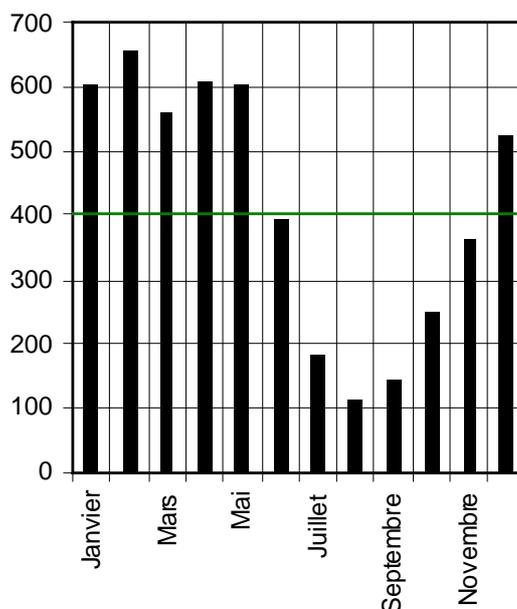


Figure 84 : Débits moyens mensuels à Beaugard 1978-2005

Débit moyen interannuel	405.37 m ³ /s
Débit médian	291.96 m ³ /s
Débit moyen en été	318.56 m ³ /s
Débit moyen en hiver	526.92 m ³ /s

Tableau 26 : Récapitulatif des données hydrologiques

Remarque 1

Les modules de débit interannuel utilisés lors des calculs sont différents selon le concepteur du projet : il est de 355 m³/s pour le projet de la centrale hydroélectrique Unelco [7], de 450 m³/s pour la compagnie des Experts et Sapiteurs [15] et de 405 m³/s dans les calculs réalisés par ISL.

L'écart entre le module de l'étude Hydro M [7] et celui de la présente étude provient probablement de la série hydrométrique utilisée : Hydro M a pris en compte les données s'échelonnant de 1967 à 1983 tandis que les calculs d'ISL considèrent les débits journaliers sur les 30 dernières années soit de 1978 à 2008.

La méthode d'évaluation du module de la compagnie des Experts et Sapiteurs [15] n'est pas décrite.

La **période de référence** pour le calcul du module est importante, d'autant plus que l'hydrologie de la Garonne est en baisse ces dernières années :

Période	Module interannuel(m ³ /s), valeur arrondie
1967-2007 (et 1978-2005)	400
1978-2007	390
1988-2007	370
1998-2007	330
2003-2007	310

Tableau 27 : Module interannuel de la Garonne à Lamagistère selon la période d'évaluation (source : Banque Hydro).

Remarque 2

Lors de l'étude hydrologique présentée au paragraphe 5.1, le débit interannuel moyen calculé sur la période 1978-2005 valait $420 \text{ m}^3/\text{s}$. Or, dans le calcul de potentiel hydroélectrique se base sur un module de $405 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cette différence provient du traitement des données par le logiciel PEAXEL (développé par ISL pour l'évaluation du potentiel hydroélectrique) et plus précisément de la manière dont la courbe des débits classés est calculée dans le cadre d'une application de calcul de productible : le débit de la plus forte crue n'est pas pris en compte (fréquence proche de 0). Par contre, le plus fort étiage est considéré (fréquence de 100%). Ce choix est dû au fait que dans un calcul de productible, l'étiage est prépondérant devant la crue en ce que les forts débits tendent à augmenter la moyenne annuelle et donc à fausser les résultats par excès. De plus, la chute est quasiment inexistante en crue, le turbinage des eaux n'est donc pas effectué. Ainsi, la moyenne prise en compte par le logiciel donne des poids différents aux débits extrêmes. Il en résulte que la moyenne du logiciel est plus faible que celle obtenue en sommant l'ensemble des données hydrométriques.

Le module interannuel moyen considéré dans l'étude de potentiel hydroélectrique est de $405 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondant à la période 1978-2005.

Conditions hydrauliques

La courbe de tarage aval utilisée est issue des lignes d'eau calculées dans lors de l'étude hydraulique :

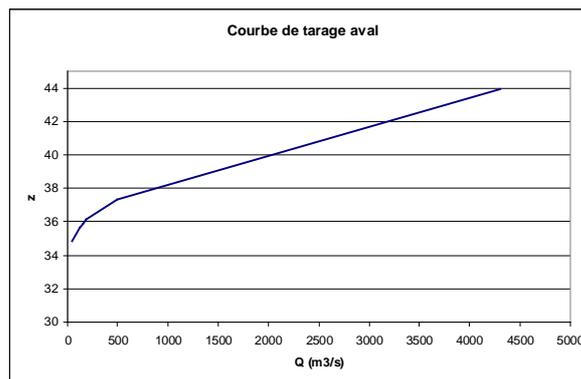


Figure 85 : Courbe de tarage aval

Autres hypothèses

- Débit d'équipement : $400 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit réservé : $40 \text{ m}^3/\text{s}$
- Turbines Kaplan
- Tarifs de revente de l'électricité de l'arrêté du 1^{er} mars 2007, 4 composantes
- Indisponibilité des machines : 5%
- Fonctionnement au fil de l'eau

Les calculs sont réalisés avec le logiciel Peaxel développé par ISL.

Potentiel hydroélectrique• **RN à 39,48 m NGF**

Chute brute maximum	4.6 m
Chute brute moyenne	2.9 m
Chute brute minimum exploitable	1.9 m

Tableau 28 : Chute brute, dans le cas d'une exploitation à la cote de retenue normale 39,48 m NGF

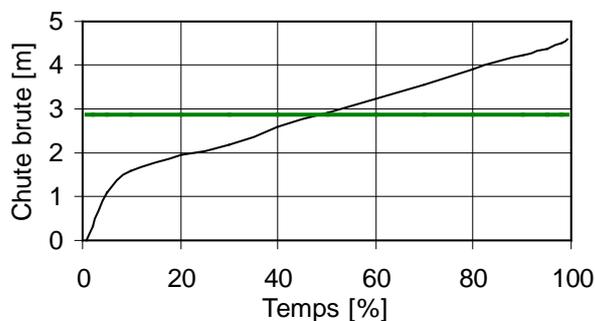


Figure 86 : Fréquence de non dépassement de la chute brute, dans le cas d'une exploitation à la cote de retenue normale 39,48 m NGF

• **RN à 38,85 m NGF**

Chute brute maximum	4 m
Chute brute moyenne	2.3 m
Chute brute minimum exploitable	1.6 m

Tableau 29 : Chute brute, dans le cas d'une exploitation à la cote de retenue normale 38,85 m NGF

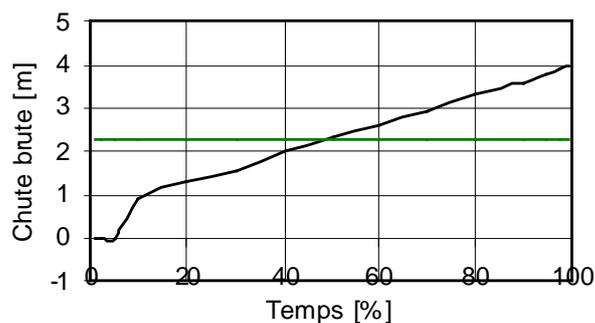


Figure 87 : Fréquence de non dépassement de la chute brute, dans le cas d'une exploitation à la cote de retenue normale 38,85 m NGF

• **RN à 38,23 m NGF**

Chute brute maximum	3.4 m
Chute brute moyenne	1.7 m
Chute brute minimum exploitable	1.4 m

Tableau 30 : Chute brute, dans le cas d'une exploitation à la cote de retenue normale 38,23 m NGF

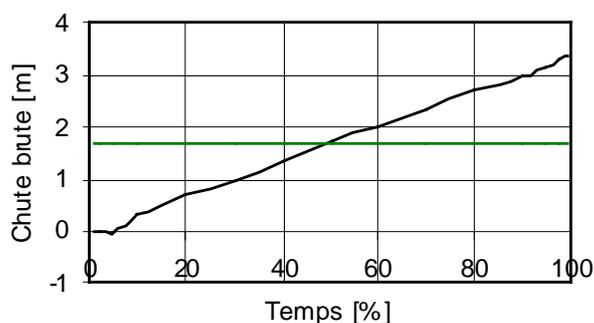


Figure 88 : Fréquence de non dépassement de la chute brute, dans le cas d'une exploitation à la cote de retenue normale 38,23 m NGF

- Synthèse

Cote de retenue	38,23 m NGF	38,85 m NGF	39,48 m NGF
Puissance maximale (kW)	3 400 kW	5 100 kW	7 000 kW
Productible (GWh/an)	11 GWh/an	18 GWh/an	30 GWh/an
Recette nette (€/an)	640 000 €/an	1 050 000 €/an	1 660 000 €/an
Coût centrale (€)	8 700 000 €	11 100 000 €	13 400 000 €
Coût des vannes mobiles (hors génie civil seuil, €)	250 000 €	690 000 €	1 140 000 €
Coût total (hors génie civil seuil, €)	8 950 000 €	11 800 000 €	14 500 000 €
Temps de retour net (ans)	14 ans	11 ans	9 ans
Equivalent TEP/an	2 500	4 400	6 600
Nombre de ménages alimentés (électricité hors chauffage et eau chaude)	3 700	6 100	9 900
Nombre de ménages alimentés (énergie moyenne totale)	530	890	1 430

Tableau 31 : Analyse économique et énergétique des résultats ()

En fonction du niveau de régulation du plan d'eau à l'amont du seuil (niveau proche des passes déversantes, niveau historique ou niveau intermédiaire) :

- la puissance maximale de l'installation est comprise entre 3400 kW (régime d'autorisation) et 7000 kW (régime de concession),
- La production énergétique est comprise entre 11 et 30 GWh/an, soit l'équivalent de l'alimentation électrique hors chauffage et eau chaude de 3 700 à 10 000 ménages⁹ ou de la consommation énergétique totale de 530 à 1430 ménages¹⁰.

⁹ consommation électrique moyenne d'un ménage : 3 000 kWh/an hors chauffage et eau chaude.

¹⁰ La consommation énergétique moyenne par ménage est de 20,8 MWh/an en 2004 d'après l'IFEN.

9.5 Synthèse sur les usages

Les usages passés, présents et potentiels, directs ou influencés par le barrage de Beauregard et recensés sont les suivants :

- Les prises d'eau en rivière et les prélèvements dans la partie aval de la nappe de Layrac. Les prises d'eau de Lacapelette et de Sivoizac ont subi des problèmes de dénoisement depuis la formation de la brèche profonde et des travaux ont été réalisés ou sont en cours afin d'assurer la prise d'eau en rivière, y compris en cas d'effacement du barrage. Les autres prises d'eau n'ont pas connu de problèmes particuliers liés à la dégradation récente du seuil et ne sont pas susceptibles d'être impactées dans l'hypothèse de l'arasement du seuil,
- Les activités nautiques étaient possibles sur le plan d'eau en amont du barrage avant la formation de la brèche principale en 2005. Ces activités comprenaient des courses de radeaux, le bateau école, le motonautisme et le ski nautique dont l'activité s'est progressivement déplacée sur le site du lac de Passeligne, le jet ski interdit depuis avril 2008 en raison de ses nuisances sonores. La pratique du Canoë-kayak sur la Garonne au niveau du seuil est limitée à quelques spécialistes,
- La pêche amateur et professionnelle, dont l'activité est en baisse avec à l'heure actuelle 13 licences amateur sur le bief d'étude au lieu de 27 en 2003 et 2 pêcheurs professionnels au lieu de 7 en 1985,
- L'hydroélectricité est un usage possible intéressant du site, avec un potentiel de production maximal évalué à 30 GWh/an pour une exploitation à la cote historique du seuil (39,48 m NGF), correspondant à la consommation énergétique totale de 1430 ménages. L'exploitation du potentiel hydroélectrique du site s'inscrirait dans un contexte de forte demande locale de réhabilitation du seuil, et dans le contexte plus général de développement des énergies renouvelables et de l'énergie hydroélectrique en particulier (directive européenne relative à la promotion de l'électricité à partir d'énergie renouvelable et SDAGE Adour-Garonne 2010-2015).

10 SYNTHÈSE

La présente étude a permis d'établir un diagnostic du seuil de Beauregard sur les plans historique, réglementaire, hydrogéologique, hydraulique et morphodynamique, environnemental et paysager ainsi que des usages.

Construit entre 1846 et 1849, le seuil de Beauregard est constitué d'une structure fixe composée d'une passe profonde à la cote 37,12 m NGF et de 5 passes déversantes à la cote 38,33 m NGF surmontées d'un barrage mobile à aiguilles permettant de maintenir à l'amont une cote de retenue normale de 39,48 m NGF pour assurer l'alimentation du canal latéral à la Garonne, via un canalet d'alimentation en rive gauche.

A partir de 1967, l'alimentation du canal latéral à la Garonne n'est plus assurée par le seuil de Beauregard, qui perd ses aiguilles, est radié de la nomenclature des voies navigables tout en restant dans le Domaine Public Fluvial et n'est plus entretenu par l'État. Les usages directs du seuil sont alors limités aux activités nautiques sur le plan d'eau amont jusqu'en 2005 où l'apparition d'une brèche profonde, causée par érosion régressive, entraîne une forte baisse des niveaux d'eau à l'amont du barrage. Les autres usages associés directement ou indirectement au seuil sont la pêche, les prises d'eau en rivière ou dans la nappe de Layrac en partie aval et l'usage envisagé du potentiel hydroélectrique du site.

Le seuil de Beauregard a un impact hydraulique sur la ligne d'eau significatif à l'amont jusqu'à Boé bourg mais son impact morphodynamique est faible, puisqu'il assure la continuité du transport solide et qu'il ne contribue pas à limiter l'érosion à l'amont pour les crues morphogènes.

Le devenir du seuil de Beauregard, actuellement fortement dégradé par érosion régressive, est soumis à des contraintes réglementaires importantes, imposant d'assurer la continuité écologique, dans un contexte d'enjeux très sensibles liés à la migration piscicole. La Garonne est en effet un axe migratoire prioritaire sur lequel le seuil de Beauregard est le premier obstacle depuis l'estuaire ; par ailleurs, la population des migrateurs en Garonne, et en particulier des aloses, est en forte baisse depuis le début du siècle.

Des scénarios d'évolution du seuil seront définis et une proposition de choix sur le devenir du seuil sera élaborée par analyse multicritères dans les phases suivantes de l'étude.

Annexe 1

Références

Références

- [1] Etude de choix sur l'avenir du seuil de Beaugard à Agen sur le fleuve Garonne, BCEOM pour la DDE du Lot et Garonne, octobre 1996.
- [2] Archives VNF (transférées à la DDE du Lot et Garonne), entretiens avec l'archiviste, site <http://www.canaux-historiques.com>
- [3] Revue historique de la commune de Le Passage de 1999 intitulée « Promenade Agenaise en Terre Gasconne » et historique du barrage de Beaugard d'après recherche dans la presse d'époque (source : M. Catrou).
- [4] Archives DDE
- [5] Etude d'aménagement de la prise d'eau de Lacapelette et dossier loi sur l'eau, Sogréah pour la ville d'Agen, 2006 et 2007.
- [6] Etude de la Protection de l'Agglomération Agenaise contre les inondations à l'amont d'Agen, état initial et actualisation du contexte de référence (tome 1), analyse du projet initialement prévu, recherche et analyses comparatives de nouvelles variantes et modélisation hydraulique (tome 2), sélection et caractérisation du système de protection le plus approprié, Ginger Environnement, septembre 2004.
- [7] Dossier de demande de concession et étude d'impact de la centrale hydroélectrique de Beaugard, Hydro M pour SITHE SA, septembre 2005
- [8] Schéma Directeur d'Entretien Coordonné du lit et des berges de la Garonne, SMEAG, 1999-2002
- [9] Avant Projet de Protection contre les inondations de l'agglomération d'Agen, ISL pour la CAA, 2007.
- [10] Avant Projet Sommaire de protection contre les inondations de l'agglomération d'Agen, Sogréah pour le District de l'agglomération d'Agen, 1983.
- [11] Monographie des crues de la Garonne et atlas cartographique, CACG pour le SMEPAG, 1989
- [12] Note sur la courbe de tarage à la station d'annonce des crues d'Agen, CETE Sud Ouest, 2003
- [13] Evaluation et prise en compte du potentiel hydroélectrique, document d'accompagnement du projet définitif du SDAGE Adour, Agence de l'eau, 2007
- [14] Note technique sur le glissement de terrain au droit du groupe d'habitation Bellevue, DDE du Lot-et-Garonne, avril 1994
- [15] Barrage de Beaugard sur la Garonne, évaluation du potentiel hydroélectrique, Compagnie des Sapiteurs, 2002
- [16] Article de journal, La Dépêche, 13 juillet 2002
- [17] Délibération n°29-2005 du Conseil Municipal de Boé, 7 juin 2005
- [18] Prélèvements et analyses, prise d'eau de Lacapelette, sondage carotté SC1, GEOTEC pour ISL, avril 2008
- [19] Résultats des essais pressiométriques dans le projet de Lacapelette, GEOTEC, avril 2008.
- [20] Hydraulique générale, Armando Lencastre, Eyrolles, 1991.

- [21] Notice sur les déversoirs, synthèse des lois d'écoulement au droit des seuils et déversoirs, Centre d'études Techniques Maritimes et Fluviales, février 2005.
- [22] Cours de « Bureau d'Etude hydraulique » de Léandre Ercolani, ENSHMG, 2007.
- [23] L'expérience française dans le domaine des dispositifs de franchissement à la montaison et à la dévalaison, M. Larinier, communication dans le cadre du congrès CIPR sur la migration piscicole, Bonn, novembre 2005.
- [24] La restauration des poissons migrateurs dans le bassin de la Garonne, Rapport du Groupe Migrateurs Garonne, janvier 2005.
- [25] Suivi de la migration et de la reproduction de la Grande Alose en moyenne Garonne, Association pour la gestion de la réserve naturelle de la frayère d'alose, Rapport annuel 2005, 2006, 2007.
- [26] Analyse de la tendance de l'abondance de l'alose *Alosa alosa* en Gironde à partir de l'estimation d'indicateurs halieutique sur la période 1977-1995, Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture, 2001.
- [27] Suivi de la reproduction de la grande alose sur la moyenne Garonne et l'axe Tarn-Aveyron en 2003. Rapport MIGADO, 2004.
- [28] Situation des poissons migrateurs amphihalins sur le bassin de L'Adour, Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture, 2000
- [29] L'anguille dans le bassin Gironde, Garonne, Dordogne, Lettre d'information n°2 MIGADO, Décembre 2005.
- [30] INDICANG, Rapport d'étape, Bassin Gironde Garonne Dordogne, MIGADO, AADPPEDG, Juillet 2005.
- [31] Recherches sur la biologie et l'halieutique des migrateurs de la Garonne et principalement de l'alose *Alosa alosa* Cassou-Leins, F. & J. J. Cassou-Leins, 1981.

Annexe 2

Géologie et hydrogéologie

Annexe 3

Hydraulique et morphodynamique

Annexe 4

Stabilité du seuil

Annexe 5

Usages

Annexe 6

Comptes-rendus des réunions du comité de pilotage et du comité technique