



**EPTB Garonne**

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



# Devenir du Seuil de Beauregard

Phases 2 et 3  
Elaboration de scénarios d'évolution  
Analyses économique et multicritère

mars 2009 – version 4.0

## SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	n°de révision	date	objet	auteur	superviseur
<b>V4.0</b>	08	20/03/09	Projet de rapport final soumis au comité technique avant diffusion au comité de pilotage	JSA	MLI
<b>V3.3</b>	07	04/03/09	Version intégrant les remarques du SMEAG sur la version 3.2	JSA	MLI
<b>V3.2</b>	06	26/02/09	Version intégrant les remarques du comité technique du 23 janvier 2009	JSA	MLI
<b>V3.1</b>	05	14/01/09	Version intégrant l'analyse économique et les remarques du SMEAG	JSA	MLI
V3.0	04	29/10/08	Version intégrant l'analyse multicritère	JSA	MLI
V2.0	02	24/10/08	Version intégrant les remarques du comité technique du 17/10/08	JSA	MLI
V1.4	01	30/09/08	Version intégrant les remarques du Maître d'Ouvrage, diffusée au comité technique	JSA	MLI
V0	00	10/09/08	première émission du document	JSA	MLI

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE ET CONTENU DU RAPPORT</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>COMPLEMENT DE DIAGNOSTIC</b> .....	<b>11</b>
2.1	TOPOGRAPHIE DU SEUIL ET BATHYMÉTRIE À L' AVAL DU SEUIL .....	11
2.1.1	<i>Topographie du seuil</i> .....	11
2.1.2	<i>Bathymétrie à l'aval du seuil</i> .....	12
2.2	RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES DU SEUIL.....	14
2.3	PRÉLÈVEMENTS DE SÉDIMENTS EN AMONT DU SEUIL.....	16
2.3.1	<i>Courbes granulométriques</i> .....	17
2.3.2	<i>Analyses de la qualité des sédiments</i> .....	17
2.4	DIAGNOSTIC RÉGLEMENTAIRE.....	17
2.4.1	<i>Propriété de l'ouvrage et autorisation d'occupation temporaire</i> .....	17
2.4.2	<i>Diagnostic juridique des possibilités de reconstruction</i> .....	18
2.4.3	<i>Diagnostic juridique sur les possibilités d'arasement</i> .....	19
2.5	NIVEAUX DE BASSES EAUX ET ACTUALISATION DU MODÈLE HYDRAULIQUE EN ÉTAT ACTUEL.....	19
2.6	SYNTHÈSE DU COMPLÉMENT DE DIAGNOSTIC .....	19
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION DES SCENARIOS D'EVOLUTION</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>SCENARIO A : POURSUITE DE LA POLITIQUE ACTUELLE DE L'ETAT D'ACCOMPAGNEMENT DE LA DEGRADATION PROGRESSIVE DU SEUIL</b> .....	<b>22</b>
4.1	DÉFINITION DU SCÉNARIO A.....	22
4.1.1	<i>Description du scénario et objectifs</i> .....	22
4.1.2	<i>Définition du scénario au stade faisabilité</i> .....	22
4.1.3	<i>Maître d'ouvrage du scénario A</i> .....	23
4.2	CONTEXTE JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE .....	23
4.3	IMPACT DU SCÉNARIO A.....	24
4.3.1	<i>Impact hydraulique</i> .....	24
4.3.2	<i>Impact morphodynamique</i> .....	25
4.3.3	<i>Environnement</i> .....	25
4.3.4	<i>Impact paysager</i> .....	25
4.3.5	<i>Impact sur les usages</i> .....	26
<b>5</b>	<b>SCENARIO B : ARASEMENT DU SEUIL</b> .....	<b>28</b>
5.1	DESCRIPTION DU SCÉNARIO ET OBJECTIFS .....	28
5.2	DÉFINITION DU SCÉNARIO B.....	28
5.2.1	<i>Scénario B1</i> .....	28
5.2.2	<i>Scénario B2</i> .....	29
5.2.3	<i>Valorisation paysagère du site</i> .....	30
5.2.4	<i>Maîtrise d'ouvrage du scénario B</i> .....	31
5.3	CONTEXTE JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE .....	31
5.4	IMPACTS DU SCÉNARIO B .....	32
5.4.1	<i>Impact hydraulique</i> .....	32
5.4.2	<i>Impact morphodynamique</i> .....	34
5.4.3	<i>Impact environnemental</i> .....	40
5.4.4	<i>Impact paysager</i> .....	43
5.4.5	<i>Impact sur les usages</i> .....	43
<b>6</b>	<b>SCENARIO C : RECONSTRUCTION DU GENIE CIVIL DU SEUIL</b> .....	<b>45</b>
6.1	DESCRIPTION DU SCÉNARIO.....	45
6.2	DÉFINITION DU SCÉNARIO C.....	45
6.2.1	<i>Travaux de réfection du seuil de Beauregard</i> .....	45
6.2.2	<i>Valorisation paysagère et patrimoniale</i> .....	48
6.2.3	<i>Maîtrise d'ouvrage</i> .....	49
6.3	CONTEXTE JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE .....	49
6.4	IMPACTS DU SCÉNARIO C .....	50
6.4.1	<i>Impact hydraulique</i> .....	50

6.4.2	<i>Impact morphodynamique</i> .....	51
6.4.3	<i>Impact environnemental</i> .....	53
6.4.4	<i>Impact paysager</i> .....	54
6.4.5	<i>Impact sur les usages</i> .....	54
<b>7</b>	<b>SCENARIO D : RECONSTRUCTION DU SEUIL EN VUE DE L'EXPLOITATION</b>	
	<b>HYDROELECTRIQUE</b> .....	<b>56</b>
7.1	DESCRIPTION DU SCÉNARIO D.....	56
7.2	FAISABILITÉ HYDROÉLECTRIQUE.....	56
7.2.1	<i>Hydrologie</i> .....	56
7.2.2	<i>Chute brute disponible</i> .....	58
7.2.3	<i>Choix de la turbine</i> .....	59
7.2.4	<i>Calcul du productible</i> .....	60
7.2.5	<i>Calcul de la Recette</i> .....	62
7.3	DÉFINITION DU SCÉNARIO D.....	65
7.3.1	<i>Aménagement du seuil</i> .....	65
7.3.2	<i>Ouvrages hydroélectriques</i> .....	66
7.3.3	<i>Dispositifs de franchissement piscicole et passe à poissons</i> .....	67
7.3.4	<i>Métre et estimation des coûts</i> .....	67
7.3.5	<i>Maîtrise d'ouvrage</i> .....	69
7.4	CONTEXTE JURIDIQUE ET RÉGLEMENTAIRE.....	69
7.5	IMPACTS DU SCÉNARIO.....	70
7.5.1	<i>Impact hydraulique</i> .....	70
7.5.2	<i>Impact morphodynamique</i> .....	71
7.5.3	<i>Impact environnemental</i> .....	72
7.5.4	<i>Impact paysager</i> .....	73
7.5.5	<i>Impact sur les usages</i> .....	74
<b>8</b>	<b>ANALYSE ECONOMIQUE</b> .....	<b>76</b>
8.1	INTRODUCTION ET RAPPELS MÉTHODOLOGIQUES.....	76
8.1.1	<i>Contexte</i> .....	76
8.1.2	<i>Méthodologie</i> .....	77
8.2	HYPOTHÈSES GÉNÉRALES.....	78
8.2.1	<i>Choix du taux d'actualisation</i> .....	78
8.2.2	<i>Choix de la période d'étude</i> .....	78
8.2.3	<i>Limites et interprétation des résultats de l'étude</i> .....	78
8.3	EVALUATION DU SCÉNARIO A.....	80
8.3.1	<i>Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer</i> .....	80
8.3.2	<i>Evaluation des coûts et des bénéfices</i> .....	80
8.3.3	<i>Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario A</i> .....	87
8.4	EVALUATION DU SCÉNARIO B.....	90
8.4.1	<i>Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer</i> .....	90
8.4.2	<i>Evaluation des coûts et des bénéfices</i> .....	91
8.4.3	<i>Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario B</i> .....	94
8.5	EVALUATION DU SCÉNARIO C.....	97
8.5.1	<i>Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer</i> .....	97
8.5.2	<i>Evaluation des coûts et des bénéfices</i> .....	98
8.5.3	<i>Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario C</i> .....	104
8.6	EVALUATION DU SCÉNARIO D.....	106
8.6.1	<i>Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer</i> .....	106
8.6.2	<i>Evaluation des coûts et des bénéfices</i> .....	107
8.6.3	<i>Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario D</i> .....	111
8.7	SYNTHÈSE ET CONCLUSION DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE.....	114
8.7.1	<i>Synthèse des bénéfices et coûts des scénarios</i> .....	114
8.7.2	<i>Discussion sur la valeur patrimoniale</i> .....	117
8.7.3	<i>Conclusion</i> .....	118
<b>9</b>	<b>ANALYSE MULTICRITÈRE</b> .....	<b>119</b>
9.1	OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE.....	119
9.1.1	<i>Objectif</i> .....	119

9.1.2	<i>Méthodologie</i> .....	119
9.2	IDENTIFICATION ET SÉLECTION DES CRITÈRES D'ANALYSE .....	119
9.2.1	<i>Généralités</i> .....	119
9.2.2	<i>Critères proposés pour l'étude du devenir du seuil de Beauregard</i> .....	120
9.3	PONDÉRATIONS DES CRITÈRES .....	121
9.4	EVALUATION DES SCÉNARIOS PAR CRITÈRE ET TABLEAU DE PERFORMANCE DES SCÉNARIOS .....	122
9.4.1	<i>Méthodologie générale</i> .....	122
9.4.2	<i>Evaluation des scénarios par critère</i> .....	122
9.4.3	<i>Tableau de performance des scénarios</i> .....	125
9.5	AGRÉGATION DES RÉSULTATS .....	125
9.5.1	<i>Agrégation totale – somme pondérée</i> .....	125
9.5.2	<i>Agrégation partielle – méthode Electre</i> .....	125
9.6	SYNTHÈSE DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE .....	129
9.6.1	<i>Synthèse provisoire</i> .....	129
9.6.2	<i>Analyse de la pertinence des pondérations dans le cas de l'étude du seuil de Beauregard</i> .....	129
9.6.3	<i>Synthèse</i> .....	130
<b>10</b>	<b>SYNTHÈSE</b> .....	<b>132</b>
10.1	SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION ET IMPACTS .....	132
10.1.1	<i>Scénarios étudiés, objectifs, coûts de réalisation et maîtrise d'ouvrage pressentie</i> .....	132
10.1.2	<i>Faisabilité réglementaire et impacts des scénarios</i> .....	133
10.2	SYNTHÈSE DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE ET DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE .....	135
10.2.1	<i>Analyse économique</i> .....	135
10.2.2	<i>Analyse multicritère</i> .....	136
10.2.3	<i>Conclusion des analyses</i> .....	136

## FIGURES

FIGURE 1 :	PLAN D'IMPLANTATION DU SEUIL DE BEAUREGARD .....	8
FIGURE 2 :	PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE D'OCTOBRE 2005 DE L'OUVRAGE .....	9
FIGURE 3 :	PLAN DE 1952 [2] ET NUMÉROTATION DES PASSES .....	12
FIGURE 4 :	COMPARAISON DE LA BATHYMÉTRIE DE 1985, À GAUCHE [7], AVEC CELLE DE 2008 À DROITE .....	13
FIGURE 5 :	COMPARAISON DU PROFIL P50 DE 1983 ET DE LA BATHYMÉTRIE DE 2008, 60 M EN AVAL DU SEUIL DE BEAUREGARD .....	13
FIGURE 6 :	IMPLANTATION DES SONDAGES CAROTTÉS RÉALISÉS SUR LE SEUIL .....	14
FIGURE 7 :	SONDAGES CAROTTÉ SC2 .....	15
FIGURE 8 :	COUPE PRÉSENTANT LES TRAVAUX RÉALISÉS EN 1885-1886 SUR LE PAREMENT AVAL DU SEUIL (PASSE PROFONDE) ET INDIQUANT LA STRUCTURE D'ORIGINE. NOTER LE SEUIL NATUREL CARACTÉRISÉ PAR LE DÉCROCHEMENT DU NIVEAU DU TOIT DES MARNES. ....	15
FIGURE 9 :	SITUATION DES PRÉLÈVEMENTS RÉALISÉS .....	16
FIGURE 10 :	VUES DU SEUIL DE BEAUREGARD EN SITUATION ACTUELLE (PHOTOS DU SMEAG, JUILLET 2006 DU SMEAG) ET ÉLÉMENTS DE MAÇONNERIES ET DE PALPLANCHES À ÉVACUER .....	22
FIGURE 11 :	LINÉAIRE D'AMÉNAGEMENT DE CHEMIN DE PROMENADE .....	31
FIGURE 12 :	ÉVOLUTION PRÉVISIBLE DU PROFIL EN LONG DE LA GARONNE DANS LE CADRE DU SCÉNARIO D'ARASEMENT B1, D'APRÈS [5] .....	35
FIGURE 13 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 290 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO B1 .....	35
FIGURE 14 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 1 200 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO B1 .....	36
FIGURE 15 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 2 800 M <sup>3</sup> /S .....	36
FIGURE 16 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 290 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO B2 .....	37
FIGURE 17 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 1 200 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO B2 .....	38
FIGURE 18 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 2 800 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO B2 .....	38
FIGURE 19 :	INCISION DES LITS DES AFFLUENTS : LE GERS (PHOTO DU HAUT), LE BRIMONT (PHOTO DE GAUCHE) ET LA JORLE (PHOTO DE DROITE) .....	41
FIGURE 20 :	ATTERRISSMENT EN RIVE DROITE AU DROIT DE LA CALE DE BOÉ BOURG .....	42
FIGURE 21 :	ATTERRISSMENTS À L'AVANT DE LA CONFLUENCE DU BRIMONT (PHOTO DE GAUCHE) ET DE LA JORLE (PHOTO DE DROITE) .....	42
FIGURE 22 :	MARNES À NU SUR LE SECTEUR D'ÉTUDE .....	42
FIGURE 23 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 290 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO C .....	52
FIGURE 24 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 1 200 M <sup>3</sup> /S – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO C .....	52
FIGURE 25 :	FORCES TRACTRICES POUR UN DÉBIT DE 2 800 M <sup>3</sup> /S .....	53

FIGURE 26 : DÉBITS MOYENS MENSUELS.....	56
FIGURE 27 : COURBE DES DÉBITS CLASSÉS .....	56
FIGURE 28 : EVOLUTION HYDROLOGIQUE PRÉVUE POUR 2050 PAR RAPPORT À LA PÉRIODE 1970-2000 : PRÉVISION ET INCERTITUDES SELON LES SAISONS [34].....	57
FIGURE 29 : IMPACT PRÉVISIBLE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA COURBE DES DÉBITS CLASSÉS .....	57
FIGURE 30 : COURBE DES CHUTES CLASSÉES .....	59
FIGURE 31 : COMPARAISON DU GÉNIE CIVIL DE 3 TYPES DE TURBINES.....	60
FIGURE 32 : COURBE DU PRODUCTIBLE ANNUEL (Hn EST LA HAUTEUR NETTE).....	61
FIGURE 33 : EVOLUTION DE LA RECETTE BRUTE ET NETTE.....	65
FIGURE 34 : PRINCIPE D'IMPLANTATION DES TURBINES VLH SUR LES ANCIENNES PASSES SUPÉRIEURES N°1 ET N°2 .....	66
FIGURE 35 : FORCES TRACTRICES POUR LE DÉBIT DE 290 m <sup>3</sup> /s – SITUATION ACTUELLE ET SCÉNARIO D .....	72
FIGURE 36 : TURBINE VLH, VUE DEPUIS L'AMONT (PHOTO DE GAUCHE) ET DEPUIS L'AVAL (PHOTO DE DROITE).....	74
FIGURE 37 : HYPOTHÈSES D'ESTIMATION DE LA POPULATION DE NON-USAGERS .....	83
FIGURE 38 : HYPOTHÈSES CONCERNANT LE NOMBRE DE PÊCHEURS CONCERNÉS DANS LE CAS DU SCÉNARIO A .....	85
FIGURE 39 : COMPARAISON DES FOURCHETTES DE COÛTS ET BÉNÉFICES DU SCÉNARIO A AVEC ET SANS VALEUR PATRIMONIALE.....	89
FIGURE 40 : TERRITOIRE DE LA CAA.....	93
FIGURE 41 : COMPARAISON DES FOURCHETTES DE COÛTS ET BÉNÉFICES DES SCÉNARIOS B1 ET B2 AVEC ET SANS VALEUR PATRIMONIALE .....	96
FIGURE 42 : HYPOTHÈSES CONCERNANT LA POPULATION DE PÊCHEURS CONCERNÉE PAR LE SCÉNARIO C .....	101
FIGURE 43 : COMPARAISON DES FOURCHETTES DE COÛTS ET BÉNÉFICES DU SCÉNARIO C .....	105
FIGURE 44 : COMPARAISON DES FOURCHETTES DE COÛTS ET BÉNÉFICES DU SCÉNARIO D.....	113
FIGURE 45 : SYNTHÈSE DES COÛTS ET BÉNÉFICES DE CHAQUE SCÉNARIO, AVEC VALEUR PATRIMONIALE .....	115
FIGURE 46 : SYNTHÈSE DES COÛTS ET BÉNÉFICES DE CHAQUE SCÉNARIO SANS VALEUR PATRIMONIALE.....	116
FIGURE 47 : SEUILS D'INDIFFÉRENCE, DE PRÉFÉRENCE ET DE VÉTO .....	126
FIGURE 48 : RÉSULTATS D'ELECTRE III AVEC LA PONDÉRATION 3 (À DROITE) ET AVEC LES AUTRES PONDÉRATIONS (À GAUCHE) .....	128
FIGURE 49 : CLASSEMENT MULTICRITÈRE DES SCÉNARIOS – MÉTHODE ELECTRE IV – SURCLASSEMENT PAR QUASI-DOMINANCE.....	129

## TABLEAUX

TABLEAU 1 : GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS AU NIVEAU DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT 1, 2 ET 3. ....	17
TABLEAU 2 : NIVEAUX DE BASSES EAUX RELEVÉS LE 21 JUILLET ET LE 13 AOÛT 2008 .....	19
TABLEAU 3 : ÉVALUATION DU COÛT DE RÉALISATION DU SCÉNARIO A .....	23
TABLEAU 4 : IMPACT HYDRAULIQUE DU SCÉNARIO A À TERME.....	24
TABLEAU 5 : ESTIMATION DU COÛT DE RÉALISATION DU SCÉNARIO B1.....	29
TABLEAU 6 : ESTIMATION DU COÛT DE RÉALISATION DU SCÉNARIO B2.....	30
TABLEAU 7 : IMPACT HYDRAULIQUE DE L'ARASEMENT DU SEUIL – SCÉNARIO B1.....	32
TABLEAU 8 : IMPACT HYDRAULIQUE DU SCÉNARIO D'ARASEMENT DU SEUIL B2.....	33
TABLEAU 9 : COMPARATIF DE LA CHUTE DE LA LIGNE D'EAU AU NIVEAU DU SEUIL EN FONCTION DU DÉBIT EN SITUATION ACTUELLE ET POUR LE SCÉNARIO B2.....	34
TABLEAU 10 : ESTIMATION DU COÛT DE RÉALISATION DU SCÉNARIO C.....	48
TABLEAU 11 : IMPACT HYDRAULIQUE DU SCÉNARIO C DE RECONSTRUCTION.....	50
TABLEAU 12 : COMPARATIF DE LA CHUTE DE LA LIGNE D'EAU AU NIVEAU DU SEUIL EN FONCTION DU DÉBIT AVANT ET APRÈS L'APPARITION DES BRÈCHES .....	51
TABLEAU 13 : RÉCAPITULATIF DES DONNÉES HYDROLOGIQUES .....	56
TABLEAU 14 : CHUTE BRUTE EN FONCTION DU DÉBIT.....	58
TABLEAU 15 : CARACTÉRISTIQUES DE LA CHUTE .....	59
TABLEAU 16 : PUISSANCE ET PRODUCTIBLE DU PROJET .....	62
TABLEAU 17 : TARIFS DE L'ANNEXE 1 DE L'ARRÊTÉ DU 01 MARS 2007 POUR LES AMÉNAGEMENTS DE MOINS DE 400 kW, ACTUALISÉS AU 01/01/08.....	63
TABLEAU 18 : RECETTE DE L'AMÉNAGEMENT .....	64
TABLEAU 19 : IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTION ET LA RECETTE.....	64
TABLEAU 20 : PRINCIPAUX RÉSULTATS FINANCIERS DU PROJET.....	65
TABLEAU 21 : ESTIMATION DU COÛT DE RÉALISATION DU SCÉNARIO D .....	68

TABLEAU 22 : IMPACT HYDRAULIQUE DU SCÉNARIO D DE RECONSTRUCTION. LES CLAPETS SONT ABAISSÉS EN CRUE ET À L'ÉTIAGE ET L'IMPACT HYDRAULIQUE EST ALORS SIMILAIRE AU SCÉNARIO C (CASES GRISÉES). LES LIGNES D'EAU PRÉSENTANT UN IMPACT HYDRAULIQUE SUPÉRIEUR AU SCÉNARIO C SONT REPRÉSENTÉES PAR LES LIGNES SUR FOND BLEU. ....	70
TABLEAU 23 : COMPARATIF DE LA CHUTE DE LA LIGNE D'EAU AU NIVEAU DU SEUIL EN FONCTION DU DÉBIT AVANT ET APRÈS L'APPARITION DES BRÈCHES. LES CLAPETS SONT ABAISSÉS EN CRUE ET À L'ÉTIAGE ET L'IMPACT HYDRAULIQUE EST ALORS SIMILAIRE AU SCÉNARIO C (CASES GRISÉES). LES DÉBITS POUR LESQUELS LA CHUTE AU NIVEAU DU SEUIL EST SUPÉRIEURE À CELLE DU SCÉNARIO C SONT REPRÉSENTÉS PAR UNE TRAME BLEUE. ....	71
TABLEAU 24 : DÉFINITION DE LA VALEUR ÉCONOMIQUE TOTALE.....	76
TABLEAU 25 : SYNTHÈSE DES BÉNÉFICES ACTUALISÉS DU SCÉNARIO A.....	87
TABLEAU 26 : SYNTHÈSE DES COÛTS ACTUALISÉS DU SCÉNARIO A.....	88
TABLEAU 27 : SYNTHÈSE DES BÉNÉFICES ACTUALISÉS DU SCÉNARIO B.....	94
TABLEAU 28 : SYNTHÈSE DES COÛTS ACTUALISÉS DU SCÉNARIO B.....	95
TABLEAU 29 : SYNTHÈSE DES BÉNÉFICES ACTUALISÉS DU SCÉNARIO C.....	104
TABLEAU 30 : SYNTHÈSE DES COÛTS ACTUALISÉS DU SCÉNARIO C.....	104
TABLEAU 31 : ESTIMATION DES COÛTS D'ÉMISSION DE CO <sub>2</sub> ÉVITÉS PAR LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DU SCÉNARIO D.....	109
TABLEAU 32 : SYNTHÈSE DES BÉNÉFICES (PRIVÉS ET SOCIÉTAUX) ACTUALISÉS POUR LE SCÉNARIO D.....	111
TABLEAU 33 : SYNTHÈSE DES COÛTS SOCIÉTAUX ACTUALISÉS POUR LE SCÉNARIO D.....	112
TABLEAU 34 : DESCRIPTION DES CRITÈRES PROPOSÉS.....	120
TABLEAU 35 : GAMME DE PONDÉRATIONS DES CRITÈRES POUR L'ÉTUDE DE SENSIBILITÉ DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE.....	121
TABLEAU 36 : BILAN DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT ET DES RECETTES DIRECTES DES SCÉNARIOS D'ÉTUDE.....	122
TABLEAU 37 : SYNTHÈSE DES NOTES DES SCÉNARIOS PAR CRITÈRE D'ÉVALUATION.....	125
TABLEAU 38 : RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE PAR LA MÉTHODE DE LA SOMME PONDÉRÉE.....	125
TABLEAU 39 : PONDÉRATIONS RETENUES DES CRITÈRES.....	130

## ANNEXES

ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 2 : PLAN TOPOGRAPHIQUE DU SEUIL

ANNEXE 3 : RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES ET PRELEVEMENTS SEDIMENTAIRES

ANNEXE 4 : DIAGNOSTIC RÉGLEMENTAIRE

ANNEXE 5 : ARRÊTÉ DU 1 MARS 2007 SUR LES CONDITIONS D'ACHAT DE L'ÉLECTRICITÉ PRODUITE PAR L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

ANNEXE 6 : SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ET DE LEURS IMPACTS

ANNEXE 7 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA MÉTHODE D'ANALYSE MULTICRITÈRE

# 1 CONTEXTE DE L'ETUDE ET CONTENU DU RAPPORT

Le barrage (ou seuil) de Beauregard a été construit au milieu du XIX<sup>ème</sup> 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).

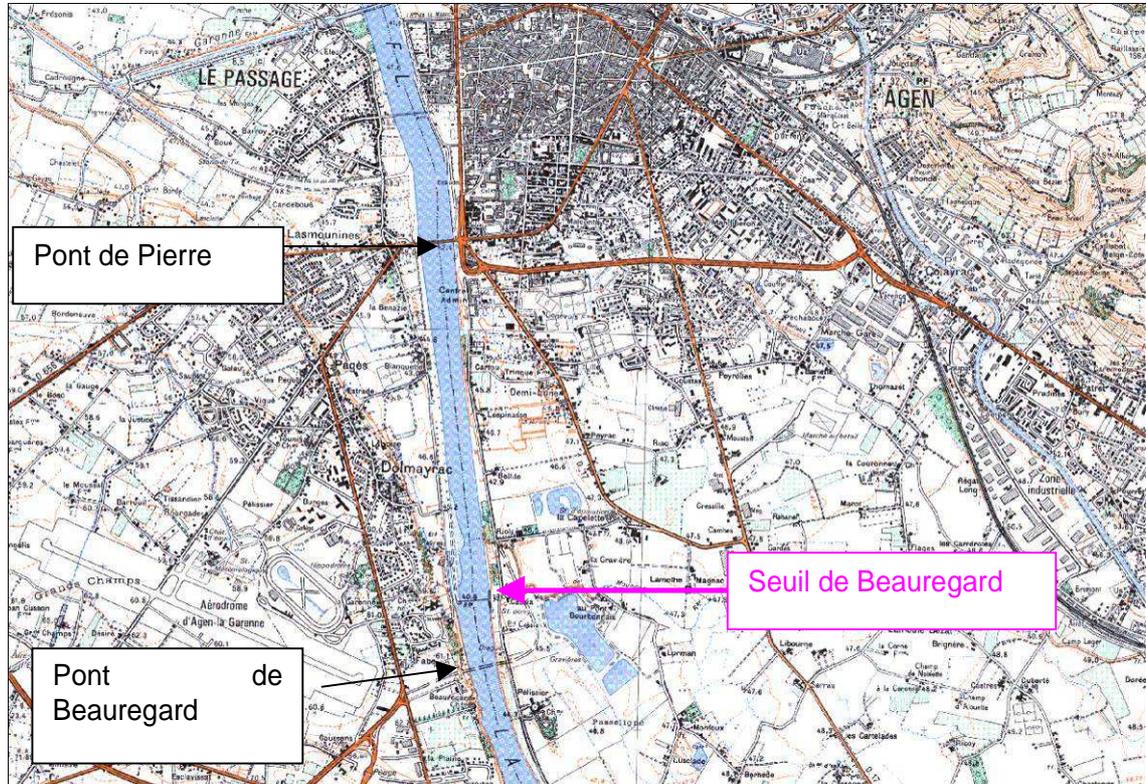


Figure 1 : Plan d'implantation du seuil de Beauregard

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]<sup>1</sup>, 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.

<sup>1</sup> 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 agenaïse 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).

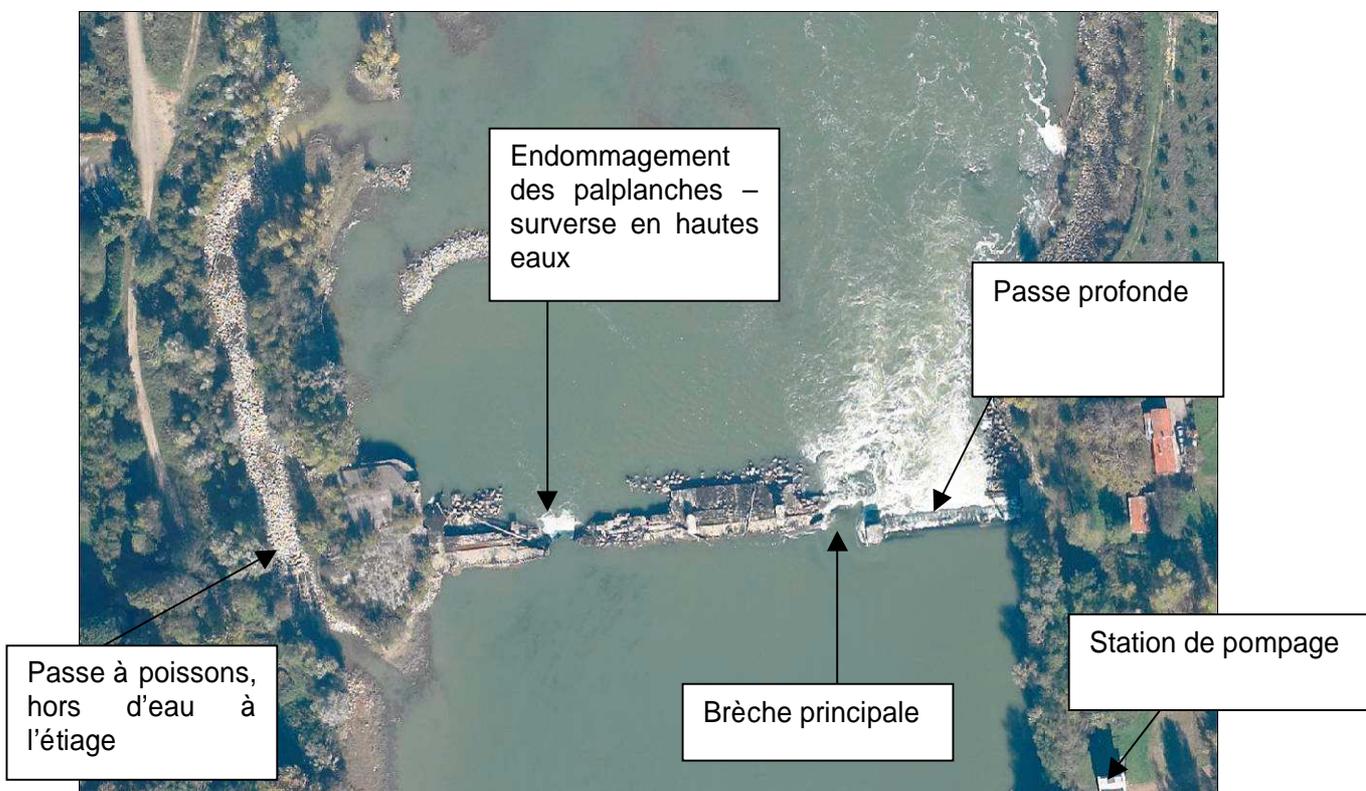


Figure 2 : Photographie aérienne d'octobre 2005 de l'ouvrage

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 à l'ouvrage et le faire partager aux 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 : scénarios d'évolution et analyse multicritère,**

**Tranche conditionnelle**

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

La phase 1 de diagnostic a fait l'objet d'un rapport validé par le comité de pilotage du 5 juin 2008 et édité courant juillet 2008.

Le présent rapport concerne les phases 2 et 3 de l'étude et comprend :

- Un complément de diagnostic,
- La description des scénarios d'évolution sur la base du diagnostic de la situation actuelle,
- La définition au stade faisabilité de chacun des scénarios d'évolution, de leurs bénéfices, de leurs impacts et de leurs mesures compensatoires,
- L'analyse multicritère des scénarios d'évolution.

## 2 COMPLEMENT DE DIAGNOSTIC

Les reconnaissances complémentaires suivantes ont été réalisées après l'édition du rapport de diagnostic du seuil (phase 1) :

- réalisation du plan topographique du seuil et de la bathymétrie à l'aval du seuil (par le Géomètre Expert Pascual),
- réalisation de reconnaissances géotechniques du seuil (par la société Géotec),
- prélèvement de sédiments en amont du seuil et établissement de courbes granulométriques et d'analyse de qualité des sédiments (par la société Géotec),
- diagnostic réglementaire sur le statut et le devenir du seuil de Beauregard, réalisé par le cabinet d'avocats Druais Michel Lahalle, spécialisé en droit de l'environnement.

Ces éléments, présentés en annexes 2, 3 et 4, ont permis de compléter le diagnostic.

Par ailleurs, la topographie et la bathymétrie actualisée, ainsi que le relevé de deux niveaux de basses eaux en amont et en aval du seuil, ont permis d'affiner le modèle hydraulique en état actuel.

### 2.1 Topographie du seuil et bathymétrie à l'aval du seuil

Les reconnaissances topographiques et bathymétriques permettent de préciser notamment les points suivants du diagnostic.

#### 2.1.1 Topographie du seuil

- Les passes supérieures sont caractérisées par des maçonneries arasées à des cotes variant entre 37,8 et 38,3 m NGF pour les passes peu dégradées (passes n°1 et n°4<sup>2</sup>). Les relevés topographiques mettent en évidence une dégradation de la passe n°3 (cotes comprises entre 37,3 et 37,9 m NGF), située à proximité de la brèche secondaire (passe n°2). La cote d'arase supérieure des palplanches à l'amont du seuil est située plus haut (cotes comprises entre 38,3 et 38,45 m NGF sur les parties peu dégradées). Ces cotes sont en cohérence avec celles du rapport de diagnostic (38,33 m NGF).
- La « brèche secondaire » est caractérisée par des palplanches pliées sur une largeur d'environ 12 m avec un point bas sur l'arase du rideau de palplanches à la cote 37,35 m NGF (soit un affaissement maximum des palplanches de 1 m). Les palplanches ne sont plus tenues à l'aval par aucune maçonnerie : une fosse d'érosion s'est développée jusqu'à la cote 32 m NGF environ,
- La brèche principale (brèche la plus profonde située en rive droite), a une largeur de 15 m. La cote du fond du lit au niveau de la brèche principale n'a pas pu être relevée à cause des forts courants à ce niveau.
- La passe profonde, de largeur 38 m, est à la cote 36,9 m NGF ( $\pm 0,06$  m), hormis un petit seuil d'une trentaine de centimètres de large située à l'amont de la passe profonde, à la cote 37,2 à 37,25 m NGF servant historiquement à fixer la bouchure mobile.

---

<sup>2</sup> La numérotation des passes est croissante de rive gauche vers la rive droite, voir Figure 3.

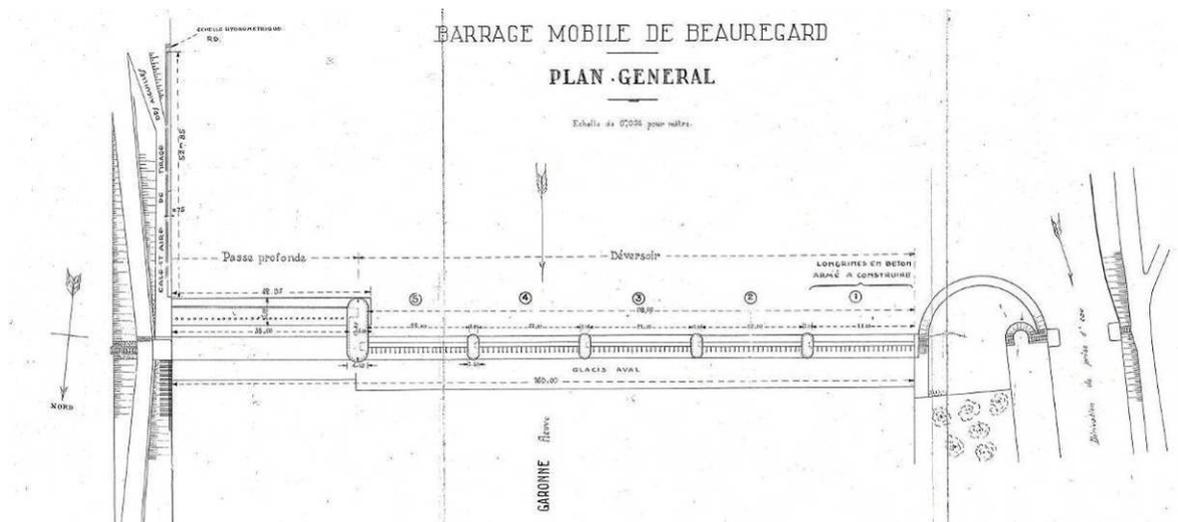


Figure 3 : Plan de 1952 [2] et numérotation des passes

### 2.1.2 Bathymétrie à l'aval du seuil

Les relevés bathymétriques réalisés à l'aval du seuil montrent :

- Immédiatement à l'aval des passes supérieures (hors brèche secondaire), un fond de lit à une cote d'environ 34 m NGF,
- Entre 6 et 10 m en aval du parement aval en enrochements bétonnés (passes n°1 et n°4), la cote de fond de lit atteint 32,0 à 32,5 m NGF,
- En aval de la brèche secondaire, la cote du fond du lit est d'environ 32 m NGF à l'aval immédiat de la brèche secondaire,
- La cote du fond du lit à l'aval de la brèche principale n'a pas pu être relevée. Le fond du lit est à environ 30 m NGF à une distance de 40 m en aval des brèches,
- Concernant l'évolution de la bathymétrie à l'aval du seuil, on note à l'aval du seuil entre 1985 et 2008 qualitativement la même forme de bathymétrie mais avec un approfondissement du niveau minimal du fond du lit, illustré sur la Figure 4 par l'extension entre ces deux dates des courbes d'isocote 30 et 32 m NGF. Au niveau du profil P50 de 1983 (situé 60 m en aval du seuil), on note également ainsi un approfondissement du niveau minimal fond du lit mineur d'environ 80 cm entre 1983 et 2008 à l'aval de la passe profonde (Figure 5), accompagné a contrario d'un exhaussement du niveau moyen du fond du lit mineur.

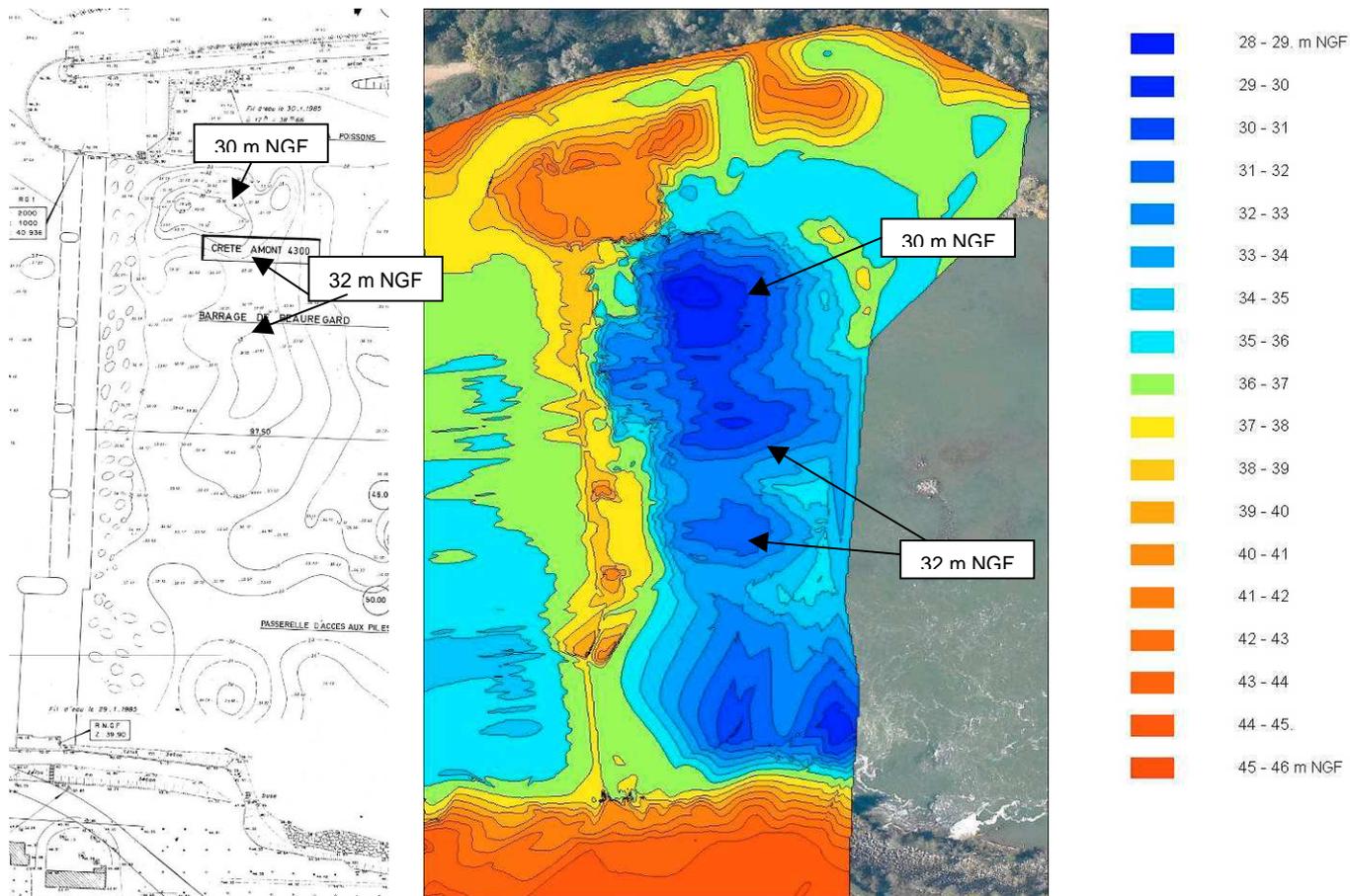


Figure 4 : Comparaison de la bathymétrie de 1985, à gauche [7], avec celle de 2008 à droite

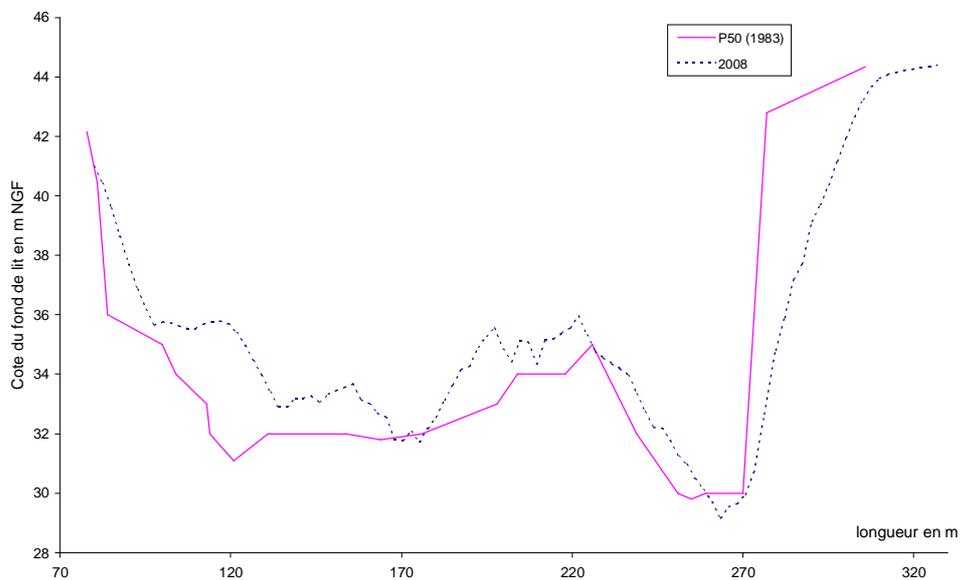


Figure 5 : Comparaison du profil P50 de 1983 et de la bathymétrie de 2008, 60 m en aval du seuil de Beaugard

## 2.2 Reconnaissances géotechniques du seuil

Le rapport complet des reconnaissances géotechniques réalisées par la société Géotec en août 2008 est présenté en annexe 2.

Trois sondages carottés (SC) ont été réalisés sur le seuil de Beauregard, au niveau des passes supérieures n°1 (SC1), n°3 (SC2) et n°4 (SC3 ) (Figure 6).

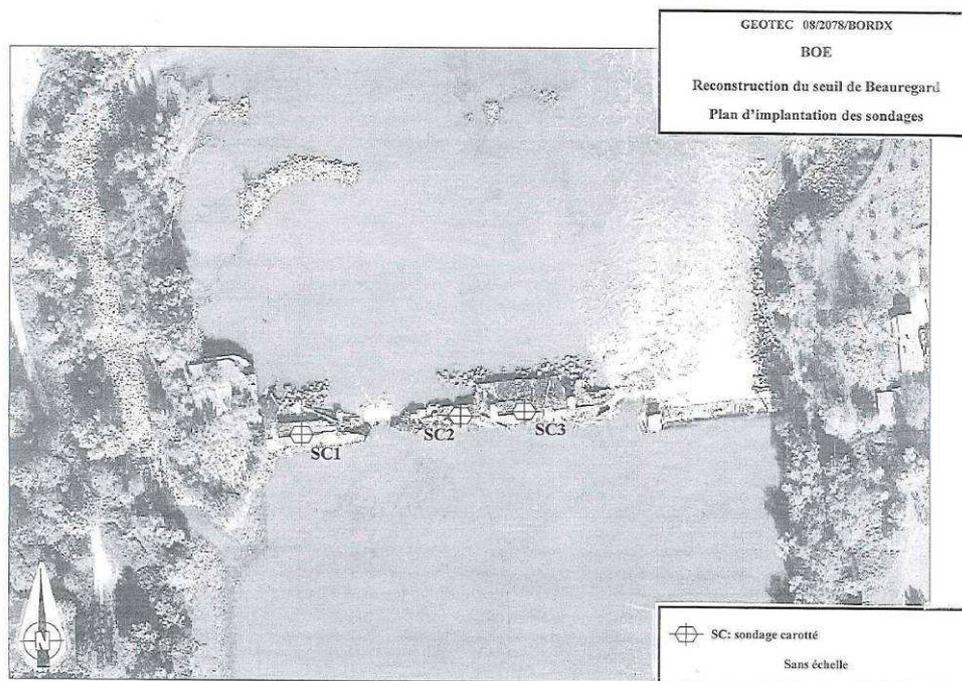


Figure 6 : Implantation des sondages carottés réalisés sur le seuil

Les sondages mettent en évidence (Figure 7) :

1. Des maçonneries constituant le seuil sur une épaisseur de 2,2 à 2,7 m d'épaisseur, composées des matériaux suivants :
  - Une couche supérieure en béton de 6 à 7 cm d'épaisseur (au niveau des sondages SC1 et SC2),
  - Des pierres de taille calcaire dolomitique sur une épaisseur de 25 à 50 cm,
  - Du béton grossier sur une épaisseur de 1,9 m à 2,2 m comportant des horizons de 30 à 85 cm où seuls les galets subsistent.
2. Un horizon composé d'argiles molassiques à molasses plus ou moins altérées (marnes argileuses à argiles, pouvant être sableuses, graveleuses ou contenir des galets). D'après les reconnaissances topographiques réalisées sur le seuil, le toit de cet horizon est à la cote 35,4 m NGF ( $\pm 0,3$  m). Cette cote est cohérente avec les cotes estimée lors du diagnostic à 35,5 m NGF d'après les plans historiques (Figure 8) et à 35,0 m NGF d'après la bathymétrie réalisée en amont et les cotes relevées du toit des marnes sur trois sondages en Garonne au niveau de la prise d'eau de la Capelette en 2008 [19], compris entre 34,2 et 34,9 m NGF.

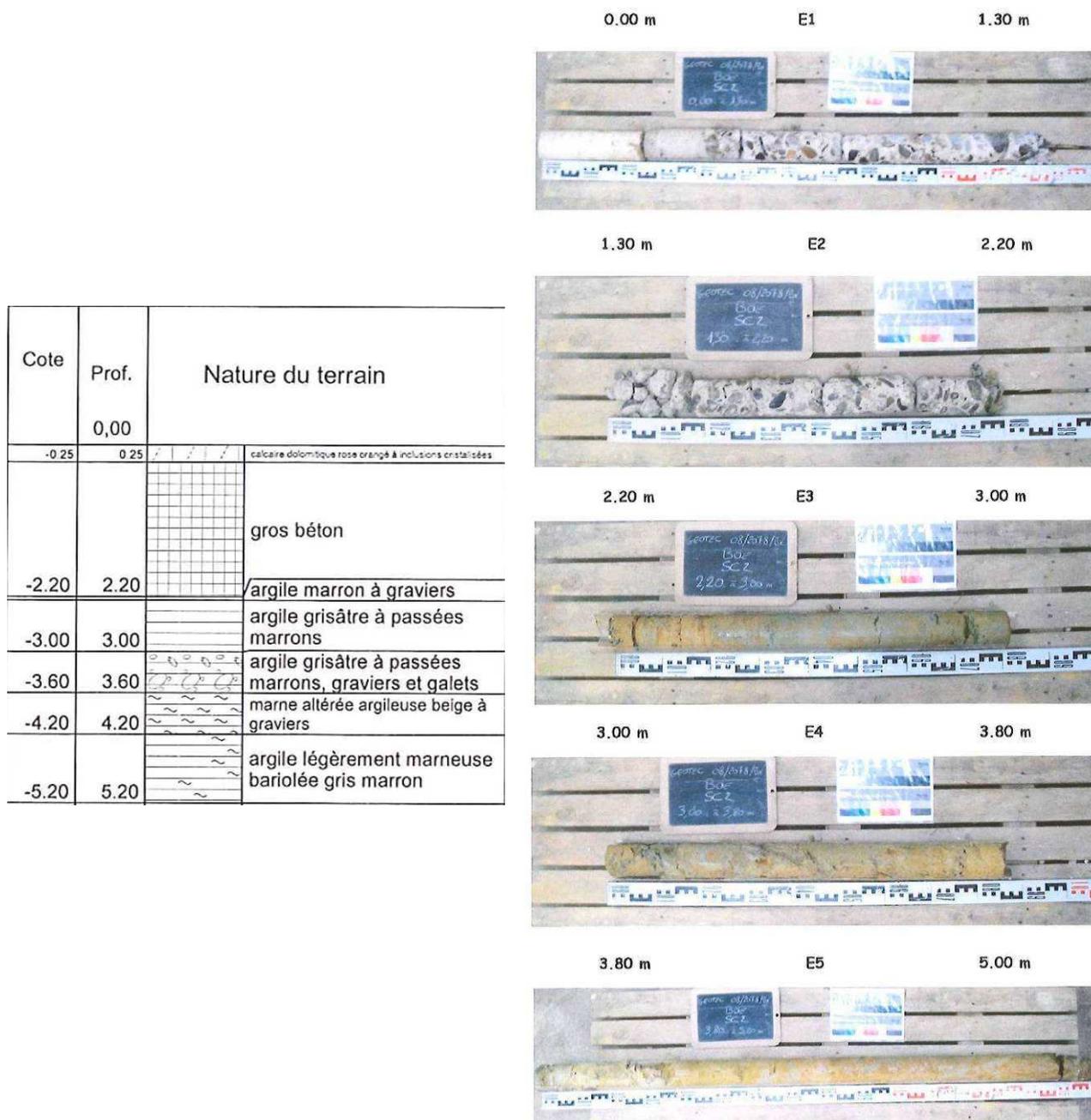
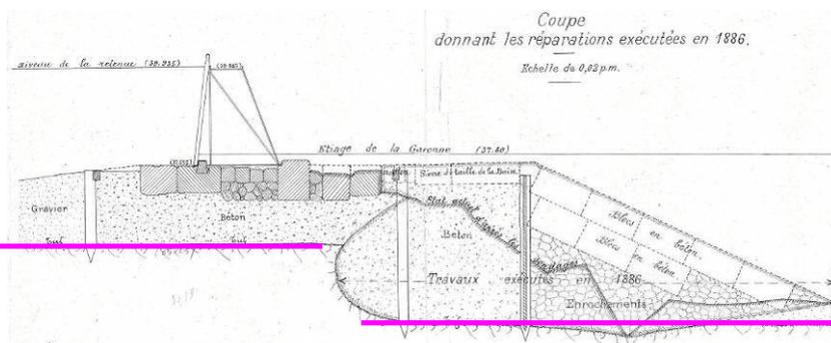


Figure 7 : Sondages carotté SC2



Toit des marnes à environ 35,5 m NGF

Figure 8 : Coupe présentant les travaux réalisés en 1885-1886 sur le parement aval du seuil (passe profonde) et indiquant la structure d'origine. Noter le seuil naturel caractérisé par le décrochement du niveau du toit des marnes.

Les essais de laboratoire réalisés sur les échantillons de béton donnent les résultats suivants :

- teneur en eau comprise entre 9 et 14 %,
- masse volumique humide comprise entre 20 et 23 kN/m<sup>3</sup>,
- une porosité comprise entre 22 et 33%,
- une résistance à la compression simple comprise entre 2,3 et 3,2 MPa.

La résistance à la compression est très faible, et la masse volumique est faible, mettant en évidence un béton dégradé.

Des essais de laboratoire réalisés sur un échantillon de marnes altérées prélevé entre 4,3 et 4,5 m de la surface au sondage SC2 indiquent :

- une teneur en eau de 18%,
- une masse volumique humide de 22 kN/m<sup>3</sup>,
- une porosité de 31%,
- une résistance à la compression simple de 0,15 MPa, soit une résistance à la compression très faible.

Les résultats des reconnaissances montrent que le seuil est fondé sur un horizon de marnes fortement altérées, décrites sur une épaisseur de 2 à 3 m comme des argiles. Les caractéristiques mécaniques sont médiocres. L'horizon de marnes saines, telles que rencontrées en rive droite lors des reconnaissances pour la protection contre les inondations [6], n'a pas été rencontré lors de ces sondages descendus jusqu'à la cote 33 m NGF environ.

### 2.3 Prélèvements de sédiments en amont du seuil

Un prélèvement de sédiments sur un sondage en rivière au droit de la station de Lacapelette [18] a été analysé dans le rapport de diagnostic. Deux autres prélèvements de sédiments ont été réalisés depuis en amont immédiat pour l'établissement de courbes granulométriques et d'analyses de qualité.



Figure 9 : Situation des prélèvements réalisés

### 2.3.1 Courbes granulométriques

Les principaux résultats des analyses granulométriques sur les trois prélèvements de sédiments sont présentés dans le tableau suivant :

	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3
D <sub>max</sub>	80 mm	63 mm	50 mm
D <sub>80</sub>	30 mm	40 mm	32 mm
D <sub>50</sub>	20 mm	28 mm	22 mm
D <sub>30</sub>	9 mm	20 mm	13 mm
D <sub>10</sub>	1.5 mm	7 mm	5 mm

Tableau 1 : Granulométrie des sédiments au niveau des points de prélèvement 1, 2 et 3.

On note pour les prélèvements 2 et 3 moins de sables que pour le prélèvement 1. Les courbes granulométriques aux prélèvements 1 et 3 sont par ailleurs proches (graviers à cailloux). Les sédiments au niveau du prélèvement 2 sont en revanche caractérisés par une granulométrie à la fois plus importante ( $D_{50} = 28$  mm au lieu de  $D_{50}=20$  à 22 mm) et homogène ( $D_{80}/D_{30} = 2$  au lieu de 3,3 et 2,5 respectivement pour les prélèvements 1 et 3).

Les deux nouveaux sondages permettent donc de confirmer le diagnostic morphodynamique, en particulier en ce qui concerne le seuil de mise en mouvement des sédiments ( $25-30$  N/m<sup>2</sup>) qui est atteint pour le débit de crue annuelle ( $2\,800$  m<sup>3</sup>/s), puisque l'analyse a été faite dans le cadre du diagnostic à partir de la courbe granulométrique du prélèvement 1 qui semble représentative des sédiments en Garonne (puisque la courbe granulométrique du prélèvement 3 en est proche) et que le prélèvement 2, constitué d'éléments plus grossier, nécessite une hydraulité plus importante pour sa mise en mouvement.

### 2.3.2 Analyses de la qualité des sédiments

Les analyses de la qualité des sédiments mettent en évidence :

- Des traces de métaux lourds sur les trois prélèvements, et notamment d'arsenic au prélèvement n°1,
- Des traces d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques au niveau des prélèvements 2 et 3.

Les teneurs ne peuvent pas être comparées à une grille de référence car les valeurs sont en dessous des seuils d'analyse.

## 2.4 Diagnostic réglementaire

Les principales conclusions de l'étude de diagnostic réglementaire réalisée par le cabinet d'avocats Druais Michel Lahalle (voir annexe 4), spécialisé en droit de l'Environnement, sont les suivantes :

### 2.4.1 Propriété de l'ouvrage et autorisation d'occupation temporaire

Le transfert de propriété du seuil de l'Etat aux collectivités n'est pas possible mais il existe une possibilité de transfert de droit de gestion ou d'utilisation par autorisation d'occupation temporaire (à solliciter auprès du Préfet). L'Etat n'a aucune obligation de faire droit à ces demandes d'autorisation.

## 2.4.2 Diagnostic juridique des possibilités de reconstruction

### *Installation hydroélectrique (réglementation actuelle)*

Le projet de reconstruction du seuil pour la production hydroélectrique n'est pas actuellement envisageable au regard des dispositions de l'article 2 de la loi du 16 octobre 1919, compte tenu du classement de la Garonne comme rivière réservée sur laquelle aucune nouvelle entreprise hydraulique ne peut faire l'objet de concession ou d'autorisation.

### *Compatibilité du projet de reconstruction avec le SDAGE*

La reconstruction du seuil est soumise à autorisation au titre de la loi sur l'eau. Dans ce cadre, le projet doit être compatible avec les dispositions du SDAGE et les intérêts protégés à l'article L211-1 du code de l'environnement (dont la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides, la vie biologique du milieu récepteur et spécialement de la faune piscicole et conchylicole). Le classement de la Garonne comme axe bleu ou axe migrateur prioritaire risque de faire obstacle au projet de reconstruction.

### *Arrêté de protection de biotope du 16 juillet 1993*

D'après le cabinet d'avocats, compte tenu des conclusions du rapport de diagnostic s'agissant des enjeux liés aux grands migrateurs, il convient de considérer que l'arrêté préfectoral de protection de biotope fera obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil.

### *Possibilités de reconstruction dans le cadre de la réglementation à venir (nouvelle LEMA)*

Au sens de la nouvelle loi sur l'eau dite LEMA, et dans le cadre du classement à venir de la Garonne dans la première liste des cours d'eau pour lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée est nécessaire, la qualification de l'ouvrage comme nouvel ouvrage ou d'ouvrage existant est déterminante. Or, l'ouvrage étant actuellement en partie ruiné et la chute hydraulique en partie effacée, le cabinet d'avocat estime qu'il a tout lieu de considérer que la reconstruction du seuil serait assimilée à un nouvel ouvrage au sens de l'article L214-17 du code de l'environnement.

La reconstruction de l'ouvrage constituerait en soi un obstacle à la continuité écologique, au sens de la Loi sur l'Eau, car « entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel, de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ». Les dispositifs de franchissement piscicole n'ont pas en outre une efficacité totale.

Dans le cadre de la nouvelle loi sur l'eau, il y a tout lieu de considérer, d'après l'analyse du cabinet d'avocats, que le projet de reconstruction serait interdit comme nouvel ouvrage ne garantissant pas la continuité écologique.

### *Synthèse sur les possibilités juridiques de reconstruction*

Pour le cabinet d'avocats, l'ensemble des dispositions réglementaires fera très certainement obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil, notamment au vu de l'étude diagnostic sur les enjeux liés aux grands migrateurs. En cas de délivrance d'une autorisation, il y a de très fortes chances que celle-ci fasse l'objet d'une annulation contentieuse en cas de recours, l'usage d'agrément et l'intérêt patrimonial de l'ouvrage ne contrebalanceront pas aux yeux du juge l'éventuelle atteinte à l'environnement.

### 2.4.3 Diagnostic juridique sur les possibilités d'arasement

La poursuite de la démolition progressive selon un processus naturel ne pose aucune difficulté juridique.

En cas de travaux d'arasement, une autorisation ou une déclaration au titre de la loi sur l'eau pourra être requise. Il y a tout lieu de penser que l'autorisation devrait être obtenue, ces travaux s'inscrivant alors dans le cadre de la politique migrateur du SDAGE. L'autorisation demeure cependant à l'appréciation de l'administration.

Si l'Etat décide de procéder à l'arasement, aucun moyen de droit ne pourra a priori y faire obstacle au regard des règles propres à la domanialité publique. En revanche, l'Etat ne peut pas être mis en demeure de procéder à la démolition du seuil, sauf s'il est démontré que l'ouvrage était susceptible de nuire à l'écoulement des eaux.

## 2.5 Niveaux de basses eaux et actualisation du modèle hydraulique en état actuel

Deux niveaux de basses eaux ont été relevés à l'amont et à l'aval du seuil par le cabinet Pascual lors de la réalisation des relevés topographiques sur le seuil.

Date	Niveau amont	Niveau aval	Débit journalier de la Garonne à Lamagistère (Banque HYDRO)
21/07/08	37,4 m NGF (amont brèche secondaire)	36,2 m NGF (aval brèche secondaire)	118 m <sup>3</sup> /s
13/08/08	37,0 m NGF (amont brèche principale)	36,1 m NGF (aval brèche principale)	96 m <sup>3</sup> /s

Tableau 2 : Niveaux de basses eaux relevés le 21 juillet et le 13 août 2008

En fonction des nouveaux éléments topographiques, bathymétriques et de ces relevés de niveaux de basses eaux, le modèle hydraulique en état actuel a été affiné, dans le but de préciser l'état de référence pour l'évaluation de l'impact des différents scénarios d'évolution.

## 2.6 Synthèse du complément de diagnostic

Les compléments de diagnostic ont permis de mettre en évidence les points suivants :

- La bathymétrie réalisée à l'aval du seuil montre un approfondissement du fond du lit mineur depuis les années 1980, notamment à l'aval des brèches. A contrario, un exhaussement du niveau moyen du lit est observé,
- Les sondages géotechniques réalisés sur le barrage montrent que le seuil de Beauregard est fondé sur des marnes qui sont aujourd'hui altérées en argiles sur les deux mètres supérieurs environ. Ces matériaux sont érodables,
- Le diagnostic réglementaire en situation actuelle ainsi que dans le cadre de la future réglementation de la nouvelle loi sur l'eau montre que les dispositions réglementaires feront très certainement obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil. A contrario, il y a tout lieu de penser que l'autorisation devrait être obtenue pour l'arasement du seuil, ces travaux s'inscrivant alors dans le cadre de la politique migrateur du SDAGE. Le seuil est la propriété de l'Etat comme faisant partie du DPF. Le transfert de propriété du seuil de l'Etat aux collectivités n'est pas possible mais il existe une possibilité de transfert de droit de gestion ou d'utilisation par autorisation d'occupation temporaire (à solliciter auprès du Préfet). L'Etat n'a cependant aucune obligation de faire droit à ces demandes d'autorisation.

### 3 DESCRIPTION DES SCENARIOS D'EVOLUTION

Suite à l'étude de diagnostic du seuil, de son environnement et de ses usages, les scénarios d'évolution suivant sont proposés :

- Scénario A : Poursuite de la politique actuelle de l'Etat d'accompagnement de la dégradation progressive du seuil,
- Scénario B : Araser l'ouvrage en conservant le seuil marneux naturel (altéré en surface en argile) à la cote 35,4 m NGF,
  - Scénario B1 : Restauration de la dynamique fluviale avec suivi de l'évolution morphodynamique (sans enrochements de protection aval),
  - Scénario B2 : Avec mise en place d'enrochements de protection aval du seuil,
- Scénario C : Reconstruire le seuil dans sa configuration avant formation des brèches (passe profonde à 36,9 m NGF et passes déversantes à 38,3 m NGF),
- Scénario D : Reconstruire le seuil dans sa configuration initiale, y compris avec des ouvrages mobiles permettant une régulation du niveau d'eau à l'amont du seuil pour l'exploitation hydroélectrique.

Le tableau page suivante présente les objectifs, les avantages et les inconvénients de chaque scénario, sur la base du diagnostic et avant étude de faisabilité de chaque scénario dans les chapitres suivants.

Scénario	Objectif	Avantages et bénéfices	Inconvénients, contraintes et limites
Scénario A : Poursuite de la politique actuelle de l'Etat d'accompagnement de la dégradation progressive du seuil	Maintenir et améliorer à terme la continuité écologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Environnemental et piscicole (moyennant la passe à poisson inopérante à court terme)</li> <li>• Coût</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paysager,</li> <li>• Perte des usages liés au plan d'eau,</li> <li>• Suivi morphodynamique nécessaire (protections de berges à envisager)</li> </ul>
Scénario B : Araser l'ouvrage en conservant le seuil marneux naturel à la cote 35,4 m NGF <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scénario B1 : en rétablissant la dynamique fluviale,</li> <li>• Scénario B2 : avec enrochements de protection en aval</li> </ul>	Améliorer la continuité écologique et maîtriser l'enjeux paysager	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Environnemental et piscicole,</li> <li>• Paysager</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte des usages liés au plan d'eau,</li> <li>• Suivi morphodynamique nécessaire (protections de berges à envisager (ScB1))</li> <li>• Coût (+)</li> </ul>
Scénario C : Reconstruire le seuil dans sa configuration avant formation des brèches (passe profonde à 36,9 m NGF et passes déversantes à 38,3 m NGF)	Restaurer les usages et loisirs liés au plan d'eau et mise en valeur paysagère	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usages liés au plan d'eau,</li> <li>• Restauration paysagère et patrimoniale (passerelle piétonne envisagée)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglementaire,</li> <li>• Environnemental et piscicole,</li> <li>• Coût (++)</li> </ul>
Scénario D : Reconstruire le seuil dans sa configuration initiale, y compris ouvrages mobiles, avec développement hydroélectrique	Exploitation du potentiel hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploitation potentiel d'énergie renouvelable,</li> <li>• Usages liés au plan d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglementaire,</li> <li>• Environnemental et piscicole,</li> <li>• Coût (+++)</li> </ul>

## 4 SCENARIO A : POURSUITE DE LA POLITIQUE ACTUELLE DE L'ETAT D'ACCOMPAGNEMENT DE LA DEGRADATION PROGRESSIVE DU SEUIL

### 4.1 Définition du scénario A

#### 4.1.1 Description du scénario et objectifs

Le scénario A consiste à accompagner la dégradation progressive naturelle du seuil. Il s'agit de la poursuite de la politique retenue par l'Etat, propriétaire de l'ouvrage, suite à l'étude sur l'avenir du seuil de Beaugard réalisée en 1996 par BCEOM pour la DDE du Lot et Garonne [1].

Les objectifs associés sont la restauration d'une libre circulation piscicole dans un processus progressif naturel et à moindre coût.

#### 4.1.2 Définition du scénario au stade faisabilité

##### *Définition*

Le scénario A consiste en la surveillance et l'accompagnement de la dégradation naturelle du seuil.

Les préconisations du contrôle de l'effondrement naturel du seuil dans sa fosse aval consistent, d'après l'étude BCEOM [1], en des actions répétées telles que :

- L'Evacuation des embâcles et gros flottants bloqués sur le seuil,
- L'Etalement des matériaux et le réajustement des fonds à l'aval du seuil,

Aujourd'hui, le diagnostic de l'état actuel confirme que la dégradation naturelle du seuil n'est que partielle. En particulier, les palplanches ne peuvent pas être dégradées naturellement rapidement. L'accompagnement de la dégradation progressive du seuil devrait a minima consister aujourd'hui en l'évacuation des restes de palplanches au niveau des brèches principale et secondaire, ainsi que la démolition et l'évacuation des maçonneries fortement dégradées restant à l'aval et à proximité de la brèche secondaire, de la brèche principale et à l'aval de la passe profonde. Ces mesures d'accompagnement doivent permettre à la fois d'améliorer les conditions de franchissement piscicole et de réduire l'impact visuel actuel du seuil, notamment à l'étiage (Figure 10).



Figure 10 : Vues du seuil de Beaugard en situation actuelle (photos du SMEAG, juillet 2006 du SMEAG) et éléments de maçonneries et de palplanches à évacuer

A terme, des protections de berges devront être prévues en amont rive gauche au niveau du lotissement de Bellevue (voir scénario B d'arasement).

### *Estimation du coût*

Le coût de réalisation du scénario A est évalué à 253 000 € HT (Tableau 3).

DEVENIR DU SEUIL DE BEAUREGARD				
ARASEMENT DE L'OUVRAGE SCENARIO A - DETAIL ESTIMATIF				
Désignation	Unité	Quantités	P.U. (€ HT)	Montant (€ HT)
<b>SERIE 01 - ACCOMPAGNEMENT DE LA DEGRADATION NATURELLE</b>				
01-01 Arrachage et évacuation de palplanches	ft	1	20 000,00	20 000,00
01-02 Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	500	100,00	50 000,00
<b>TOTAL SERIE 01</b>				<b>70 000,00</b>
<b>SERIE 02 - PROTECTIONS DE BERGE</b>				
02-01 Couche de transition en graves	m3	480	40,00	19 200,00
02-02 Fourniture et pose d'enrochements D=0,4	m3	1 440	60,00	86 400,00
<b>TOTAL SERIE 02</b>				<b>105 600,00</b>
<b>INSTALLATION DE CHANTIER, REMISE EN ETAT, QUALITE, BATHYMETRIE</b>	Forfait	10%		<b>18 000,00</b>
<b>ALEA ET NON METRE</b>	Forfait	20%		<b>36 000,00</b>
<b>TOTAL TRAVAUX ARRONDI</b>				<b>230 000,00</b>
<b>MAITRISE D'ŒUVRE</b>	Forfait	10%		<b>23 000,00</b>
<b>TOTAL HORS TAXES ARRONDI</b>				<b>253 000,00</b>

Tableau 3 : Evaluation du coût de réalisation du scénario A

#### 4.1.3 Maître d'ouvrage du scénario A

Le Maître d'ouvrage pressenti pour le scénario A est l'Etat. La Direction de l'Eau du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a affirmé dans un courrier adressé le 8 mars 2006 au président du conseil général du Lot et Garonne que « L'Etat est très attentif au suivi de cet effacement progressif et aux enjeux de sécurité qui y sont liés. Si la situation le nécessitait, une intervention d'accompagnement de cette destruction pourrait être envisagée. »

## 4.2 Contexte juridique et réglementaire

Le contexte juridique et réglementaire est plutôt favorable au scénario A, qui doit permettre, à terme, l'effacement de la chute et donc le rétablissement de la libre-circulation piscicole, priorité du SDAGE Adour Garonne.

A noter cependant qu'en l'état, le seuil constitue un obstacle avec une chute hydraulique résiduelle à l'étiage et avec la présence de palplanches au niveau des brèches susceptibles de blesser les poissons migrateurs. Ce scénario n'est donc pas totalement conforme dans un premier temps aux orientations du SDAGE en matière de gestion des poissons migrateurs et aux mesures préconisées par le PLAGEPOMI 2008-2012, notamment la mesure LC08 qui préconise d'assurer le démantèlement du barrage de Beauregard.

### 4.3 Impact du scénario A

L'impact du scénario A est a priori identique à terme au scénario B d'arasement du seuil. Il diffère de ce scénario par la phase transitoire de dégradation progressive.

#### 4.3.1 Impact hydraulique

L'impact hydraulique à terme du scénario A correspond à celui de l'effacement du seuil (scénario B1), présenté dans le Tableau 4, en fonction du débit et de la localisation. L'impact hydraulique tient compte de l'évolution prévisible des fonds de la Garonne en amont et en aval de l'ancien seuil.

L'impact maximal à terme du scénario A est une baisse des lignes d'eau de 1,4 m au niveau du seuil, environ 75 cm au niveau de Boé, 23 cm à la confluence du Gers et 8 cm au niveau du pont de Layrac. L'impact maximal est obtenu pour le débit médian (290 m<sup>3</sup>/s) au niveau du seuil et de Boé bourg et pour les crues courantes (1200 m<sup>3</sup>/s) au niveau de la confluence du Gers et au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert. La hauteur d'eau maximale dans le lit d'étiage pour un débit de 30 m<sup>3</sup>/s au niveau de Boé bourg baisse d'environ 2,40 m en situation actuelle à 2,25 m pour le scénario A à terme (scénario B1).

En crue, l'impact à terme devient faible : il est de 15 cm au maximum au niveau du seuil pour un débit de 2 800 m<sup>3</sup>/s (crue annuelle) et de 5 cm pour une crue décennale (4 700 m<sup>3</sup>/s).

La chute d'eau au niveau du seuil est actuellement d'environ 70 cm à l'étiage (30 m<sup>3</sup>/s) et de 1,4 m pour le débit de 290 m<sup>3</sup>/s. A terme, la chute au niveau de l'ancien seuil devient inexistante, le seuil marneux naturel, dégradé en surface en argile, s'érodant (voir scénario B1).

Débit	Différence entre les lignes d'eau pour le scénario A à terme par rapport à la situation actuelle (centimètres)					
	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	Au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert
30 m <sup>3</sup> /s	-38	-15	0	0	0	0
50 m <sup>3</sup> /s	-60	-18	0	0	0	0
120 m <sup>3</sup> /s	-118	-56	-27	-5	-2	0
200 m <sup>3</sup> /s	-127	-65	-45	-13	-7	0
290 m <sup>3</sup> /s	-138	-74	-57	-20	-10	1
420 m <sup>3</sup> /s	-123	-69	-55	-22	-13	-3
660 m <sup>3</sup> /s	-98	-60	-49	-22	-14	-5
1 200 m <sup>3</sup> /s	-72	-52	-45	-23	-16	-8
2 800 m <sup>3</sup> /s	-15	-26	-24	-14	-11	-8
4 000 m <sup>3</sup> /s	-7	-21	-19	-12	-10	-5
4 700 m <sup>3</sup> /s	-5	-20	-18	-11	-5	-5

Tableau 4 : Impact hydraulique du scénario A à terme

### 4.3.2 Impact morphodynamique

L'impact morphodynamique prévu est à terme comparable à celui du scénario d'arasement B1 développé dans le paragraphe 5.4.2 : adaptation du profil en long de la rivière et augmentation de la capacité de transport solide pour les débits courants et de crue fréquentes (débit de 1200 m<sup>3</sup>/s), principalement entre Boé bourg et le seuil de Beauregard.

On peut donc s'attendre à la mobilisation du banc de graviers actuellement bloqués immédiatement à l'amont du seuil en rive gauche.

Sur le linéaire d'augmentation des forces tractrices, le seul ouvrage directement impacté 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'implique pas d'augmentation significative des forces tractrices au niveau du Pont de Layrac et l'impact hydraulique y est faible.

Des protections de berges pourront être prévues au niveau de l'enjeu qu'est le lotissement de Bellevue. Le diagnostic avait montré que la géologie et l'hydrogéologie étaient les facteurs principaux d'instabilité du lotissement de Bellevue. L'érosion de berge en pied de talus est un facteur secondaire à ne pas négliger, d'autant plus qu'il s'agit du seul enjeu morphodynamique identifié. Figer les berges en Garonne agenaise est peu pénalisant d'un point de vue de la dynamique fluviale et de l'environnement car la Garonne a déjà été fortement anthropisée dans ce secteur depuis le 19<sup>ième</sup> siècle pour la navigation et l'on note déjà une déconnexion écologique entre la rivière et la ripisylve. La solution technique de protection de berges sera détaillée dans le cadre de l'Avant Projet si le scénario est retenu.

### 4.3.3 Environnement

L'accompagnement de la dégradation progressive naturelle du seuil par l'enlèvement a minima de ses vestiges au niveau des brèches (arrêtes vives des palplanches, des blocs de béton, des ferrailles,...) et en aval de la passe profonde semble indispensable pour ne pas prendre le risque permanent, ou en tous les cas pour une durée indéterminée, que le poisson puisse se blesser au franchissement de l'ouvrage (présence d'obstacles dans la fosse d'appel pour la montaison).

L'accompagnement minimaliste de la dégradation progressive naturelle du seuil ne permet cependant pas d'obtenir les garanties de franchissement piscicole dans l'immédiat et pour une durée indéterminée : la chute actuelle comprise entre 70 cm à l'étiage et 1,40 m pour le débit médian rend l'ouvrage non transparent, d'autant plus que la passe à poissons n'est plus alimentée en dessous du débit de 200 m<sup>3</sup>/s environ depuis l'apparition de la brèche principale en 2005.

#### Frayère d'aloses

L'attractivité de la frayère d'aloses d'Agen semble liée à l'état physique du seuil de Beauregard : la dégradation du seuil entraîne l'apparition d'ouvertures franchissables par cette espèce qui délaissent alors les sites de ponte à l'aval en se reportant davantage sur les sites à l'amont.

L'accès à un plus grand nombre de frayères augmente les chances de développement de la population. La désaffectation des sites de pontes au sein de la réserve naturelle de la frayère d'aloses d'Agen ne remet pas en cause l'existence même de la réserve naturelle dont l'objectif, face à cette évolution, est d'étendre son périmètre vers les sites de ponte à l'amont.

### 4.3.4 Impact paysager

Pendant la phase transitoire de dégradation progressive du seuil, le scénario A permet de réduire l'impact paysager de l'ouvrage actuel sur le paysage du fleuve à l'étiage.

En vues rapprochées, l'impact est actuellement très fort : le seuil se présentant comme un ouvrage en ruine, avec des palplanches tordues et des éléments de maçonneries renversées.

L'accompagnement de la dégradation progressive avec l'évacuation des palplanches et des blocs de maçonneries et de béton au niveaux des brèches principale et secondaire permet en effet de réduire l'impact de l'ouvrage, sans rendre pour autant le site attractif pour son paysage à l'étiage.

La mise en valeur paysagère pourra consister à créer meilleures vues sur le fleuve, qui représente l'élément attractif du paysage, par dégagement de végétation et ouverture de fenêtres, entretien des berges et enlèvements des déchets flottants au niveau du seuil.

L'accès au site même du seuil de Beauregard ne doit pas être facilité par rapport à la situation actuelle, étant donné le manque de stabilité de l'ouvrage.

En période de hautes eaux en revanche, l'impact paysager du seuil est faible. Il est seulement perceptible par la discontinuité de la ligne d'eau.

#### 4.3.5 Impact sur les usages

Les usages passés, présents et potentiels, influencés par la perspective d'évolution du barrage de Beauregard sont les prises d'eau en nappe et en rivière, l'hydroélectricité, la valorisation touristique, les activités nautiques et la pêche.

##### *Prélèvements en rivière et en nappe*

Les prises d'eau recensées en rivière dans la zone d'influence du seuil dans le cadre du diagnostic sont :

- La prise d'eau AEP de Lacapelette,
- La prise d'eau AEP de Sivoizac,
- 7 prises d'eau agricoles entre Boé bourg et le pont de Layrac.

Les prises d'eau de Lacapelette et de Sivoizac font ou ont déjà fait l'objet de travaux prenant en compte l'abaissement de la ligne d'eau en cas d'effacement du seuil (évalué à un maximum de 1,3 m au niveau de la prise d'eau de Lacapelette et à 70 cm environ au niveau de Sivoizac). Les travaux ont été réalisés en 2007 pour la prise d'eau de Sivoizac (montant de 500 000 € HT pour la maîtrise d'œuvre et les travaux) et en 2008 pour la prise d'eau de Lacapelette (montant travaux et maîtrise d'œuvre : 1,1 M€ HT). La fonctionnalité des équipements après travaux n'est donc plus affectée par le scénario d'effacement du seuil.

Les niveaux d'eau au droit des 7 prises d'eau agricoles entre Boé bourg et le pont de Saint Pierre de Gaubert sont susceptibles de baisser de 8 à 23 cm pour les 4 prises d'eau situées en amont du Gers et de 23 à 57 cm pour les 3 prises d'eau situées en aval du Gers. Pour le débit de basses eaux de 120 m<sup>3</sup>/s correspondant au débit mensuel minimal, l'impact est limité à moins de 5 cm en amont du Gers et à moins de 27 cm en aval.

Cette baisse de la ligne d'eau ne devrait pas poser de problèmes particuliers pour les prises d'eau en rivières, a priori munies de crépines mobiles pouvant être déplacées dans le lit d'étiage. Les prises d'eau en rivières sont en effet des prises d'eau agricoles individuelles dont les autorisations de prélèvement sont temporaires : les ouvrages de prise d'eau sont donc par nature provisoires et mobiles. La DDAF n'a d'ailleurs pas reçu de plaintes des usagers liées à l'abaissement des lignes d'eau de la Garonne résultant de la formation de la brèche principale dans le seuil de Beauregard en 2005.

Les prises d'eau en nappe sous influence du seuil identifiées dans le diagnostic sont trois prises d'eau dans la nappe de Layrac situées à l'amont de la RD17 et à l'aval de la ligne

SNCF. L'impact hydraulique de l'effacement du seuil sur les lignes d'eau est inférieur à 10 cm pour les débits inférieurs au débit médian (290 m<sup>3</sup>/s) et l'impact sur la nappe est alors estimé être inférieur à 5 cm. Cet impact est marginal et ne nécessite pas de mesures d'accompagnement.

Le diagnostic (phase 1) a montré l'absence d'impact de l'arasement du seuil sur la piézométrie de la nappe de Boé.

### *Activités nautiques*

#### Rappel du contexte

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.

Suite à la formation de la brèche principale en 2005 qui a provoqué une baisse de la ligne d'eau en amont du seuil, les activités nautiques ne sont plus possibles sur l'ancien plan d'eau du seuil, faute de tirant d'eau suffisant.

#### Impact du scénario A

Le scénario A induit un abaissement progressif de la ligne d'eau à l'amont du seuil jusqu'à 1,4 m au niveau du seuil et 75 cm environ au niveau de Boé bourg.

Les activités nautiques existantes avant 2005 ne peuvent pas reprendre dans le cadre de ce scénario.

### *Pêche*

#### Rappel du contexte

La pêche amateur et professionnelle, dont l'activité est en baisse, compte à l'heure actuelle 13 licences amateur sur le bief d'étude au lieu de 27 en 2003 et 1 pêcheur professionnel au lieu de 7 en 1985.

#### Impact du scénario A

La pêche peut devenir plus intéressante globalement à l'échelle de la Garonne à l'amont du seuil puisqu'il n'y aura plus d'obstacle à la montaison des espèces piscicoles.

Localement, les interdictions de pêche à l'amont et à l'aval de l'ancien seuil pourraient disparaître à terme avec l'effacement du seuil.

### *Valorisation touristique*

Le potentiel de valorisation touristique/de promenade et d'agrément n'est pas exploité dans le cadre de ce scénario.

Il n'y a en effet pas d'intérêt à développer l'accès à un site peu esthétique et qui peut être dangereux à l'étiage.

### *Hydroélectricité*

Le potentiel hydroélectrique n'est pas exploité dans le cadre de ce scénario, qui conduit à terme à l'effacement de la chute.

## 5 SCENARIO B : ARASEMENT DU SEUIL

### 5.1 Description du scénario et objectifs

Le scénario B consiste à araser l'ouvrage en conservant le seuil marneux naturel à la cote 35,4 m NGF.

L'objectif est la restauration rapide de la libre circulation piscicole par démolition du seuil de Beauregard associée à une valorisation paysagère « naturaliste » du site.

### 5.2 Définition du scénario B

Le scénario B se décompose en deux sous scénarios :

- Scénario B1 : Démolition de l'ouvrage actuel, restauration de la dynamique fluviale et suivi de l'évolution morphodynamique avec protections de berges préventives au niveau des enjeux (lotissement de Bellevue).
- Scénario B2 : Démolition de l'ouvrage actuel et protection du seuil marneux « naturel » par la mise en place d'enrochements de protection aval assurant sa stabilité.

#### 5.2.1 Scénario B1

Le scénario B1 consiste en la démolition de la passe profonde, des passes déversantes, des piles de l'ouvrage ainsi qu'à l'enlèvement des palplanches en amont et des enrochements de protection en aval de l'ouvrage.

Les dalles de béton et les enrochements sur les berges en rive droite et en rive gauche (sur l'îlot entre la Garonne et la passe à poissons) peuvent être conservés comme mémoire de l'ouvrage.

#### *Travaux envisagés*

Les travaux envisagés consistent en la démolition et l'évacuation des matériaux par voie terrestre en période d'étiage. L'accès à l'ouvrage pourra être réalisé depuis les berges par une piste submersible (nivelées à la cote de 38,8 m NGF, soit la cote du seuil augmentée d'une revanche de 50 cm) en graves et petits enrochements implantée à l'amont du seuil.

Les travaux pourront être réalisés suivant le phasage suivant :

- Démolition des passes supérieures depuis la rive gauche dans un premier temps,
- Démolition de la passe profonde dans un second temps.

Ce phasage permet de limiter l'impact hydraulique des travaux puisqu'ils n'impactent pas les écoulements à l'étiage et en bases eaux (concentrés sur la brèche et la passe profonde) en première phase et qu'en seconde phase l'arasement des passes profondes permet de limiter les écoulements au niveau de la brèche principale à proximité des travaux.

Les graves et enrochements des pistes d'accès submersibles sont enlevés à l'issue de la phase 1 et mis en dépôt pour réutilisation pour la piste d'accès de phase 2 puis mis en dépôt pour réutilisation en protection de berge.

**Métre et estimatif du coût de réalisation du scénario B1**

Le coût de réalisation du scénario B1 est estimé à 635 000 € HT (Tableau 5).

DEVENIR DU SEUIL DE BEAUREGARD					
ARASEMENT DE L'OUVRAGE SCENARIO B1- DETAIL ESTIMATIF					
Désignation	Unité	Quantités	P.U. (€ HT)	Montant (€ HT)	
<b>SERIE 01 - DEMOLITION PASSES SUPERIEURES</b>					
01-01	Aménagement d'une piste d'accès en Garonne et mise en dépôt pour série 2	ft	1	40 000,00	40 000,00
01-02	Arrachage et évacuation de palplanches	kg	30 000	1,00	30 000,00
01-03	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	2 300	55,00	126 500,00
01-04	Evacuation d'enrochements	m3	1 980	35,00	69 300,00
<b>TOTAL SERIE 01</b>					<b>265 800,00</b>
<b>SERIE 02 - DEMOLITION PASSE PROFONDE</b>					
02-01	Aménagement d'une piste d'accès en Garonne et mise en dépôt pour protections de b	ft	1	40 000,00	40 000,00
02-02	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	465	55,00	25 575,00
<b>TOTAL SERIE 02</b>					<b>65 575,00</b>
<b>SERIE 03 - PROTECTIONS DE BERGE</b>					
03-01	Couche de transition en graves	m3	480	40,00	19 200,00
03-02	Réutilisation d'enrochements D=0,4 provenant des pistes d'accès	m3	1 440	50,00	72 000,00
<b>TOTAL SERIE 03</b>					<b>91 200,00</b>
<b>SERIE 04 - INTEGRATION PAYSAGERE</b>					
04-01	Réalisation d'un itinéraire de promenade avec bancs, plantation, entretien végétation	ft	1	20 000,00	20 000,00
<b>TOTAL SERIE 04</b>					<b>20 000,00</b>
<b>INSTALLATION DE CHANTIER, REMISE EN ETAT, QUALITE, BATHYMETRIE</b>		Forfait	10%		<b>45 000,00</b>
<b>ALEA ET NON METRE</b>		Forfait	20%		<b>89 000,00</b>
<b>TOTAL TRAVAUX ARRONDI</b>					<b>577 000,00</b>
<b>MAITRISE D'ŒUVRE</b>		Forfait	10%		<b>57 700,00</b>
<b>TOTAL HORS TAXES ARRONDI</b>					<b>635 000,00</b>

Tableau 5 : Estimation du coût de réalisation du scénario B1

**5.2.2 Scénario B2**

Le scénario B2 consiste en la démolition de l'ouvrage actuel jusqu'à la cote 35,4 m NGF au niveau des passes profondes et déversantes et à la cote 34,0 m NGF au niveau de la brèche selon les modalités du scénario B1, à l'exception du traitement des enrochements de protection aval et des palplanches existantes.

Les enrochements actuellement situés à l'aval des passes supérieures sont en effet remaniés en protection du seuil marneux « naturel » selon un fruit minimal de 5H/1V entre les cotes 35,4 m NGF à l'amont et 34 m NGF à l'aval des anciennes passes déversantes.

Des enrochements d'apport de diamètre médian  $D_{50} = 1,6$  m (5,5 T) sont prévus en complément pour les travaux en rive droite (passe profonde et brèche principale) et disposés selon un fruit minimal de 5H/1V entre les cotes 35,4 m NGF à l'amont et 34 m NGF à l'aval de l'ancienne passe profonde et entre les cotes 34,0 m NGF à l'amont et 32 m NGF au niveau de la brèche.

Les palplanches existantes ne nécessitent pas d'être arrachées dans le scénario B2. Elles pourront être récupérées aux niveaux 35,4 m en partie courante et 34,0 m au niveau de la brèche principale, la partie supérieure des palplanches étant évacuée.

**Métre et estimation du coût de réalisation du scénario B2**

Le coût de réalisation du scénario B2 est estimé à 748 000 € HT (Tableau 6).

<b>DEVENIR DU SEUIL DE BEAUREGARD</b>					
<b>ARASEMENT DE L'OUVRAGE SCENARIO B2- DETAIL ESTIMATIF</b>					
<b>Désignation</b>		<b>Unité</b>	<b>Quantités</b>	<b>P.U. (€ HT)</b>	<b>Montant (€ HT)</b>
<b>SERIE 01 - TRAVAUX PASSES SUPERIEURES</b>					
01-01	Aménagement d'une piste d'accès en Garonne et replis en fin de chantier	ft	1	40 000,00	40 000,00
01-02	Recépage de palplanches et évacuation des parties supérieures	ml	100	100,00	10 000,00
01-03	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	2 300	55,00	126 500,00
01-04	Remaniement d'enrochements de protection à l'aval du seuil	m3	1 100	45,00	49 500,00
01-05	Mise en dépôt d'enrochements pour réutilisation en rive droite	m3	880	15,00	13 200,00
<b>TOTAL SERIE 01</b>					<b>239 200,00</b>
<b>SERIE 02 - TRAVAUX PASSE PROFONDE ET BRECHE</b>					
02-01	Aménagement d'une piste d'accès en Garonne et mise en dépôt pour protections de ber	ft	1	40 000,00	40 000,00
02-02	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	465	55,00	25 575,00
02-03	Réutilisation d'enrochements provenant de l'aval des passes supérieures	m3	880	50,00	44 000,00
02-04	Fourniture et pose d'enrochements	m3	450	60,00	27 000,00
<b>TOTAL SERIE 02</b>					<b>136 575,00</b>
<b>SERIE 03 - PROTECTIONS DE BERGE</b>					
03-01	Couche de transition en graves	m3	480	40,00	19 200,00
03-02	Réutilisation d'enrochements D=0,4 provenant des pistes d'accès	m3	1 440	50,00	72 000,00
<b>TOTAL SERIE 03</b>					<b>91 200,00</b>
<b>SERIE 04 - INTEGRATION PAYSAGERE</b>					
04-01	Réalisation d'un itinéraire de promenade avec bancs, plantation, entretien végétation	ft	1	20 000,00	20 000,00
<b>TOTAL SERIE 04</b>					<b>20 000,00</b>
<b>INSTALLATION DE CHANTIER, REMISE EN ETAT, QUALITE, BATHYMETRIE</b>		Forfait	10%		<b>49 000,00</b>
<b>ALEA ET NON METRE</b>		Forfait	20%		<b>98 000,00</b>
<b>TOTAL TRAVAUX ARRONDI</b>					<b>634 000,00</b>
<b>ETUDE FRANCHISSEMENT PISCICOLE A L'ETIAGE</b>		Forfait			<b>50 000,00</b>
<b>MAITRISE D'ŒUVRE</b>		Forfait	10%		<b>63 400,00</b>
<b>TOTAL HORS TAXES ARRONDI</b>					<b>748 000,00</b>

Tableau 6 : Estimation du coût de réalisation du scénario B2

### 5.2.3 Valorisation paysagère du site

Le diagnostic paysager du seuil de Beauregard a mis en évidence l'absence de mise en valeur de la rive gauche, qui présente pourtant un fort intérêt en tant que site naturel proche de l'agglomération, notamment pour la promenade. Pouvoir se promener en bord de rive semble une opportunité rare dans l'Agenais où il y a très peu de point de contact avec la Garonne « naturelle », qui reste largement inaccessible et difficile à longer et visible seulement depuis les ponts et voies sur berges par le grand public (hormis les pêcheurs).

La valorisation paysagère proposée est l'aménagement d'un chemin de promenade sur un linéaire d'un kilomètre depuis la route le long de la Garonne située à l'aval du seuil de Beauregard et le pont de Beauregard à l'amont (Figure 11).

L'aménagement proposé consiste en :

- Un sentier pédestre en terre et/ou en gravier, sauf si les élus souhaitent une piste cyclable,
- Des préconisations pour la gestion de la végétation existante (débroussaillage, etc...), comprenant une première intervention de débroussaillage, coupe et ouvertures de fenêtres sur la Garonne,
- Quatre ou cinq bancs sur l'itinéraire de promenade,

- La plantation de 15 à 20 arbres en racines nues marquant l'itinéraire, à proximité des bancs ou des arbustes en massif pour servir de garde corps ponctuellement au niveau où le chemin est proche de la berge et la rive raide.
- Un panneau d'information/explication sur le milieu Garonne.

D'autres réflexions de valorisation du site peuvent être développées : Maison Garonne, etc...



Figure 11 : Linéaire d'aménagement de chemin de promenade

Le scénario B2 permet de maintenir le seuil marneux « naturel », visible à l'étiage, et présente l'intérêt patrimonial de marquer la mémoire de l'ouvrage historique.

#### 5.2.4 Maîtrise d'ouvrage du scénario B

Les Maîtres d'ouvrage pressentis pour le scénario B d'arasement sont l'Etat ou les collectivités territoriales.

### 5.3 Contexte juridique et réglementaire

Le contexte juridique et réglementaire est favorable à l'arasement du seuil, qui s'inscrit dans le cadre des orientations du SDAGE en matière de gestion des poissons migrateurs et aux mesures préconisées par le PLAGEPOMI 2008-2012, notamment la mesure LC08 qui préconise d'assurer le démantèlement du barrage de Beauregard.

Si l'Etat décide de procéder à l'arasement, aucun moyen de droit ne pourra a priori y faire obstacle au regard des règles propres à la domanialité publique. En revanche, l'Etat ne peut pas être mis en demeure de procéder à la démolition du seuil, sauf s'il est démontré que l'ouvrage était susceptible de nuire à l'écoulement des eaux.

Si le Maître d'Ouvrage n'est pas l'Etat, il obtiendrait probablement l'autorisation d'arasement dans le contexte réglementaire actuel et futur. La délivrance de l'autorisation reste néanmoins à l'entière appréciation de l'administration.

## 5.4 Impacts du scénario B

### 5.4.1 Impact hydraulique

#### *Scénario B1*

L'impact hydraulique du scénario B1 d'effacement du seuil est présenté dans le Tableau 7, en fonction du débit et de la localisation. L'impact hydraulique tient compte de l'évolution prévisible des fonds de la Garonne en amont et en aval de l'ancien seuil.

L'impact maximal de l'effacement du seuil est une baisse des lignes d'eau d'environ 1,4 m au niveau du seuil, 75 cm au niveau de Boé, 23 cm à la confluence du Gers et 8 cm au niveau du pont de Layrac. L'impact maximal est obtenu pour le débit médian (290 m<sup>3</sup>/s) au niveau du seuil et de Boé bourg et pour les crues courantes (1200 m<sup>3</sup>/s) au niveau de la confluence du Gers et au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert. La hauteur d'eau maximale dans le lit d'étiage pour un débit de 30 m<sup>3</sup>/s au niveau de Boé bourg baisse d'environ 2,40 m en situation actuelle à 2,25 m pour le scénario B1.

En crue, l'impact de l'arasement du seuil devient faible : il est de 15 cm au maximum au niveau du seuil pour un débit de 2 800 m<sup>3</sup>/s (crue annuelle) et de 5 cm pour une crue décennale (4 700 m<sup>3</sup>/s).

Débit	Différence entre les lignes d'eau pour le scénario B1 par rapport à la situation actuelle (centimètres)					
	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	Au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert
30 m <sup>3</sup> /s	-38	-15	0	0	0	0
50 m <sup>3</sup> /s	-60	-18	0	0	0	0
120 m <sup>3</sup> /s	-118	-56	-27	-5	-2	0
200 m <sup>3</sup> /s	-127	-65	-45	-13	-7	0
290 m <sup>3</sup> /s	-138	-74	-57	-20	-10	1
420 m <sup>3</sup> /s	-123	-69	-55	-22	-13	-3
660 m <sup>3</sup> /s	-98	-60	-49	-22	-14	-5
1 200 m <sup>3</sup> /s	-72	-52	-45	-23	-16	-8
2 800 m <sup>3</sup> /s	-15	-26	-24	-14	-11	-8
4 000 m <sup>3</sup> /s	-7	-21	-19	-12	-10	-5
4 700 m <sup>3</sup> /s	-5	-20	-18	-11	-5	-5

Tableau 7 : Impact hydraulique de l'arasement du seuil – scénario B1

La chute d'eau maximale au niveau du seuil serait, pour le scénario B1, identique dans une première phase à celle du scénario B2, soit environ 70 cm à l'étiage (30 m<sup>3</sup>/s). A terme, la chute au niveau de l'ancien seuil devient inexistante, le seuil marneux naturel, dégradé en surface en argile, s'érodant (voir paragraphe 5.4.2 sur l'impact morphodynamique).

**Scénario B2**

Le Tableau 8 présente l'impact hydraulique pour le scénario d'arasement B2. Il est moins important que pour la situation B1 d'une dizaine de centimètres pour les débits inférieurs à 120 m<sup>3</sup>/s et de quelques centimètres pour les débits supérieurs.

Débit	Différence entre les lignes d'eau pour le scénario B2 par rapport à la situation actuelle (centimètres)					
	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	Au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert
30 m <sup>3</sup> /s	-23	-1	0	0	0	0
50 m <sup>3</sup> /s	-52	-7	0	0	0	0
120 m <sup>3</sup> /s	-116	-48	-25	-5	-2	0
200 m <sup>3</sup> /s	-126	-56	-40	-12	-6	0
290 m <sup>3</sup> /s	-136	-64	-51	-19	-10	-1
420 m <sup>3</sup> /s	-122	-59	-48	-19	-12	-2
660 m <sup>3</sup> /s	-95	-48	-40	-18	-12	-4
1 200 m <sup>3</sup> /s	-68	-39	-34	-18	-12	-6
2 800 m <sup>3</sup> /s	-14	-11	-11	-6	-5	-4
4000 m <sup>3</sup> /s	-6	-7	-6	-4	-3	-2
4 700 m <sup>3</sup> /s	-3	-5	-5	-3	-2	-2

Tableau 8 : Impact hydraulique du scénario d'arasement du seuil B2

Le Tableau 9 compare les hauteurs de chute engendrées par le seuil entre l'état actuel et pour le scénario d'arasement B2.

Pour le débit d'étiage sévère de 30 m<sup>3</sup>/s, la différence entre les deux situations est peu marquée avec seulement 2 centimètres de moins pour le scénario B2 (chute à l'étiage de 67 cm). Au delà de ce débit, la chute d'eau diminue pour le scénario B2 et devient inexistante à partir du débit médian de 290 m<sup>3</sup>/s. A contrario, la hauteur de chute est maximale pour ce débit en situation actuelle.

Débit	Chute de la ligne d'eau au niveau du seuil (mètres)	
	Situation actuelle (avec brèches)	Scénario B2
30 m <sup>3</sup> /s	0,69	0,67
50 m <sup>3</sup> /s	0,74	0,52
120 m <sup>3</sup> /s	1,17	0,19
200 m <sup>3</sup> /s	1,26	0,13
290 m <sup>3</sup> /s	1,37	0
420 m <sup>3</sup> /s	1,22	0
660 m <sup>3</sup> /s	0,95	0
1 200 m <sup>3</sup> /s	0,69	0

Débit	Chute de la ligne d'eau au niveau du seuil (mètres)	
	Situation actuelle (avec brèches)	Scénario B2
2 800 m <sup>3</sup> /s	0,14	0
4 000 m <sup>3</sup> /s	0,06	0
4 700 m <sup>3</sup> /s	0,04	0

Tableau 9 : Comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil en fonction du débit en situation actuelle et pour le scénario B2.

## 5.4.2 Impact morphodynamique

### *Scénario B1*

#### Evolution bathymétrique prévue au niveau de l'ancien barrage

Une évolution morphodynamique est à prévoir en cas de démolition du seuil sur le bief immédiatement en amont et en aval. En effet :

- On note une augmentation de la hauteur du seuil « naturel » suite à l'approfondissement du lit de la Garonne sur le bief aval : hauteur d'environ 3,5 m (cote du lit en aval du seuil : 32 m NGF en aval de la brèche secondaire) au lieu d'environ 1,5 m historiquement,
- La configuration bathymétrique actuelle tend à montrer que les marnes sont érodables, au moins à l'aval du seuil. En particulier, l'évolution bathymétrique entre 1983 et 2008 indique un approfondissement du fond du lit mineur à l'aval du seuil. Par ailleurs, au niveau du seuil, le fond du lit au niveau de la brèche principale semble par ailleurs situé en dessous de la cote du seuil marneux naturel (35,4 m NGF),
- Les sondages géotechniques sur le seuil mettent en évidence une altération des couches supérieures des marnes en argiles, qui sont donc érodables surtout au niveau de chutes hydrauliques.

Une modification du profil en long de la Garonne est donc à prévoir avec un approfondissement du lit sur le bief en amont du seuil ainsi qu'immédiatement en aval.

Dans le cadre de l'étude de faisabilité d'adaptation de la prise d'eau de Lacapelette [5], l'évolution morphodynamique en cas d'arasement du seuil a été étudiée :

- Une adaptation du profil en long du lit mineur est prévue, avec un lissage entre les profils P21 et P26 du chenal d'étiage, soit un linéaire d'environ 2 km centré sur le barrage. La cote minimale du fond du lit finale est estimée à environ 32,50 m NGF au niveau du barrage (Figure 12).
- Le possible recentrement du chenal d'étiage, actuellement dévié vers la rive droite par la passe profonde, et depuis 2005 par la brèche principale.

L'érosion complète du seuil marneux naturel est donc probable, avec un déplacement du lit d'étiage vers le centre du lit de la Garonne, sans approfondissement du fond du lit au niveau du seuil par rapport au niveau de la brèche principale actuelle. Sur le kilomètre du bief en amont du seuil, une incision du lit, d'environ 0,8 m en moyenne et décroissante d'aval vers l'amont : le front d'incision dans les marnes (la chute dans le toit des marnes) est susceptible de remonter vers l'amont dans le lit d'étiage par érosion régressive.

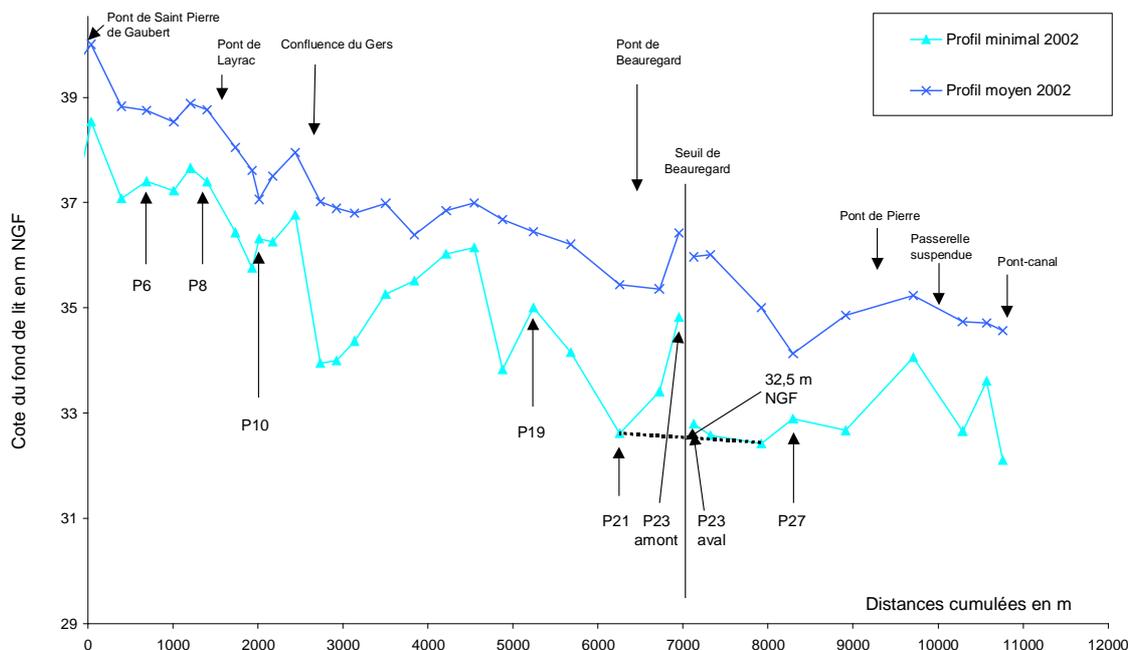


Figure 12 : Evolution prévisible du profil en long de la Garonne dans le cadre du scénario d'arasement B1, d'après [5]

Analyse de la capacité de transport solide compte tenu de l'évolution bathymétrique prévue

La Figure 13 présente l'évolution des profils en long des forces tractrices pour le débit médian ( $Q=290\text{ m}^3/\text{s}$ ) pour la situation actuelle et le scénario d'arasement B1.

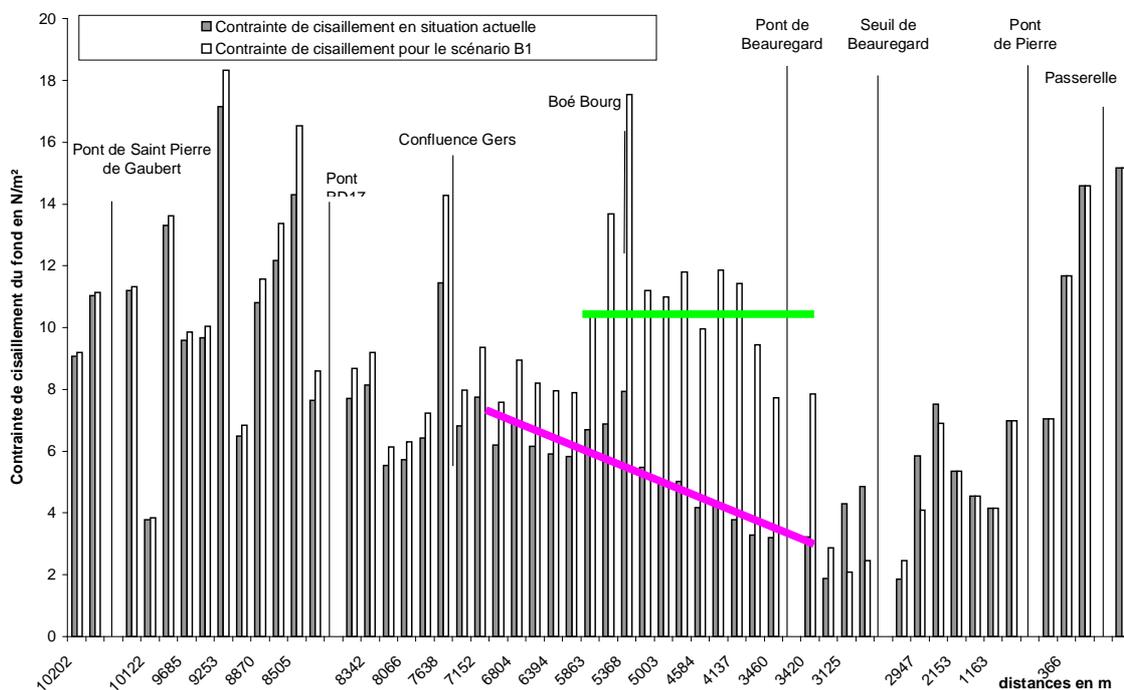


Figure 13 : Forces tractrices pour un débit de  $290\text{ m}^3/\text{s}$  – situation actuelle et scénario B1

On note que l'hypothèse de l'arasement du seuil induit une augmentation des forces tractrices à des valeurs d'environ  $10\text{ N/m}^2$  (et localement  $15\text{ N/m}^2$ ) sur les 2 km en amont du seuil (jusqu'au niveau de Boé bourg). Les forces tractrices sont susceptibles de mettre en mouvement les sables et petits graviers sur le fond du lit.



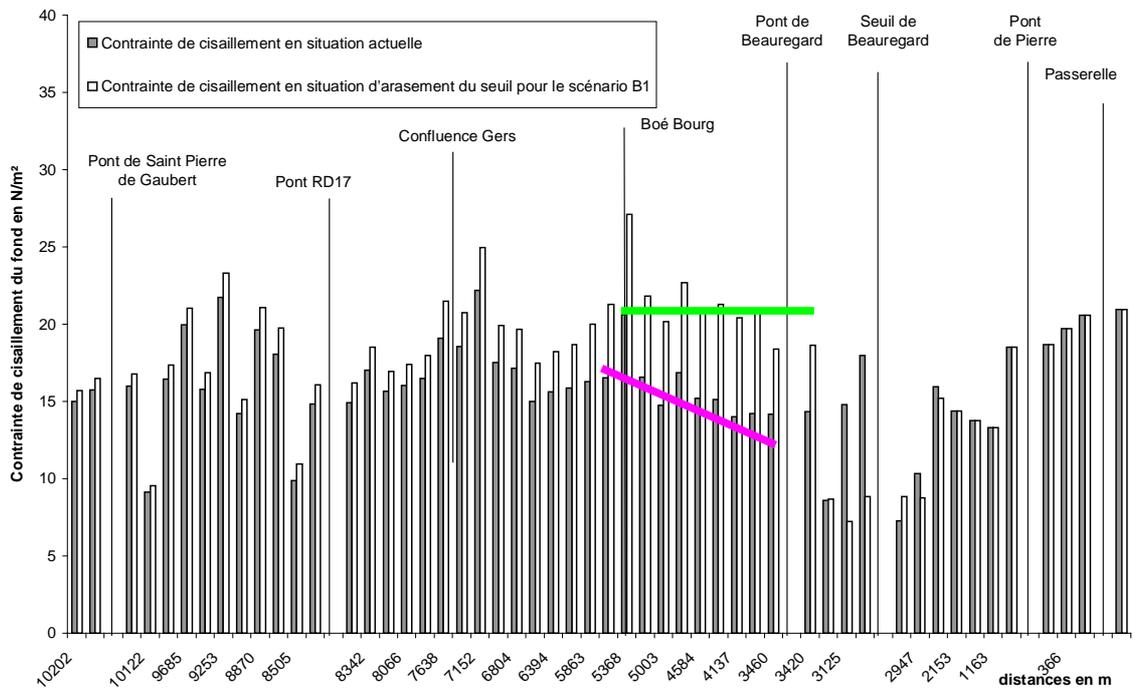


Figure 14 : Forces tractrices pour un débit de 1 200 m<sup>3</sup>/s – situation actuelle et scénario B1

La Figure 14 présente les forces tractrices pour le débit de crue de  $Q= 1\ 200\ m^3/s$  (correspondant au double du débit mensuel maximal). L'arasement du seuil conduit à l'augmentation des forces tractrices de 15 N/m<sup>2</sup> environ à 20 N/m<sup>2</sup> entre Boé bourg et le pont de Beauregard. 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.

La Figure 15 présente les forces tractrices pour le débit de crue annuelle 2 800 m<sup>3</sup>/s (crue de plein bord morphogène). Elles sont de l'ordre de 25 à 30 N/m<sup>2</sup> 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'arasement conduit à une faible augmentation des forces tractrices (de l'ordre de 5 à 10%).

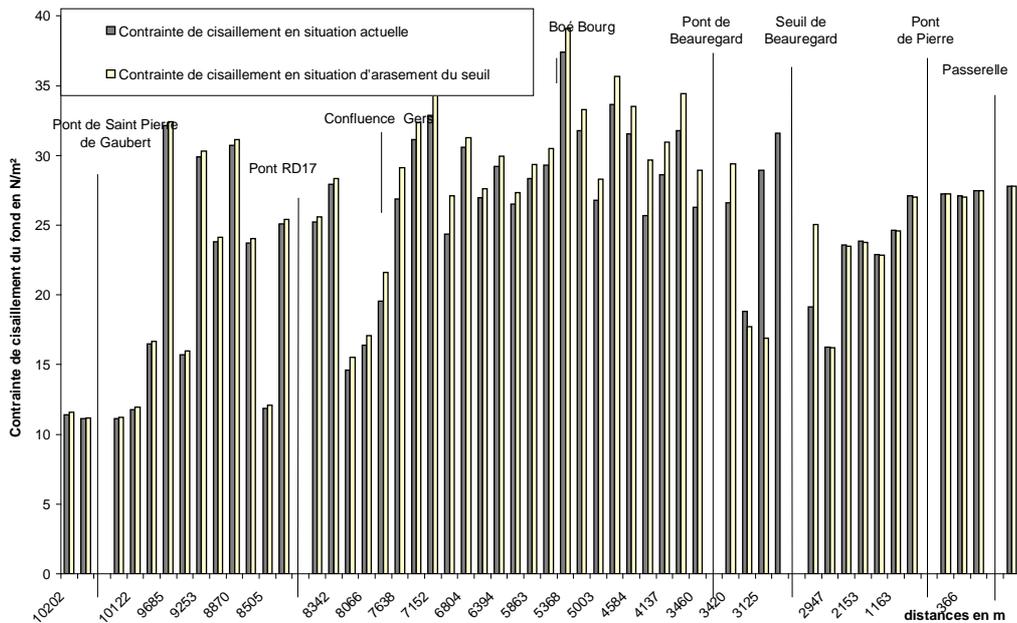


Figure 15 : Forces tractrices pour un débit de 2 800 m<sup>3</sup>/s



La mise en mouvement des sédiments (gravier) a lieu principalement à partir de valeurs de forces tractrices de l'ordre de 20 à 25 N/m<sup>2</sup>. L'arasement du seuil conduit :

- A une mise en mouvement plus fréquente des sédiments, qui sont mobilisés pour le scénario B à partir des crues courantes, débit de 1 200 m<sup>3</sup>/s, dépassé statistiquement 4% du temps. Alors que pour la situation actuelle, le seuil de mise en mouvement des sédiments est plutôt atteint pour un débit compris entre 1 200 m<sup>3</sup>/s et 2 800 m<sup>3</sup>/s (crue annuelle),
- A une faible augmentation des forces tractrices entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le seuil de Beauregard pour les crues morphogènes (crue annuelle, 2800 m<sup>3</sup>/s).

L'arasement du seuil implique donc une augmentation de la capacité de transport solide entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le seuil de Beauregard et particulièrement à l'aval de Boé bourg.

Dans le contexte de déficit de sédiments en Garonne, les sédiments étant principalement apportés par les affluents, il est probable que l'arasement du seuil participe à la poursuite de l'incision du lit et au risque d'érosion sur les berges.

Des protections de berge sont prévues au niveau du lotissement de Bellevue.

### Scénario B2

Les Figure 16, Figure 17 et Figure 18 présentent les forces tractrices en situation actuelle ainsi que pour le scénario B2. On observe des impacts qualitativement comparables à ceux du scénario B1 mais d'amplitude légèrement moindre.

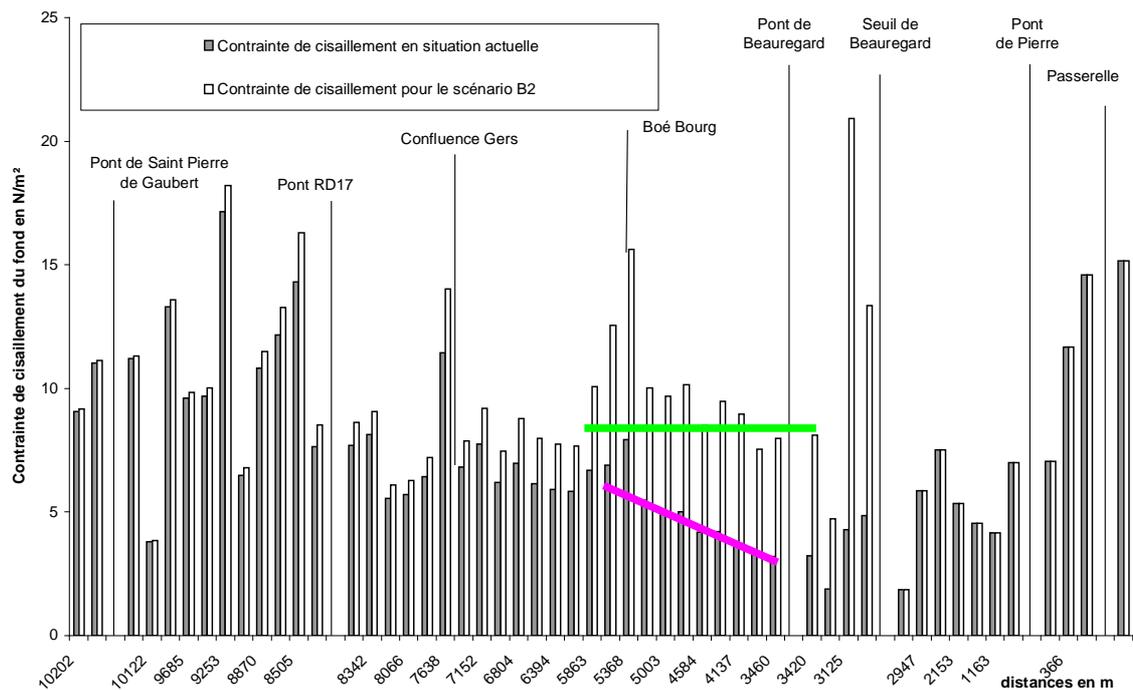


Figure 16 : Forces tractrices pour un débit de 290 m<sup>3</sup>/s – situation actuelle et scénario B2

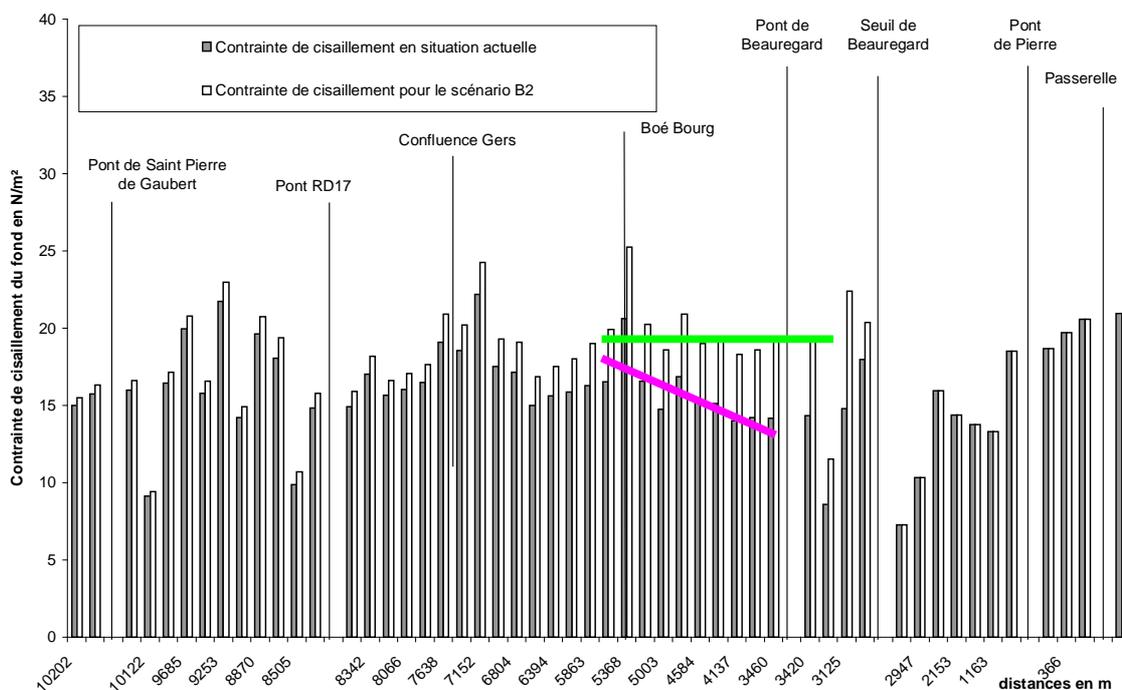


Figure 17 : Forces tractrices pour un débit de 1 200 m³/s – situation actuelle et scénario B2

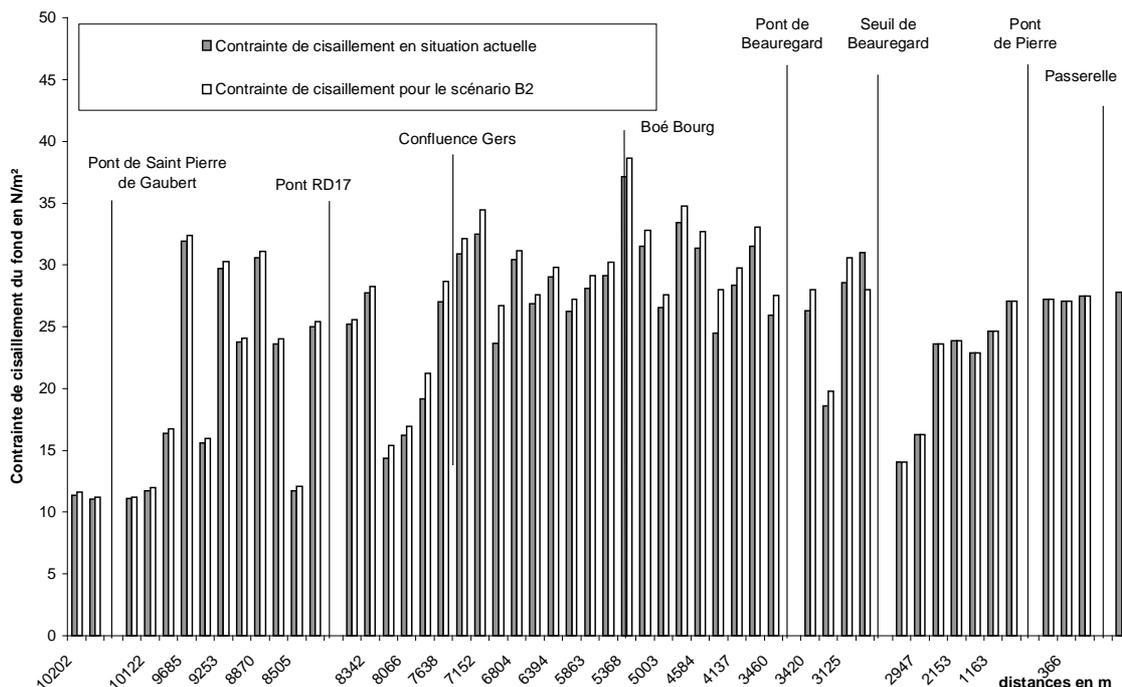


Figure 18 : Forces tractrices pour un débit de 2 800 m³/s – situation actuelle et scénario B2

### Synthèse morphodynamique

L'impact morphodynamique prévu des scénarios d'arasement B1 et B2 comprend une augmentation de la capacité de transport solide pour les débits médians et de crues fréquentes (débit de 1 200 m³/s) principalement entre Boé bourg et le seuil de Beauregard et, pour le scénario B1, une adaptation du profil en long de la rivière comportant une incision du lit à l'amont du seuil (chenalisation).

On peut donc s'attendre, dans le cadre du scénario B, à la mobilisation du banc de graviers actuellement bloqué immédiatement à l'amont du seuil en rive gauche. L'arasement du seuil permet en effet d'améliorer la continuité du transport solide par rétablissement de la section hydraulique courante. Il y aura probablement cependant toujours des bancs mobiles de sédiments dans les biefs amont et aval.

Sur le linéaire d'augmentation des forces tractrices, le seul ouvrage directement impacté 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'implique pas d'augmentation significative des forces tractrices au niveau du Pont de Layrac et l'impact hydraulique y est faible.

Le diagnostic a montré que les berges sont stables (absence d'érosion). Néanmoins, les forces tractrices augmentant dans le cadre de l'arasement du seuil, des protections de berges sont prévues par précaution au niveau de l'enjeu qu'est le lotissement de Bellevue. Le diagnostic avait montré que la géologie et l'hydrogéologie étaient les facteurs principaux d'instabilité du lotissement de Bellevue. L'érosion de berge en pied de talus est un facteur secondaire à ne pas négliger, d'autant plus qu'il s'agit du seul enjeu morphodynamique identifié. Figurer les berges en Garonne agenaise est peu pénalisant d'un point de vue de la dynamique fluviale et de l'environnement car la Garonne a déjà été fortement anthropisée dans ce secteur depuis le 19<sup>ième</sup> siècle pour la navigation et l'on note déjà une déconnexion écologique entre la rivière et la ripisylve.

La solution technique de protection de berges sera détaillée dans le cadre de l'Avant Projet si le scénario est retenu. A ce stade, des protections de berges sont prévus en enrochements sur un linéaire de 200 m et sur rampant moyen de 12 m au niveau du lotissement de Bellevue, situé immédiatement en rive gauche et en amont du seuil. Le dimensionnement des enrochements par la méthode d'Isbach avec une vitesse maximale de 3 m/s et des berges de fruit 1,5 H/1V (valeur sécuritaire, les fruits des talus au niveau des profils levés en 2002 P22 et P23 amont étant 1,9 à 2,3 H/1V) conduit à un diamètre  $D_{50}$  de 0,4 m. On disposera ces enrochements sur une épaisseur de 0,6 m sur une couche de transition sous-jacente de 0,2 m.

Les berges étant stables, l'augmentation des capacités de transport solide peut conduire à la poursuite de l'incision du lit :

- Incision linéaire lors des crues morphogènes, notamment sur les secteurs où les marnes sont à nu,
- Erosion sur les chutes hydrauliques au niveau des bancs marneux dans le lit d'étiage pour les basses eaux, d'autant plus que la ligne d'eau est abaissée en cas d'arasement.

Le scénario B2, en stabilisant le seuil marneux naturel, permet de limiter l'incision du lit et l'érosion régressive sur le bief de la Garonne en amont du seuil ainsi que sur les affluents. La création d'un point dur morphodynamique n'est pas pénalisante dans un bief déjà fortement artificialisé. A contrario, dans le cadre du scénario B1, le front d'incision dans les marnes est susceptible de remonter vers l'amont dans le lit d'étiage par érosion régressive, engendrant une chute non contrôlée.

En état actuel, comme en cas d'arasement, le système morphodynamique est en déséquilibre avec un déficit sédimentaire (les apports de sédiments proviennent surtout des affluents), conduisant à l'incision du lit.

La vitesse d'incision du lit est cependant assez faible au regard de la bathymétrie analysée entre 1983 et 2008. L'évolution bathymétrique sera à surveiller dans le cadre du scénario B.

### 5.4.3 Impact environnemental

#### *Franchissement piscicole*

Les scénarios B1 et B2 conduisent à une chute résiduelle à l'étiage de 50 à 70 cm dans le lit d'étiage, avec un effacement progressif de la chute pour les débits de basses eaux.

Dans le cadre du scénario B2, la chute est fixée au niveau du seuil actuel et est aménagée pour le franchissement piscicole sous la forme de 3 à 4 seuils avec des chutes successives de l'ordre de 20 cm (prébarrages en enrochements).

Dans le cadre du scénario B1, la chute résiduelle n'est pas aménagée et le front d'incision peut persister en se déplaçant vers l'amont par érosion régressive.

Le modèle physique a beaucoup apporté à la conception des passes à poissons et à l'évolution des concepts. Il est particulièrement requis pour les grands aménagements et pour tous les ouvrages qui s'éloignent des formes standard. On utilise le modèle pour s'assurer de l'attractivité de la passe et vérifier la compatibilité des écoulements avec la capacité de nage des poissons. C'est particulièrement le cas pour la mise au point de passes en enrochements. Les exigences comportementales des poissons peuvent difficilement être toutes traduites sous forme de contraintes hydrauliques simples. Cette prise en compte nécessite une approche réellement pluridisciplinaire du travail de conception, associant l'hydraulicien et le biologiste.

Pour cela la disposition des blocs doit constituer une réelle rugosité (blocs non liés) et ainsi permettre un ralentissement des vitesses et un décollement de la veine d'eau (détermine les passages pour le poisson).

Le fractionnement de la chute doit être important car les aloses sautent mal, la pente de la rampe en enrochement sera donc faible et du coup elle utilisera plus d'espace. Cela a un impact direct sur la vitesse maximale admissible sur les enrochements, la capacité de nage des poissons diminuant avec la distance à parcourir D. Ainsi selon Pr. Larignier, pour l'alose :

- si  $D = 5 \text{ m}$ ,  $V_{\max} = 3 \text{ m/s}$
- si  $D = 10 \text{ m}$ ,  $V_{\max} = 2,5 \text{ m/s}$ .

En outre, le tirant d'eau minimum sur les blocs est d'environ 25-30 cm pour l'alose (valeur plus contraignante que pour le saumon).

La construction d'un modèle physique peut être recommandée pour vérifier la compatibilité des écoulements avec la capacité de nage des différentes espèces de migrateurs.

#### *Impact morphodynamique et ses conséquences sur l'habitat poisson à l'amont de l'ouvrage*

Les conditions d'habitat actuelles dans le remous du seuil de Beaugard sont très peu attractives au plan piscicole. Elles sont principalement la conséquence des extractions anciennes et massives de matériaux dans le lit du cours d'eau et ne conviennent ni aux exigences des espèces d'eau calme ni à celles d'eau courante : dominance des zones courantes à faible tirant d'eau, absence de zones d'affouillement calme et profondes, ripisylve entièrement déconnectée du plan d'eau en dehors des crues, prépondérance des affleurements marneux par rapport aux dépôts de matériaux meubles grossiers ou fins, rareté des hydrophytes et des héliophytes....

Seuls des travaux lourds de redéfinition du gabarit de la Garonne et/ou une recharge artificielle en matériaux grossiers, sont à même d'améliorer les aptitudes du milieu à l'égard du peuplement théorique de cette partie du fleuve.

La reprise de l'érosion régressive, ou plutôt son accentuation car le phénomène est en cours, suite à l'arasement du seuil, aura pour conséquence d'accentuer les déséquilibres

constatés. Cela aura peu d'impact compte tenu du niveau élevé de détérioration actuel de l'habitat poisson (absence de frayère dans la retenue).

Dans la partie basse des trois principaux affluents rive gauche de la Garonne (Gers, ruisseaux de Jorle et de Brimont) la situation est la même car ils ont subi le contrecoup de l'incision du fleuve (Figure 19). A l'image de la Garonne, l'impact supposé de l'arasement sur la qualité des habitats n'y sera pas sensible.



Figure 19 : Incision des lits des affluents : Le Gers (photo du haut), le Brimont (photo de gauche) et la Jorle (photo de droite)

***Impact de l'augmentation de la capacité de transport solide pour les débits courants et de crues fréquentes (débit de 1200 m<sup>3</sup>/s)***

Les visites de terrain réalisées en basses eaux le 4 septembre 2008 confirment le caractère très déficitaire de la Garonne en matériaux grossiers (graviers et galets), notamment entre l'aval de Sauveterre-St-Denis et le barrage de Beauregard où il ne subsiste principalement que cinq zones de dépôts, au moins quatre d'entre elles étant liées à l'existence des affluents présents dans la zone :

- en rive droite : dépôt – le moins important – à l'aval de la Séoune à St-Pierre-de-Gaubert,
- en rive gauche : banc de convexité face à la confluence du Gers, dépôt à l'aval de la confluence des ruisseaux de la Jorle et du Brimont.



Figure 20 : Atterrissement en rive droite au droit de la cale de Boé bourg

Aucun de ces dépôts n'est connu comme site de reproduction de l'alose, à part St-Pierre-de-Gaubert, de façon très épisodique. Ce site correspond à la limite amont de l'influence de l'arasement en terme de niveau d'eau et d'entraînement des sédiments grossiers. La baisse maximale de la ligne d'eau envisagée à cet endroit, entre 0 et 8 cm suivant le débit, ainsi que l'augmentation peu sensible des forces tractrices lors des crues morphogènes, ne sont pas en mesure de remettre en cause le fonctionnement épisodique de cette frayère potentielle.

Les deux dépôts à l'aval des ruisseaux de la Jorle et de Birmont (Figure 21) sont dans la zone d'influence de l'arasement et d'augmentation de la capacité de transport solide. Actuellement, la capacité érosive de la Garonne à cet endroit ne favorise pas l'existence de frayères à alose. Son accroissement en cas d'arasement diminue encore les chances d'apparition d'un tel milieu.



Figure 21 : Atterrissements à l'aval de la confluence du Brimont (photo de gauche) et de la Jorle (photo de droite)

Les marnes sont déjà à nu sur plusieurs secteurs de la zone d'influence du barrage (Figure 22).

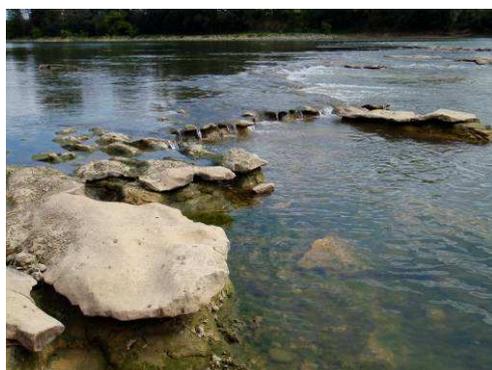


Figure 22 : Marnes à nu sur le secteur d'étude

L'absence d'impact sensible sur les habitats du poisson entraîne l'absence d'effet sensible sur les populations piscicoles. Aussi bien pour les espèces migratrices que pour les autres.

### *Conclusion sur l'impact environnemental*

Les enjeux de l'arasement ne se situent pas au niveau de la zone d'influence de l'ouvrage mais se posent avant tout en terme de libre circulation des grands migrateurs et concernent donc un linéaire de ce fleuve qui va bien au-delà du seuil de Beauregard et impliquent plus globalement le système Garonne-Gironde-Dordogne, au moins pour l'alose (interdépendance de la population à l'échelle de ces bassins).

#### **5.4.4 Impact paysager**

Le seuil possède un impact visuel fort, notamment à l'étiage et en vues rapprochées, par son aspect de délabrement prononcé. Son arasement supprimerait cette impression négative en période d'étiage.

L'aménagement d'un chemin de promenade en rive gauche contribue par ailleurs à la valorisation paysagère du site, présentant un intérêt comme itinéraire en bordure de Garonne « naturelle », à la fois proche et à l'écart de la ville.. Le pont de Beauregard étant très haut, le bruit de la circulation automobile sur cet axe est peu perceptible en bordure de Garonne, le bruit de l'eau courante couvrant le bruit de la route.

Le scénario B2, qui permet de maintenir le seuil marneux « naturel », présente en outre l'intérêt patrimonial de marquer la mémoire de l'ouvrage historique.

#### **5.4.5 Impact sur les usages**

Les usages passés, présents et potentiels, influencés par la perspective d'évolution du barrage de Beauregard sont les prises d'eau en nappe et en rivière, l'hydroélectricité, la valorisation touristique, les activités nautiques et la pêche.

### *Prélèvements en nappe et en rivière*

Les prises d'eau recensées en rivière dans la zone d'influence du seuil dans le cadre du diagnostic sont :

- La prise d'eau AEP de Lacapelette,
- La prise d'eau AEP de Sivoizac,
- 7 prises d'eau agricoles entre Boé bourg et le pont de Layrac.

Les prises d'eau de Lacapelette et de Sivoizac font ou ont déjà fait l'objet de travaux prenant en compte l'abaissement de la ligne d'eau en cas d'effacement du seuil (évalué à un maximum de 1,3 m au niveau de la prise d'eau de Lacapelette et à 70 cm environ au niveau de Sivoizac). Les travaux ont été réalisés en 2007 pour la prise d'eau de Sivoizac (montant de 500 000 € HT pour la maîtrise d'œuvre et les travaux) et en 2008 pour la prise d'eau de Lacapelette (montant travaux et maîtrise d'œuvre : 1,1 M€ HT). La fonctionnalité des équipements après travaux n'est donc plus affectée par le scénario d'effacement du seuil.

Les niveaux d'eau au droit des 7 prises d'eau agricoles entre Boé bourg et le pont de Saint Pierre de Gaubert sont susceptibles de baisser pour le scénario B1 (respectivement pour le scénario B2) de 8 à 23 cm (de 6 à 19 cm) pour les 4 prises d'eau situées en amont du Gers et de 23 à 57 cm (de 19 à 51 cm) pour les 3 prises d'eau situées en aval du Gers. Pour le débit de basses eaux de 120 m<sup>3</sup>/s correspondant au débit mensuel minimal, l'impact est limité à moins de 5 cm en amont du Gers et à moins de 27 cm (respectivement 25 cm) en aval.

Cette baisse de la ligne d'eau ne devrait pas poser de problèmes particuliers pour les prises d'eau en rivières, a priori munies de crépines mobiles pouvant être déplacées dans le lit d'étiage. Les prises d'eau en rivières sont en effet des prises d'eau agricoles individuelles dont les autorisations de prélèvement sont temporaires : les ouvrages de prise d'eau sont donc par nature provisoires et mobiles. La DDAF n'a d'ailleurs pas reçu de plaintes des usagers liées à l'abaissement des lignes d'eau de la Garonne résultant de la formation de la brèche principale dans le seuil de Beauregard en 2005.

Les prises d'eau en nappe sous influence du seuil identifiées dans le diagnostic sont trois prises d'eau dans la nappe de Layrac situées à l'amont de la RD17 et à l'aval de la ligne SNCF. L'impact hydraulique de l'effacement du seuil sur les lignes d'eau est inférieur à 10 cm pour les débits inférieurs au débit médian (290 m<sup>3</sup>/s) et l'impact sur la nappe est alors estimé être inférieur à 5 cm. Cet impact est marginal et ne nécessite pas de mesures d'accompagnement.

Le diagnostic (phase 1) a montré l'absence d'impact de l'arasement du seuil sur la piézométrie de la nappe de Boé.

### *Activités nautiques*

Le scénario B induit un abaissement de la ligne d'eau à l'amont du seuil jusqu'à 1,4 m au niveau du seuil et 75 cm environ au niveau de Boé bourg pour le débit médian (290 m<sup>3</sup>/s).

La hauteur d'eau maximale dans le lit d'étiage pour un débit de 30 m<sup>3</sup>/s au niveau de Boé bourg baisse d'environ 2,40 m en situation actuelle à 2,25 m pour le scénario B1.

Les activités nautiques existantes avant 2005 ne peuvent pas reprendre dans le cadre de ce scénario.

### *Pêche*

La pêche peut devenir plus intéressante globalement à l'échelle de la Garonne à l'amont du seuil puisqu'il n'y aura plus d'obstacle à la montaison des espèces piscicoles.

Localement, les interdictions de pêche à l'amont et à l'aval de l'ancien seuil pourraient disparaître à terme avec l'effacement du seuil.

### *Valorisation tourisme et loisirs*

L'aménagement d'un sentier piéton en rive gauche contribue à encourager l'activité promenade à proximité du site, la ré-appropriation de la Garonne par les habitants locaux et les agenais.

### *Hydroélectricité*

Le potentiel hydroélectrique n'est pas exploité dans le cadre de ce scénario (effacement de la chute).

## 6 SCENARIO C : RECONSTRUCTION DU GENIE CIVIL DU SEUIL

### 6.1 Description du scénario

Le scénario C consiste à réhabiliter le génie civil du seuil, afin de restaurer et développer les usages et loisirs liées au plan d'eau (activités nautiques), dans le cadre d'un projet de valorisation paysagère et patrimoniale.

### 6.2 Définition du scénario C

Le scénario C consiste à reconstruire le seuil dans sa configuration avant formation des brèches. Sa structure se compose alors d'une passe profonde à la cote 36,9 m NGF et de cinq passes déversantes à la cote 38,3 m NGF.

Le scénario C nécessite alors de garantir la continuité écologique, notamment par l'implantation de dispositifs de franchissement piscicole dont le Maître d'Ouvrage devra prouver l'efficacité.

#### 6.2.1 Travaux de réfection du seuil de Beauregard

Les travaux envisagés comprennent :

- Des travaux d'étanchement et de confortement des linéaires du seuil peu dégradés,
- La reconstruction du seuil selon la géométrie historique sur les linéaires fortement dégradés ainsi que la reconstruction de 3 piles,
- Le remaniement et la pose d'enrochements de protection des talus aval,
- La réalisation d'une passe à poissons en rive droite à proximité de la passe profonde qui présente l'écoulement d'attrait principal à la montaison, en complément de la passe existante en rive gauche.

Le phasage envisagé pour les travaux à ce stade est le suivant :

- Phase 0 (travaux préparatoires) : démolition et évacuation des palplanches au niveau de la brèche secondaire afin de créer les possibilités d'écoulement avant la réfection du seuil au niveau de la brèche principale,
- Phase 1 : réfection de la passe profonde,
- Phase 2 : réfection du linéaire au niveau de la brèche principale,
- Phase 3 : réfection des passes supérieures,
- Phase 4 : réalisation d'une passe à poisson en rive droite depuis la berge.

Les travaux sont réalisés depuis le seuil, en commençant par la rive droite (phase 1) et en progressant vers la rive gauche (phases 2 et 3).

Les travaux sont réalisés en période d'étiage (juillet-septembre), sur une ou deux saisons

### *Palplanches*

Les palplanches ont une double fonction :

- Batardeaux amont et aval pendant les travaux pour la réfection et la reconstruction du seuil,
- Etanchéité amont et parafouille aval une fois le seuil reconstruit.

Les palplanches amont sont implantées sur l'ensemble du linéaire à une distance d'un mètre en amont de l'ouvrage existant.

Les palplanches aval sont implantées sur l'ensemble du linéaire, à l'exception de l'aval de la passe n°4 qui dispose toujours d'une protection aval, à une distance d'un mètre en aval des piles.

La cote d'arase supérieure des palplanches, faisant office de batardeaux pendant les travaux, correspond à la cote hydraulique pour le module (39,40 m NGF à l'amont et 38,40 m NGF à l'aval). Les travaux ayant lieu à l'étiage, le dépassement de cette cote est peu probable et le risque d'envolement est pris compte tenu du coût de la protection du chantier pour des niveaux plus importants. Les palplanches sont fichées en surface dans les marnes et tenues par des butons sur l'ouvrage existant ou disposés entre les deux rideaux de palplanches.

### *Etanchéité amont*

L'étanchéité en amont de l'ouvrage est assurée par la réalisation d'un voile en béton coulé entre les palplanches amont et l'ouvrage existant après avoir dégagé l'arrière rideau des sédiments.

### *Reconstruction du seuil*

La reconstruction du seuil sur les linéaires fortement dégradés, soit la passe supérieure n°2 (brèche secondaire), la passe supérieure n°5 (brèche principale) et la passe profonde est réalisée selon les modalités suivantes :

- Démolition éventuelle des restes de l'ouvrage (passe supérieure n°2),
- Mise en place de béton grossier entre les palplanches amont et aval,
- Dalle de finition en surface en béton d'épaisseur 20 cm.

### *Enrochements aval*

Les enrochements aval existants sont réagencés à l'aval du rideau aval de palplanches avec un fruit de 4H/1V jusqu'à atteindre le fond du lit à l'aval (cote 34 m NGF environ). Ils sont complétés par des enrochements d'apport de diamètre  $D_{50} = 1,6$  m. Ce diamètre important d'enrochements permet d'assurer leur stabilité pour les écoulements hydrauliques sur le seuil en régime dénoyé.

### *Dispositifs de franchissement piscicole*

Ce scénario nécessite la construction d'une passe à poissons en rive droite, à proximité de la passe profonde qui représente l'écoulement d'attrait principal pour la montaison. Une passe à anguille spécifique est également prévue.

Les contraintes pour permettre le franchissement de l'aloise sont les plus contraignantes. Il s'agit, d'après l'ouvrage 'Passes à poissons, expertise, conception des ouvrages de franchissement' [33] :

- L'écoulement doit être à jet de surface et non à jet plongeant, le poisson s'orientant à partir de la configuration des courants de surface ;

- Eviter les orifices noyés ;
- Le passage des poissons doit être assuré le long des parois, les échancrures centrales sont à éviter ;
- Prévoir des ouvertures latérales de largeur minimale 45 à 50 cm ;
- Si plusieurs bassins sont nécessaires, leur profondeur minimale doit être de 1,20 m et ils doivent être peu turbulents (puissance dissipée volumique de 150 watts/m<sup>3</sup> maximum) ;
- Ne pas dépasser une hauteur de chute de plus de 30 cm entre les bassins (une chute de 0,20 à 0,25 cm étant préférable).

Les ouvrages sont généralement larges et transitent des débits importants (supérieurs à 1 m<sup>3</sup>/s), le volume des bassins dépassant généralement les 12 m<sup>3</sup>.

Une passe à poissons à bassins successifs et à fentes verticales est recommandée, ce type de passe à poissons supportant bien les variations de niveau d'eau (le débit et le volume d'eau dans les bassins croissent à peu près linéairement avec le niveau amont donc les vitesses et le niveau de turbulence restent à peu près constants).

On propose les caractéristiques suivantes pour la passe à poissons à bassins successifs et à deux fentes verticales :

- DH = 0,3 m dénivelée entre deux bassins soit 9 chutes (chute maximale en étiage de 2,70 m) et 10 bassins ;
- Débit de 2,6 m<sup>3</sup>/s pour le débit d'étiage de 30 m<sup>3</sup>/s ;
- Bassins de 4,5 m de longueur, de 6,5 m de largeur et de 1,75 m de tirant d'eau pour le débit d'étiage ;
- Deux fentes verticales de 0,5 m de large sur un seuil de 0,2 m.

La vitesse d'écoulement dans la passe est alors environ 2,4 m/s et la puissance dissipée 150 W/m<sup>3</sup>.

La passe à poissons a une longueur totale de 45 m et une pente de 6,7%.

Nous proposons une hauteur totale moyenne de l'ouvrage de 4 m (3,5 m à l'amont et 4,5 m à l'aval), correspondant à une revanche de 30 cm sur la ligne d'eau du module.

En rive gauche, la passe à poissons rustique existante redevient opérationnelle à l'étiage du fait du comblement des brèches. Elle devra cependant être adaptée afin de limiter le débit y transitant à l'étiage et de conserver un débit d'attrait au niveau de la passe à poissons en rive droite.

Le franchissement piscicole à la dévalaison est possible par la passe profonde et par la passe à poissons existante.

Etant donné les enjeux sur les poissons migrateurs associés à la reconstruction du seuil, une modélisation physique du site (rive gauche et rive droite) pourra être requise au stade du projet. La conception des dispositifs de franchissement piscicole sera réalisée en concertation avec les spécialistes du GHAAPPE (Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles et à la Protection de l'Environnement).

Par ailleurs, la mesure de l'efficacité des installations nécessite la mise en place de systèmes de comptage permettant le suivi des migrateurs à la montaison et à la dévalaison. Un budget de fonctionnement annuel de 15 à 25 000 € HT est à prévoir pour le comptage et le suivi piscicole.

### *Métré et estimation du coût de réalisation du scénario C*

Le coût de réalisation du scénario C a été estimé à environ 4 520 000 € H.T.

<b>DEVENIR DU SEUIL DE BEAUREGARD</b>				
<b>RECONSTRUCTION DE L'OUVRAGE SCENARIO C- DETAIL ESTIMATIF</b>				
Désignation	Unité	Quantités	P.U. (€ HT)	Montant (€ HT)
<b>SERIE 01 - PALPLANCHES</b>				
01-01 Batardeaux en palplanches, y compris butonnage et recépage	m2	1 950	280,00	546 000,00
<b>TOTAL SERIE 01</b>				<b>546 000,00</b>
<b>SERIE 02 - ETANCHEITE AMONT</b>				
02-01 Dégagement des sédiments	m3	390	40,00	15 600,00
02-03 Béton coulé en place	m3	815	270,00	220 050,00
<b>TOTAL SERIE 02</b>				<b>235 650,00</b>
<b>SERIE 03 - RECONSTRUCTION OUVRAGE</b>				
03-01 Arrachage et évacuation palplanches existantes	kg	9 210	1,00	9 210,00
03-02 Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	315	55,00	17 325,00
03-03 Béton coulé en place	m3	3 310	270,00	893 700,00
03-04 Dalle de surface en béton épaisseur 20 cm	m2	800	70,00	56 000,00
03-05 Reconstruction de trois piles en béton armé, habillage pierres de taille	m3	130	700,00	91 000,00
<b>TOTAL SERIE 03</b>				<b>1 067 235,00</b>
<b>SERIE 04 - ENROCHEMENTS DE PROTECTION AVAL</b>				
04-01 Remaniement d'enrochements de protection à l'aval du seuil	m3	1 310	45,00	58 950,00
04-02 Fourniture et pose d'enrochements	m3	5 790	60,00	347 400,00
<b>TOTAL SERIE 04</b>				<b>406 350,00</b>
<b>SERIE 05 - PASSE A POISSONS</b>				
05-01 Batardeau en palplanches, y compris butonnage et recépage	m2	300	280,00	84 000,00
05-02 Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	45	55,00	2 475,00
05-03 Béton armé	m3	770	570,00	438 900,00
05-04 Aménagement passe à poissons existante	Forfait	1	40 000,00	40 000,00
05-05 Dispositifs de comptage piscicole	Forfait	1	#####	250 000,00
<b>TOTAL SERIE 05</b>				<b>815 375,00</b>
<b>SERIE 06 - INTEGRATION PAYSAGERE</b>				
06-01 Réalisation d'un itinéraire de promenade avec bancs, plantation, entretien	ft	1	20 000,00	20 000,00
<b>TOTAL SERIE 06</b>				<b>20 000,00</b>
<b>INSTALLATION DE CHANTIER, REMISE EN ETAT, QUALITE, BATHYM</b>		Forfait	10%	<b>310 000,00</b>
<b>ALEA ET NON METRE</b>		Forfait	20%	<b>619 000,00</b>
<b>TOTAL TRAVAUX ARRONDI</b>				<b>4 020 000,00</b>
<b>ETUDE PASSES A POISSON ET MODELE PHYSIQUE</b>		Forfait		<b>100 000,00</b>
<b>MAITRISE D'ŒUVRE</b>		Forfait	10%	<b>402 000,00</b>
<b>TOTAL HORS TAXES ARRONDI</b>				<b>4 522 000,00</b>

Tableau 10 : Estimation du coût de réalisation du scénario C

### 6.2.2 Valorisation paysagère et patrimoniale

La reconstruction du seuil pourra s'accompagner d'une valorisation paysagère du site et patrimoniale de l'ouvrage.

L'aménagement d'un sentier en rive gauche, comme dans le cadre du scénario B, pourra être prévu.

Le cas échéant, une passerelle piétonne ou mixte piéton/cycle peut être envisagée au dessus du seuil. La contrainte principale pour cette passerelle sera la transparence hydraulique en crue pour l'écoulement de l'eau et des embâcles éventuels. Cette passerelle

devrait donc se situer au dessus de la cote de crue centennale, 47,6 m NGF, soit près de 10 m au dessus du niveau du seuil et 7,5 m au dessus des piles du seuil.

Le franchissement de la Garonne pourra alors être relié aux itinéraires piétons et cycles prévus dans le cadre des travaux en cours de la déviation routière Beauregard-RD813 et des travaux à venir des ouvrages de protection contre les inondations de l'agglomération d'Agen entre Riols et le Pont de Pierre.

Le coût de cette passerelle n'a pas été estimé dans le cadre de la présente étude.

### 6.2.3 Maîtrise d'ouvrage

Les collectivités territoriales sont le Maître d'ouvrage pressenti pour porter le scénario C de reconstruction du seuil.

## 6.3 Contexte juridique et réglementaire

### *Propriété de l'ouvrage et autorisation d'occupation temporaire*

Le transfert de propriété du seuil de l'Etat aux collectivités n'est pas possible mais il existe une possibilité de transfert de droit de gestion ou d'utilisation par autorisation d'occupation temporaire (à solliciter auprès du Préfet). L'Etat n'a aucune obligation de faire droit à ces demandes d'autorisation.

### *Compatibilité du projet de reconstruction avec le SDAGE*

La reconstruction du seuil est soumise à autorisation au titre de la loi sur l'eau. Dans ce cadre, le projet doit être compatible avec les dispositions du SDAGE et les intérêts protégés à l'article L211-1 du code de l'environnement (dont la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides, la vie biologique du milieu récepteur et spécialement de la faune piscicole et conchylicole). Le classement de la Garonne comme axe bleu ou axe migrateur prioritaire risque de faire obstacle au projet de reconstruction.

### *Arrêté de protection de biotope du 16 juillet 1993*

D'après le cabinet d'avocats, compte tenu des conclusions du rapport de diagnostic s'agissant des enjeux liés aux grands migrateurs, il convient de considérer que l'arrêté préfectoral de protection de biotope fera obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil.

### *Possibilités de reconstruction dans le cadre de la réglementation à venir (nouvelle LEMA)*

Au sens de la nouvelle loi sur l'eau dite LEMA, et dans le cadre du classement à venir de la Garonne dans la première liste des cours d'eau pour lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée est nécessaire, la qualification de l'ouvrage comme nouvel ouvrage ou d'ouvrage existant est déterminante. Or, l'ouvrage étant actuellement en partie ruiné et la chute hydraulique en partie effacée, le cabinet d'avocat estime qu'il a tout lieu de considérer que la reconstruction du seuil serait assimilée à un nouvel ouvrage au sens de l'article L214-17 du code de l'environnement.

La reconstruction de l'ouvrage constituerait en soi un obstacle à la , au sens de la Loi sur l'Eau, car « entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel, de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ». Les dispositifs de franchissement piscicole n'ont pas en outre une efficacité totale.

Dans le cadre de la nouvelle loi sur l'eau, il y a tout lieu de considérer, d'après l'analyse du cabinet d'avocats, que le projet de reconstruction serait interdit comme nouvel ouvrage ne garantissant pas la continuité écologique.

### *Synthèse sur les possibilités juridiques de reconstruction*

Pour le cabinet d'avocats, l'ensemble des dispositions réglementaires fera très certainement obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil, notamment au vu de l'étude diagnostic sur les enjeux liés aux grands migrateurs. En cas de délivrance d'une autorisation, il y a de très fortes chances que celle-ci fasse l'objet d'une annulation contentieuse en cas de recours, l'usage d'agrément et l'intérêt patrimonial de l'ouvrage ne contrebalanceront pas aux yeux du juge l'éventuelle atteinte à l'environnement.

## 6.4 Impacts du scénario C

### 6.4.1 Impact hydraulique

L'impact hydraulique du scénario de reconstruction est présenté dans le Tableau 11.

A l'étiage, le niveau est soutenu par la passe profonde. L'impact hydraulique maximal est une élévation de la ligne d'eau d'environ 2,3 m au niveau du seuil, de 1,7 m au niveau de Boé bourg, de 0,6 m au niveau de la Confluence du Gers, de 26 cm au niveau du pont de Layrac et de 8 cm au niveau du Pont de Saint Pierre de Gaubert.

Débit	Différence entre les lignes d'eau du scénario C de reconstruction et de la situation actuelle (centimètres)					
	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	Au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert
30 m <sup>3</sup> /s	+234	+171	+100	+61	+19	0
50 m <sup>3</sup> /s	+210	+164	+113	+63	+26	0
120 m <sup>3</sup> /s	+124	+104	+93	+51	+26	+1
200 m <sup>3</sup> /s	+91	+72	+66	+38	+21	+2
290 m <sup>3</sup> /s	+64	+51	+47	+27	+16	+2
420 m <sup>3</sup> /s	+59	+44	+40	+24	+15	+4
660 m <sup>3</sup> /s	+56	+38	+35	+21	+14	+6
1 200 m <sup>3</sup> /s	+59	+40	+36	+22	+16	+8
2 800 m <sup>3</sup> /s	+24	+15	+13	+9	+7	+4
4 000 m <sup>3</sup> /s	+7	+4	+4	+2	+2	+1
4 700 m <sup>3</sup> /s	+5	+3	+3	+2	+1	+1

Tableau 11 : Impact hydraulique du scénario C de reconstruction

Le Tableau 12 fournit un comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil en situation actuelle et dans le cadre du scénario C de reconstruction.

La chute maximale au niveau du seuil passe d'environ 1,4 m en situation actuelle (débit de 290 m<sup>3</sup>/s) à 2,7 m avec le seuil reconstruit dans le cadre du scénario C (étiage de 30 m<sup>3</sup>/s).

Débit	Chute de la ligne d'eau au niveau du seuil (mètres)	
	Situation actuelle (avec brèches)	Scénario C : après reconstruction du génie civil du seuil
30 m <sup>3</sup> /s	0,69	2,72
50 m <sup>3</sup> /s	0,74	2,69
120 m <sup>3</sup> /s	1,17	2,41
200 m <sup>3</sup> /s	1,26	2,17
290 m <sup>3</sup> /s	1,37	2,01
420 m <sup>3</sup> /s	1,22	1,81
660 m <sup>3</sup> /s	0,95	1,51
1 200 m <sup>3</sup> /s	0,69	1,28
2 800 m <sup>3</sup> /s	0,14	0,38
4 000 m <sup>3</sup> /s	0,06	0,13
4 700 m <sup>3</sup> /s	0,04	0,09

Tableau 12 : Comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil en fonction du débit avant et après l'apparition des brèches

#### 6.4.2 Impact morphodynamique

Les Figure 23, Figure 24 et Figure 17 présentent les forces tractrices pour les débits de 290 m<sup>3</sup>/s, 1 200 m<sup>3</sup>/s et 2 800 m<sup>3</sup>/s pour la situation actuelle et le scénario C.

La réfection du seuil entraîne une réduction des forces tractrices en amont pour les débits courants et les crues fréquentes (1 200 m<sup>3</sup>/s), pouvant résulter en une diminution de transport de matériaux fins et une augmentation de dépôts de ces matériaux entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le seuil de Beauregard.

En revanche, lorsque les forces tractrices deviennent susceptible de mettre en mouvement les sédiments plus grossiers (débits supérieurs ou égaux à 2 800 m<sup>3</sup>/s), l'impact du scénario C de reconstruction devient faible (réduction des forces tractrices de l'ordre de 5 à 10%). Les matériaux fins pouvant être déposés pour les débits courant ou des crues fréquentes sont alors également transportés vers l'aval.

Le scénario C conduit donc à une réduction de la capacité de transport solide entre le pont de Saint Pierre de Gaubert le seuil de Beauregard, pouvant conduire à une augmentation des dépôts sédimentaires. Les risques d'érosion des berges et d'incision du lit mineur sont limités à la fois par la baisse des forces tractrices et le relèvement de la ligne d'eau.

Le diagnostic (phase 1) a mis en évidence que la passe profonde permet la continuité du transport solide, notamment sur la base de l'analyse de la répartition des sédiments en lit mineur de la Garonne en 1983 [4], avant formation des brèches. La continuité du transport solide sera probablement rétablie après une phase transitoire de dépôts sédimentaires, de faible volume, immédiatement à l'amont du seuil, la brèche principale dans le seuil ayant contribué depuis 2005 à un départ de sédiment vers l'aval. Le transport solide étant faible, les risques d'érosion progressive à l'aval du seuil, liés à ces dépôts à l'amont du seuil pendant cette phase transitoire, sont jugés faibles.

La reconstruction du seuil avec une passe profonde permet la continuité du transport solide pour les crues morphogènes. Le scénario C ne conduit donc pas a priori à un changement significatif du déséquilibre morphodynamique actuel sur le bief aval. L'incision du lit n'est

pas a priori augmentée sur le bief aval et il n'est pas nécessaire de prévoir de travaux de réfection du parement aval, constitué d'enrochements dimensionnés pour assurer la stabilité de l'ouvrage (D50 = 1,6 m).

Un suivi bathymétrique régulier pourra être réalisé sur les biefs aval et amont afin de vérifier l'évolution.

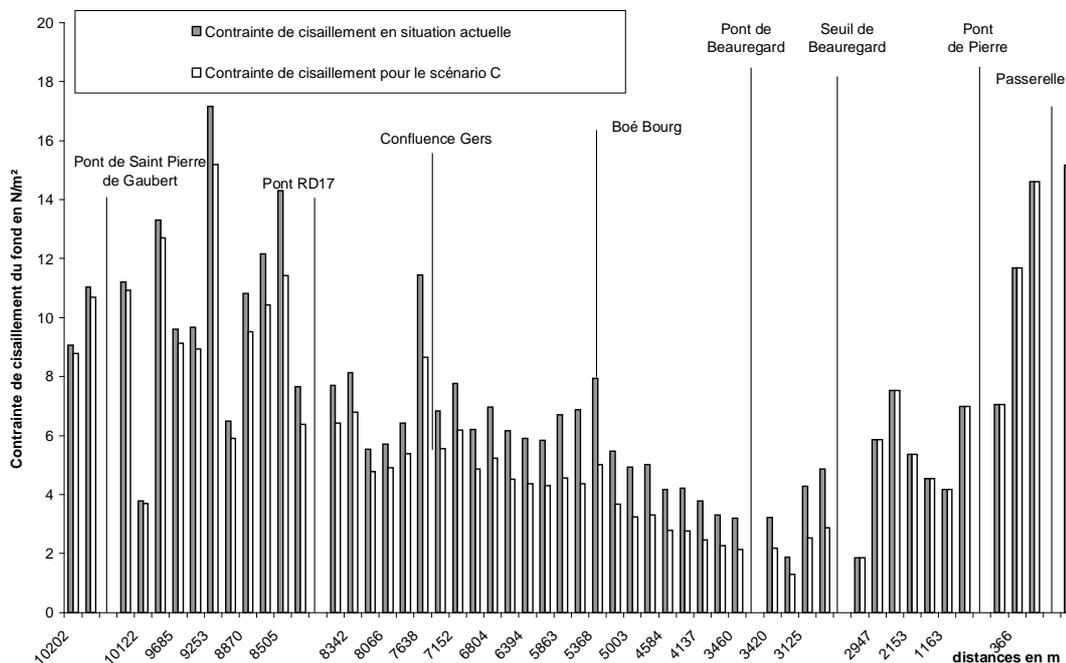


Figure 23 : Forces tractrices pour un débit de 290 m<sup>3</sup>/s – situation actuelle et scénario C

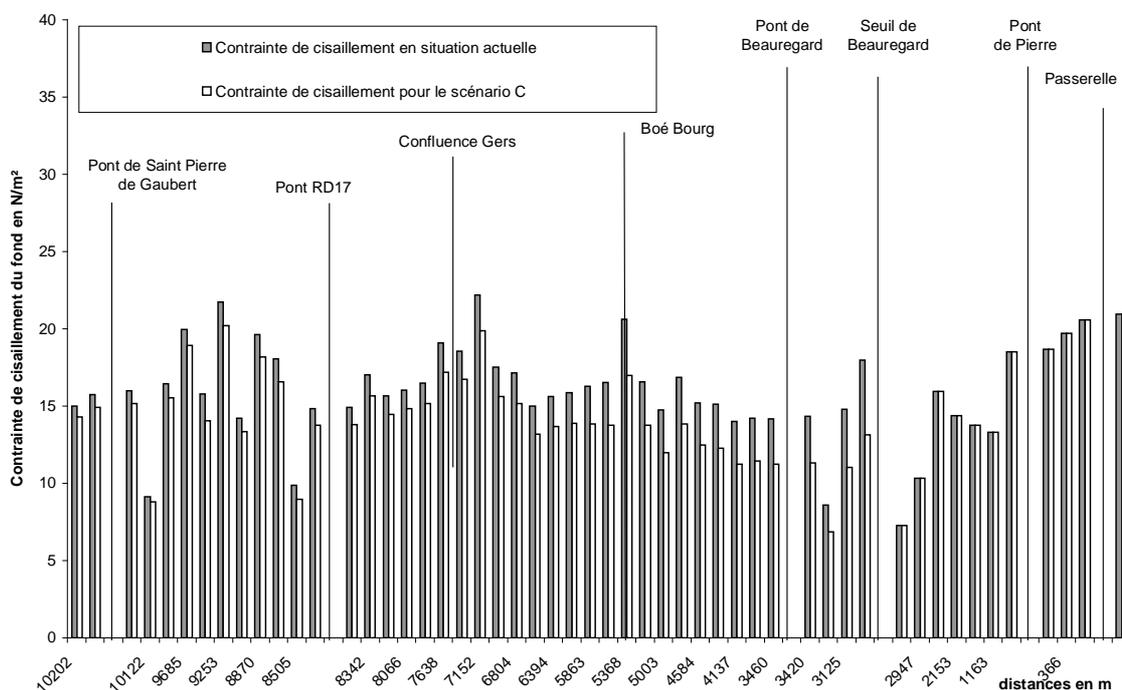


Figure 24 : Forces tractrices pour un débit de 1 200 m<sup>3</sup>/s – situation actuelle et scénario C

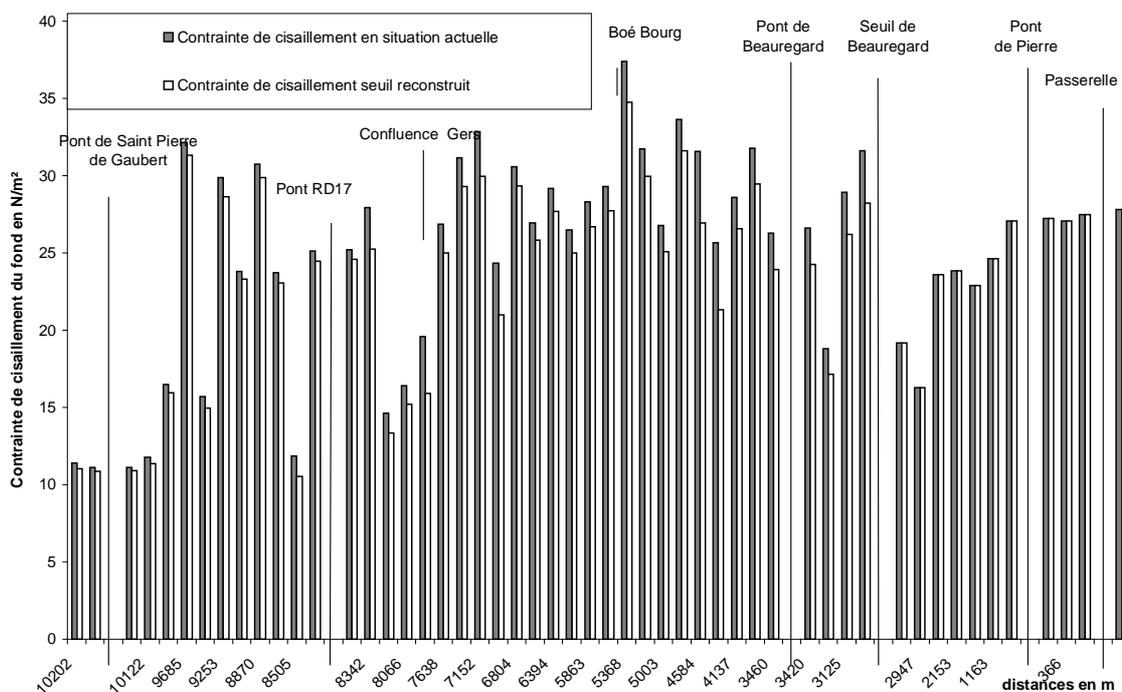


Figure 25 : Forces tractrices pour un débit de 2 800 m<sup>3</sup>/s

### 6.4.3 Impact environnemental

#### *Augmentation de la chute*

La continuité écologique pour les migrateurs amphihalins n'est pas garantie même avec la réalisation de dispositifs de franchissement pour la montaison :

- individus stoppés ou retardés dans leur migration, accumulation de fatigue,
- difficulté accrue pour franchir les obstacles suivants entraînant une augmentation des mortalités ou une diminution de la fertilité,...

Comme cela a été rappelé dans la phase précédente de l'étude, plus les migrateurs arrivent tôt sur les frayères plus les chances de reproduction sont importantes. Il existe de nombreux facteurs, d'origine naturelle ou non (hydrologie, température, pollution,...), susceptibles de retarder la migration du poisson et compromettre sa reproduction. La construction d'un ouvrage, quelle que soit son degré de transparence, revient à ajouter un frein supplémentaire, donc une menace de plus.

L'aloise, particulièrement vulnérable en raison de l'effondrement des stocks ces dernières années, serait sans doute l'espèce la plus menacée de disparition à court terme.

Il s'agit d'ailleurs de l'espèce pour laquelle l'efficacité des passes à poissons est en générale la plus limitée. Ainsi, d'après l'ouvrage 'Passé à poissons, expertise, conception des ouvrages de franchissement' [33], « si pour les salmonidés une efficacité de 90% à 100% est couramment obtenue, pour l'aloise, une efficacité de 75% reste exceptionnelle, de 50% est excellente et de 10% à 20% fréquente ».

#### *Modification du transit sédimentaire*

Le blocage, même temporaire lors de la phase transitoire de dépôts sédimentaires immédiatement à l'amont du seuil, du transit sédimentaire pour les débits les plus courants est susceptible de modifier les conditions de renouvellement des matériaux constitutifs des frayères présentes à l'aval du barrage de Beaugerard (notamment les frayères d'aloise dans

la traversée d'Agen). Ce blocage est en mesure d'altérer la reproduction de cette espèce en particulier.

La reconstruction du seuil s'accompagne donc d'une diminution de la libre circulation et par voie de conséquence, réduit les possibilités d'accès aux frayères de l'amont, ce qui se traduirait, pour l'alose, par un renforcement imposé de la fréquentation des frayères à l'aval du barrage. Leur bon fonctionnement est d'autant plus indispensable en cas de reconstruction du seuil, qu'elles constituent le seul site de ponte (Aiguillon excepté) sur la Garonne directement accessible depuis l'océan.

### *Elévation de la ligne d'eau*

#### En Garonne

Comme cela a été rappelé plus haut, les conditions d'habitats actuelles dans le remous du seuil de Beauregard sont peu attractives au plan piscicole.

L'élévation de la ligne d'eau, de la lame d'eau et conjointement le ralentissement de la vitesse du courant ne vont pas compenser le manque d'abris provoqué par l'incision du lit même s'ils peuvent le masquer en partie. La ripisylve, potentiellement le plus grand pourvoyeur d'abris aquatiques, restera majoritairement déconnectée du plan d'eau malgré une amélioration possible vers le barrage (plus forte élévation de la ligne d'eau) pour les faibles débits. Les herbiers, autre source importante d'abris, on peut de chance de se développer sauf localement en bordure à la faveur de dépôts de fines.

La simplification des profils en long et en travers résultant de la chenalisation du cours d'eau et d'un déficit alluvionnaire considérable (extractions de granulats, recalibrage, protection de berge,...) a conduit au fil des années à une simplification du milieu et une baisse de ses aptitudes à l'égard du poisson. Elle reste le facteur prépondérant limitant le potentiel piscicole de la Garonne, y compris dans la perspective d'une augmentation de la ligne d'eau.

#### Affluents débouchant dans la zone d'influence amont du barrage

S'agissant des affluents situés dans la zone du remous amont, l'augmentation de la lame d'eau pour les débits étudiés (de 2 à 171 cm au droit des ruisseaux de la Jorle et de Brimont et de 3 à 61 cm au droit du Gers) n'apportera pas d'amélioration sensible en terme d'habitat compte tenu de l'importante érosion du lit qu'ils ont subit dans le sillage de la Garonne.

### **6.4.4 Impact paysager**

Le scénario C de reconstruction a un impact paysager positif :

- suppression de l'état de délabrement actuel,
- valorisation du potentiel en rive gauche pour la promenade,
- conservation de la chute d'eau et du bruit de l'eau courante, considérée comme intéressante dans le diagnostic paysager car conduisant au dépaysement à proximité de la ville.

La réalisation d'une passerelle permettrait en outre une interconnexion avec les itinéraires piéton/cycles développés dans le cadre de la protection contre les inondations de l'agglomération d'Agen.

### **6.4.5 Impact sur les usages**

Les usages passés, présents et potentiels, influencés par la perspective d'évolution du barrage de Beauregard sont les prises d'eau en nappe et en rivière, l'hydroélectricité, la valorisation touristique, les activités nautiques et la pêche.

### *Prélèvements en nappe et en rivière*

Le scénario C conduit à un exhaussement de la ligne d'eau de la Garonne par rapport à la situation actuelle. La surélévation est à l'étiage (débit de 30 m<sup>3</sup>/s) d'environ 1,7 m au niveau de Boé bourg, de 60 cm au niveau de la confluence du Gers et de 20 cm au niveau du pont de Layrac (et 0 cm au pont de Saint Pierre de Gaubert).

Dans ces conditions, les prélèvements en rivière entre Boé et Saint Pierre de Gaubert ne nécessitent pas d'adaptation particulière.

Concernant les prélèvements en nappe de Layrac entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le pont de Layrac, une faible surélévation de la nappe sous influence de la Garonne, de l'ordre de 5 cm, est également prévue.

### *Activités nautiques*

Les activités nautiques existantes avant 2005 peuvent reprendre dans le cadre de ce scénario, qui permet de rétablir un tirant d'eau suffisant à l'étiage entre le seuil de Beauregard et Boé bourg, voire jusqu'à la confluence du Gers.

La navigation à voile et à propulsion mécanique est néanmoins interdite depuis 500 m en amont jusqu'à 200 m en aval du barrage (arrêté préfectoral du 30 avril 1996).

### *Pêche*

La pêche peut devenir moins intéressante en revanche à l'échelle du système Garonne-Dordogne par la diminution probable des populations de migrateurs résultant de l'augmentation des difficultés de franchissement à la montaison.

### *Valorisation tourisme et loisirs*

La restauration d'un plan d'eau à l'amont du seuil peut être exploitée avec des activités de base de loisirs, selon le souhait des élus.

### *Hydroélectricité*

Ce scénario ne prévoit pas de développement du potentiel hydroélectrique.

## 7 SCENARIO D : RECONSTRUCTION DU SEUIL EN VUE DE L'EXPLOITATION HYDROELECTRIQUE

### 7.1 Description du scénario D

Le scénario D consiste en la reconstruction du seuil, comprenant des clapets mobiles, en vue de l'exploitation du potentiel hydroélectrique du site.

La réfection du génie civil du seuil se distingue de la réfection du scénario C par :

- La démolition de l'ouvrage existant en surface sur une épaisseur de 1 m,
- La mise en place de béton armé en surface sur une épaisseur de 1 m, composant le radier de l'ouvrage supportant les clapets mobiles. Ce béton armé est ancré dans le béton sous-jacent par implantation d'armatures forées.

### 7.2 Faisabilité hydroélectrique

#### 7.2.1 Hydrologie

L'hydrologie prise en compte est issue de l'étude de diagnostic.

Les tableaux et figures ci-après illustrent les caractéristiques hydrologiques de la Garonne au droit du seuil de Beauregard, pour la période 1978-2005.

Débit moyen interannuel	405,37 m <sup>3</sup> /s
Débit médian	291,96 m <sup>3</sup> /s
Débit moyen en été	318,56 m <sup>3</sup> /s
Débit moyen en hiver	526,92 m <sup>3</sup> /s

Tableau 13 : Récapitulatif des données hydrologiques

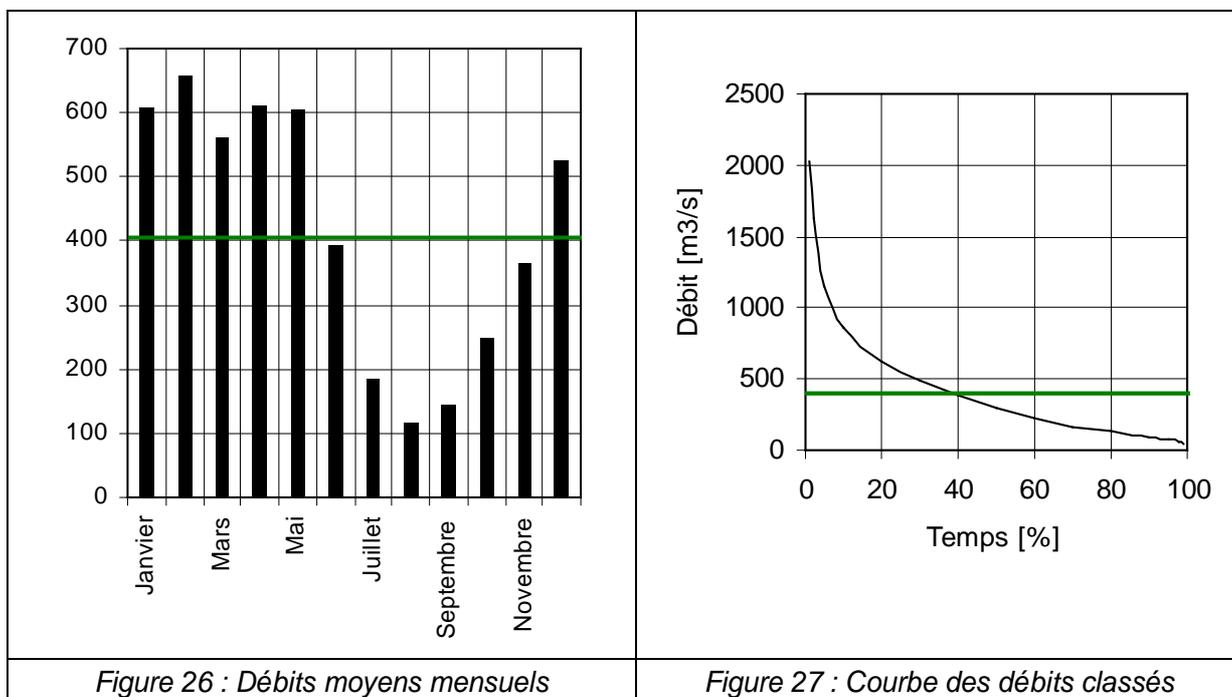


Figure 26 : Débits moyens mensuels

Figure 27 : Courbe des débits classés

Les projections de réchauffement climatique conduisent à estimer une baisse de l'hydrologie de la Garonne à Lamagistère comprise, selon les saisons, entre 10% (mois de mars et d'août) et 50% (mois de juin) environ d'après le CERFACS et Météo-France [34] :

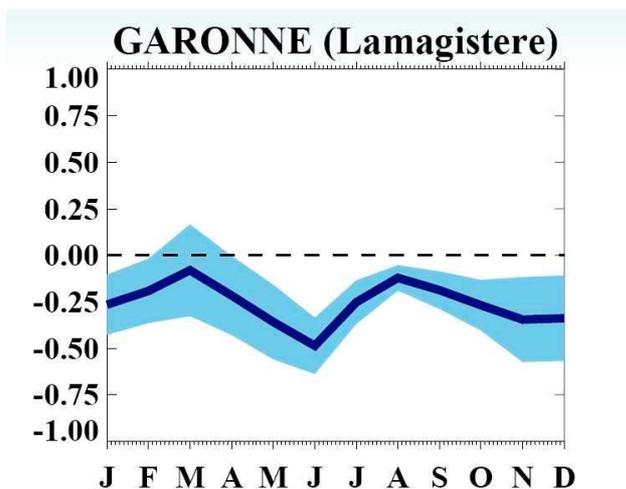


Figure 28 : Evolution hydrologique prévue pour 2050 par rapport à la période 1970-2000 : prévision et incertitudes selon les saisons [34].

La Figure 29 montre l'impact prévu du réchauffement climatique sur la courbe des débits classés à Agen avec prise en (Figure 28).

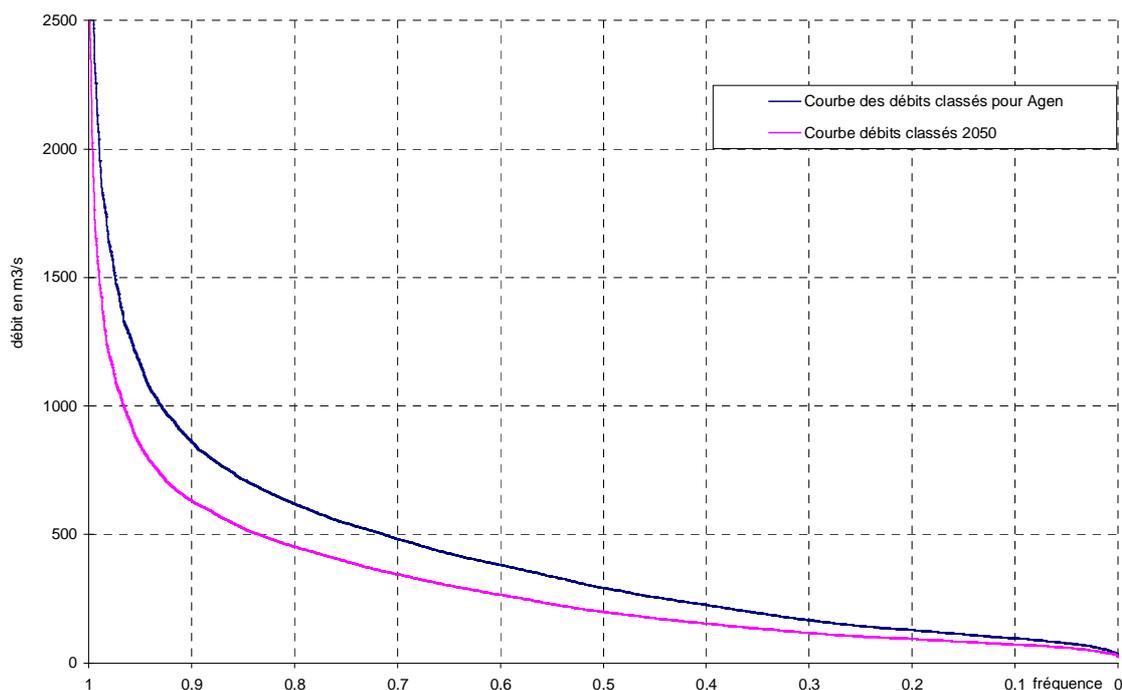


Figure 29 : Impact prévisible du réchauffement climatique sur la courbe des débits classés

Le calcul du productible hydroélectrique au niveau du seuil de Beauregard est donc estimé :

- Selon l'hydrologie sur la période 1978-2005,
- Selon l'hydrologie à l'horizon 2050 d'après les résultats précédents.

## 7.2.2 Chute brute disponible

Dans le cas où le génie civil du seuil serait reconstruit, la chute brute serait d'environ 1,80 m pour un débit égal au module. Le choix est fait de mettre en place des clapets mobiles ayant pour cote supérieure 39,2 m NGF sur toute la longueur du seuil (y compris passe profonde) afin de réguler le niveau du plan d'eau amont et donc la hauteur de chute. Les clapets ont pour hauteur 0,9 m sur les passes supérieures (cote de 38,3 m NGF) et 2,3 m sur la passe profonde (cote de 36,9 m NGF).

La configuration actuelle des ouvrages conduit à un choix de solution type turbine VLH (Very Low Head) qui est exposé dans le paragraphe suivant. Le choix d'une turbine VLH détermine la hauteur de chute nette maximum et le débit d'équipement de la machine.

Etant donné les caractéristiques du seuil de Beauregard, il est choisi de mettre en place des turbines VLH de diamètre 5000 mm dont la hauteur de chute nette maximum de fonctionnement est 2,3 m et le débit d'équipement 26,5 m<sup>3</sup>/s.

La chute brute maximum prise en compte pour la suite est égale à 2,50 m.

Les clapets seront inclinés de manière à avoir une hauteur de chute brute de 2,50 m à l'étiage. Ils seront complètement ouverts en cas de crue afin de réduire les impacts de l'aménagement (transport sédimentaire, embâcles, protection contre les inondations), la chute ne sera alors pas exploitée.

Le tableau suivant récapitule la chute brute suivant les 3 cas suivants :

- Situation actuelle
- Reconstruction du génie civil du seuil
- Mise en place de clapets et turbinage d'une partie du débit

Débit	Chute brute en situation actuelle (avec brèches)	Chute brute scénario C : après reconstruction du génie civil du seuil	Chute brute avec clapets et turbinage	Cote seuil aval (m NGF)
120 m <sup>3</sup> /s	1,17	2,41	2,50	36,21
200 m <sup>3</sup> /s	1,26	2,17	2,50	36,75
290 m <sup>3</sup> /s	1,37	2,01	2,33	37,07
420 m <sup>3</sup> /s	1,22	1,81	1,80	37,60
660 m <sup>3</sup> /s	0,95	1,51	1,49	38,43
1 200 m <sup>3</sup> /s	0,69	1,28	<i>non exploitée</i>	39,58
2 800 m <sup>3</sup> /s	0,14	0,38	<i>non exploitée</i>	42,41
4 000 m <sup>3</sup> /s	0,06	0,13	<i>non exploitée</i>	44,18
4 700 m <sup>3</sup> /s	0,04	0,09	<i>non exploitée</i>	45,06

Tableau 14 : Chute brute en fonction du débit

Lors de crues, le niveau du plan d'eau montant plus vite à l'aval qu'à l'amont, la chute brute exploitable peut diminuer pour certains aménagements de basse chute et cette différence de hauteur peut totalement disparaître en cas de forte crue. Au contraire, en période d'étiage elle devient maximum alors que les débits turbinables sont minimums.

Les caractéristiques de la chute prises pour la suite sont données dans la figure et le tableau ci-dessous.

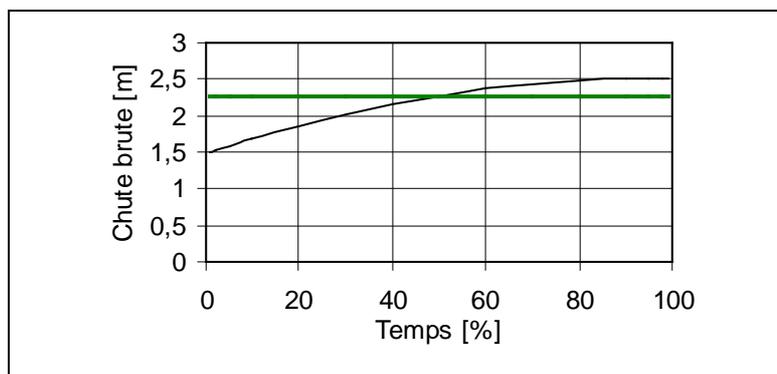


Figure 30 : Courbe des chutes classées

Chute brute maximum	2,50 m
Chute brute moyenne	2,30 m

Tableau 15 : Caractéristiques de la chute

### 7.2.3 Choix de la turbine

Les caractéristiques du site (hauteur de chute, débit d'équipement) donnent le choix entre deux types de turbine : une turbine type Kaplan à axe vertical ou une turbine VLH.

Le choix d'une turbine VLH a été effectué sur ce projet pour les qualités environnementales de cette turbine.

Le groupe VLH étant submergé, son impact visuel et sonore est très réduit rendant son implantation en milieu urbain très aisée comme dans le cas du site de démonstration situé au cœur de la ville de Millau à proximité immédiate d'habitations et du camping municipal.

Cependant, l'aspect le plus intéressant de la VLH du point de vue de l'impact sur l'environnement se situe au niveau de son impact réduit sur les migrations piscicoles à la dévalaison par rapport aux turbines classiques. Les caractéristiques spécifiques du groupe turbogénérateur VLH permettent de réduire la mortalité ou les chocs sur les poissons. En effet, son très grand diamètre de roue ménage des espaces importants entre directrices et entre pales permettant le passage aisé de tous les poissons de rivière. De plus la vitesse de rotation de la roue est très faible (<40 tr/mn) et la vitesse d'écoulement de l'eau à l'intérieur de la roue reste inférieure à 2 m/s (comparable à celle d'une passe à poisson). Enfin le conduit hydraulique est caractérisé par de très faibles variations de pression. Les tests effectués avec les anguilles montreraient un taux moyen de survie estimé supérieur à 95% d'après le constructeur<sup>3</sup>. Il faut savoir, pour évaluer ce résultat, que le taux de survie des anguilles passant dans des turbines classiques est au maximum de 80 à 85% et ce pour les plus gros bulbes de rivière tournant à vitesse très lente (Roues de près de 7 m de diamètre). Une publication du GHAPPE/ONEMA sur la dévalaison des anguilles avec les turbines VLH est prévue avant fin 2008.

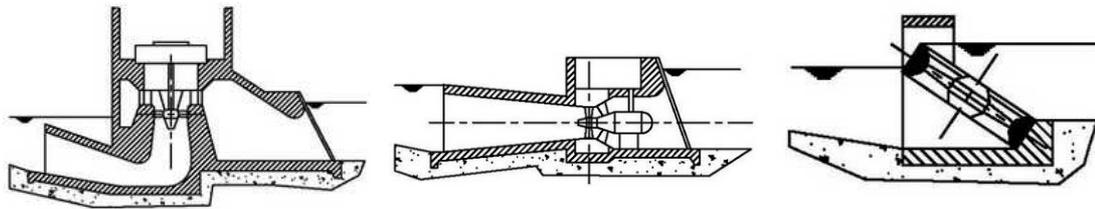
La mise en place d'une passe à poissons est cependant nécessaire pour la montaison. Lorsque la configuration de l'installation ou les besoins d'exploitation le rendent nécessaire, la VLH peut être dotée d'un dispositif d'effacement lui permettant de pivoter vers le haut et

<sup>3</sup> Lettre d'information n°7 de janvier 2008 : « 1ers test sur des anguilles et bilans de 10 mois d'exploitation », téléchargeable sur le site internet de MJ2 ([http://www.vlh-turbine.com/FR/PDF/Actualites/NL7\\_VLH2008-01.pdf](http://www.vlh-turbine.com/FR/PDF/Actualites/NL7_VLH2008-01.pdf))

de se retrouver en position horizontale au dessus du niveau de retenue normale amont. Dans cette position la turbine libère complètement le passage pour l'écoulement de la rivière, restituant ainsi sa section utile à l'ouvrage de dérivation. Cette position facilite la maintenance et l'entretien de l'installation.

Cependant, le choix d'une turbine VLH apporte la contrainte suivante : la faible rotation de la turbine VLH impose un diamètre plus grand que pour une turbine Kaplan. En effet, avec les caractéristiques du site, la turbine VLH aura un diamètre de 5 m tandis qu'une turbine Kaplan aurait un diamètre de 2,8 m. L'emprise d'un groupe VLH est donc bien plus importante que celle d'un groupe Kaplan et la longueur de seuil à démolir est plus importante. Mais le coût de démolition du seuil est compensé par le génie civil de la centrale qui est réduit au maximum.

Le schéma suivant montre les solutions classiques actuelles et la même installation équipée d'un groupe turbogénérateur VLH. Il met en évidence la différence au niveau des ouvrages de génie civil.



Turbine Kaplan à axe vertical

Groupe Bulbe immergé

Turbine VLH

Figure 31 : Comparaison du génie civil de 3 types de turbines

Les schémas sont réalisés à la même échelle et considèrent la même hauteur de chute et le même débit équipé.

Les infrastructures de génie civil nécessaires à l'implantation d'une VLH sont donc réduites à leur plus simple expression, se limitant à deux bajoyers verticaux et parallèles et un radier. Les volumes d'excavation sont eux aussi optimisés grâce à l'inclinaison du groupe.

## 7.2.4 Calcul du productible

### *Choix du débit d'équipement*

Le choix du débit d'équipement résulte d'une optimisation du site : les coûts d'investissements sont d'autant plus importants que le site est fortement équipé mais les productions augmentent moins que proportionnellement.

Etant donné le coût et l'emprise d'une turbine VLH, il est envisagé l'installation de 6 groupes VLH 5000 Le débit maximum turbinable sous les conditions du site est de 159 m<sup>3</sup>/s (6 x 26,5 m<sup>3</sup>/s).

Le débit réservé est pris égal à 10% du module interannuel, soit 40 m<sup>3</sup>/s.

### *Puissance maximum brute*

Lorsque l'on parle de puissance administrative, par exemple dans les droits d'eau autorisant l'exploitation d'un site, il s'agit de la puissance maximum brute (PMB), définie comme suit :

$$PMB = \rho Q_e g H_b \text{ [kW]}$$

La PMB dépend uniquement des « données naturelles » du site, à savoir la chute brute exploitable  $H_b$  et le débit total turbiné  $Q_e$ , appelé aussi débit d'équipement. Pour le site du seuil de Beauregard, la Puissance Maximum Brute vaut 3 900 kW pour un débit d'équipement de 159 m<sup>3</sup>/s.

Cette puissance ne prend donc pas en compte les différents phénomènes physiques pouvant engendrer une réduction de la puissance exploitable, tels que :

- les contraintes environnementales (disponibilité du débit et du fonctionnement de la centrale, débit réservé, etc.),
- les limitations, contraintes et pertes dépendantes des structures et des équipements (pertes de charge, adaptation des machines, rendements des équipements, etc.).

Ces contraintes doivent être prises en compte pour estimer le potentiel réel.

### **productible annuel**

Le productible annuel moyen est déterminé en tenant compte de :

- l'ensemble des paramètres physiques du site (hydrologie, chute brute exploitable et effacement de la chute),
- des contraintes environnementales (débit réservé, restriction éventuelle de la production durant certaines périodes de l'année),
- des caractéristiques de dimensionnement des structures et des équipements de l'aménagement (pertes de charge, adaptation des machines aux variations de débit et de chute, colline de rendement des turbines représentant les lignes iso rendement des turbines, etc.).

La courbe du productible de l'aménagement montre la répartition de la puissance produite au cours d'une année moyenne. Le calcul du productible est effectué à partir de la courbe des débits classés turbinables. En outre, le calcul du productible annuel est effectué en considérant les hypothèses suivantes :

- le taux d'indisponibilité des machines est estimé à 5%,
- courbe de rendement de la turbine spécifique aux VLH prise en compte,
- le rendement de l'ensemble multiplicateur + génératrice a été estimé à 0,90.

Le productible annuel, calculé avec les hypothèses ci-dessus, est montré sur la figure suivante.

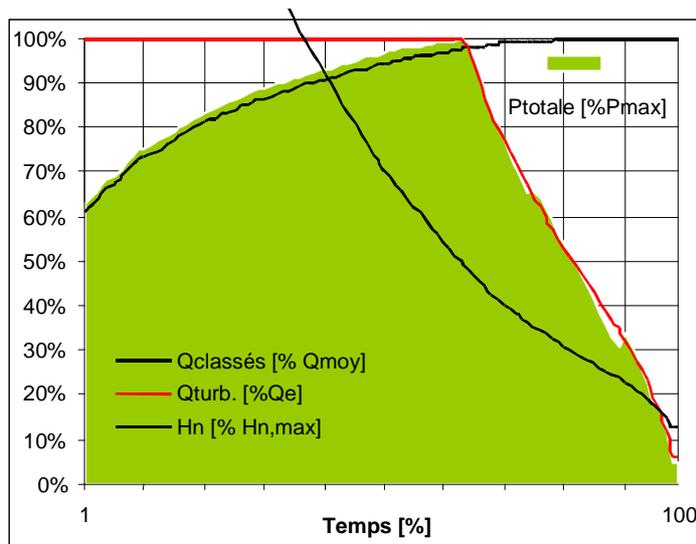


Figure 32 : Courbe du productible annuel ( $H_n$  est la hauteur nette).

Les caractéristiques du productible du projet sont résumées dans le tableau suivant.

Chute brute maximum	2,50 m
<b>Débit d'équipement</b>	<b>159 m<sup>3</sup>/s</b>
Puissance maximum brute (PMB)	3 900 kW
<b>Puissance électrique installée</b>	<b>2 536 kW</b>
<b>Productible annuel <sup>4</sup></b>	<b>15,6 GWh/an</b>
Production estivale - hivernale	54% - 46%
Coefficient de charge	6 150 h/an
<b>Gain d'émission de G.E.S. <sup>5</sup></b>	<b>733 t eq CO<sub>2</sub></b>

Tableau 16 : Puissance et productible du projet

## 7.2.5 Calcul de la Recette

### *Prix de vente de l'électricité*

La centrale hydroélectrique du seuil de Beaugard peut bénéficier du régime de l'obligation d'achat d'électricité créé par la loi électrique n° 2000-108 du 10 février 2000 et ses textes d'applications. L'article 10 de cette loi a instauré un dispositif d'obligation d'achat de l'électricité produite à partir d'énergie renouvelable. Ce régime permet aux producteurs qui le souhaitent de bénéficier d'un contrat d'achat d'électricité à un tarif d'achat fixé par les ministres chargés de l'économie et de l'énergie. Seules les installations de production d'électricité à partir des sources d'énergie renouvelable d'une puissance installée inférieure ou égale à 12 MW peuvent bénéficier de ce régime.

L'arrêté du 01 mars 2007 fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les nouvelles installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs, cours d'eau et mers, telles que visées au 1<sup>er</sup> article du décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000 (en l'occurrence, pour les installations utilisant l'énergie hydraulique, la puissance installée doit être inférieure ou égale à 12 MW). Le contrat est signé pour une durée de 20 ans.

L'ancien seuil n'ayant jamais servi à produire de l'électricité à des fins de revente au réseau de distribution, le projet sera considéré mis en service après le 01 mars 2007 et les tarifs fixés par l'arrêté du 01 mars 2007 pourront donc être appliqués. Pour les demandes formulées après cette date, les tarifs applicables sont ceux de l'arrêté indexés au premier janvier de l'année de la demande (application du coefficient K défini en annexe).

Le tableau ci-dessous donne les tarifs de vente de l'électricité pour les aménagements ayant fait l'objet d'une demande en 2008.

<sup>4</sup> Cette valeur du productible tient compte de l'arrêt pour maintenance (indisponibilité 5%)

<sup>5</sup> D'après l'indice EDF (source : <http://www.edf.com/i/accueil-fr/EDF-service-public/blocs/popup-co2.html>). Cet indice vaut en moyenne, pour la période janvier 2007 – décembre 2007, 47,0 gramme équivalent CO<sub>2</sub> par kilowattheure.

		Prix de vente	Prime MP	Prime MQ max
		c€/kWh <sub>HT</sub>	c€/kWh <sub>HT</sub>	c€/kWh <sub>HT</sub>
Tarif à une composante	-	6,23	2,5	-
Tarif à deux composantes	Hiver	8,61	3,45	1,73
	Eté	4,55	1,82	-
Tarif à quatre composantes	Hiver HP	10,46	4,2	1,73
	Hiver HC	6,11	2,45	1,73
	Eté HP	4,67	1,87	-
	Eté HC	4,36	1,75	-
Tarif à cinq composantes	Hiver PT	18,20	7,3	1,73
	Hiver HP	9,16	3,67	1,73
	Hiver HC	6,11	2,45	1,73
	Eté HP	4,67	1,87	-
	Eté HC	4,36	1,75	-

Tableau 17 : Tarifs de l'annexe 1 de l'arrêté du 01 mars 2007 pour les aménagements de moins de 400 kW, actualisés au 01/01/08

Les tarifs seront indexés au 1<sup>er</sup> novembre de chaque année par l'application du coefficient L défini en annexe 5.

La législation définit donc clairement les conditions d'achat d'électricité pour les premiers 20 ans d'exploitation de la centrale.

A l'issu du premier contrat de 20 ans, les conditions d'achat d'électricité sont moins claires. L'administration exprime cependant clairement la volonté de pérenniser le système de tarification actuel afin de permettre la poursuite de l'exploitation des installations d'une puissance inférieure à 12 MW.

Le « rapport sur les perspectives de développement de la production hydroélectrique en France, rapport présenté à Monsieur le Ministre de l'économie, des finances et de l'industrie par le haut fonctionnaire du développement durable », de mars 2006, le préconise clairement :

*« ... la mission propose que soient pérennisés des dispositifs, y compris après 2012, permettant la poursuite de l'exploitation des installations dont la puissance unitaire est inférieure à 12 MW. Ainsi les tarifs de rachat, qui constituent pour les petites installations, le dispositif central de promotion de la production de l'électricité d'origine renouvelable, devront continuer à refléter les avantages apportés par l'hydroélectricité par rapport aux autres moyens de production et devront être, le cas échéant, adaptés en fonction de l'évolution du contexte. »*

Le prix de vente de l'électricité après 20 ans (fin du contrat d'obligation d'achat) a été pris égal à 6,0 c€/kWh.

### **Recette brute et nette**

La recette brute est déterminée à partir de la production moyenne annuelle et du prix de vente de l'énergie, y compris l'éventuelle prime de majoration permise par une certaine régularité de la production pendant les mois de décembre, janvier et février.

La recette nette est calculée à l'aide de la relation suivante :

$$\begin{aligned} \text{Recette nette [€/an]} &= \text{Energie vendue [kWh/an]} \\ &\times \text{Prix de vente [€/kWh]} \\ &- \text{Frais de fonctionnement [€/an]}. \end{aligned}$$

Le coût de fonctionnement de la centrale a été estimé à 20 % de la recette brute, par retour d'expérience sur des données de centrales existantes (turbines Kaplan). Il comprend notamment les frais de personnel, la maintenance préventive et la fourniture liée à l'exploitation, la taxe hydraulique et la taxe professionnelle.

Les calculs montrent qu'un tarif à quatre composantes est plus avantageux pour le site du seuil de Beauregard. Les recettes brute et nette sont les suivantes.

Prix de vente moyen annuel	7,72 c€/kWh
Dont prime de régularité en hiver	1,54 c€/kWh
Recette brute	1 205 000 €
Recette nette	<b>964 000 €</b>

Tableau 18 : Recette de l'aménagement

L'impact du réchauffement climatique sur la recette brute et la recette nette a été évalué sur la base de la courbe des débits classés projetée à l'horizon 2050 selon deux hypothèses :

- Débit réservé de 40 m<sup>3</sup>/s conservé, correspondant à 10% du module actuel,
- Débit réservé de 30 m<sup>3</sup>/s, correspondant à 10% du module projeté à l'horizon 2050.

Le Tableau 19 présente l'impact du réchauffement climatique sur la production et la recette à l'horizon 2050. L'impact est une baisse de l'ordre de 8 à 13% sur le productible et de l'ordre de 7 à 11% sur la recette nette. L'impact est limité par le choix d'un débit d'équipement (159 m<sup>3</sup>/s) inférieur au module à l'horizon 2050 d'un facteur 2.

	Hydrologie 1978-2005	Hydrologie 2050 Débit réservé 40 m <sup>3</sup> /s	Hydrologie 2050 Débit réservé 30 m <sup>3</sup> /s
Débit moyen interannuel (m <sup>3</sup> /s)	405	300	300
Débit médian (m <sup>3</sup> /s)	290	200	200
Débit moyen été (m <sup>3</sup> /s)	320	220	220
Débit moyen hiver (m <sup>3</sup> /s)	525	405	405
Productible annuel (GWh/an)	15,6	13,7	14,3
Production en été-hiver	54%-46%	50%-50%	51%-49%
Coefficient de charge	6150 h/an	5 540 h/an	5 760 h/an
Recette brute	1 205 000 €	1 080 000 €	1 125 000 €
Recette nette	964 000 €	864 000 €	900 000 €

Tableau 19 : Impact du réchauffement climatique sur la production et la recette

La figure suivante montre l'évolution de la recette brute et nette. La recette augmente chaque année à cause de l'inflation : le prix de vente est réévalué par un indice chaque année donc la recette augmente à productible égal.

La cassure correspond à la fin de l'obligation d'achat : on fait l'hypothèse que le prix de vente sera alors de 6,0 c€/kWh.

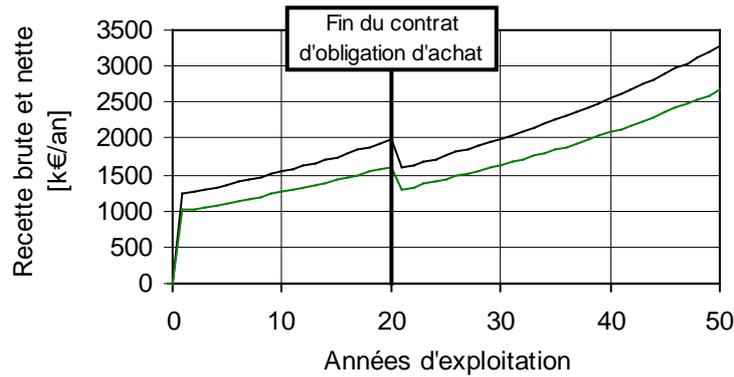


Figure 33 : Evolution de la recette brute et nette

### Résultats de l'analyse financière

Les principaux résultats financiers sont regroupés dans le tableau ci-après.

<b>Recette nette annuelle (k€/an)</b>	964
<b>Coûts d'investissement (k€ HT)</b>	12 310
<b>Temps de retour (an)</b>	<b>12,8</b>

Tableau 20 : Principaux résultats financiers du projet

## 7.3 Définition du scénario D

Le scénario D comprend la réfection du génie civil du seuil, ainsi que la mise en place de clapets mobiles à la cote 39,2 m NGF sur le seuil permettant de maintenir la cote d'eau amont de 39,4 m NGF égale à celle obtenue pour le module sans exploitation hydroélectrique (scénario C).

Le scénario développé est le suivant :

- Reconstruction du génie civil du seuil aux cotes historiques de 38,3 m NGF pour les passes supérieures et de 36,9 m NGF pour la passe profonde,
- Equipement du seuil par des clapets mobiles à la cote supérieure de 39,2 m NGF (soit des clapets de hauteur 0,9 m sur les passes déversantes et 2,3 m sur la passe profonde),
- Implantation d'une centrale hydroélectrique avec des turbines VLH en rive gauche de débit d'équipement 159 m<sup>3</sup>/s,
- Débit réservé de 40 m<sup>3</sup>/s, réparti entre la passe à poissons existante en rive gauche et une passe à poissons supplémentaire en rive droite.

Les clapets mobiles sont abaissés à partir d'un débit de 1 200 m<sup>3</sup>/s. L'impact hydraulique et morphodynamique est ainsi limité à celui du scénario C et le transport solide est peu affecté.

### 7.3.1 Aménagement du seuil

La réfection du génie civil du seuil se distingue de la réfection du scénario C par :

- La démolition de l'ouvrage existant en surface sur une épaisseur de 1 m,

- La mise en place de béton armé en surface sur une épaisseur de 1 m, composant le radier de l'ouvrage supportant les clapets mobiles. Ce béton armé est ancré dans le béton sous-jacent par implantation d'armatures forées.

### 7.3.2 Ouvrages hydroélectriques

#### *Groupes VLH*

L'emprise des 6 groupes VLH est d'environ 45 m de long. Ils seront implantés en rive gauche.

L'extrémité rive gauche du seuil sera démolie au niveau des anciennes passes supérieures n°1 et n°2 afin de permettre la construction du radier et des bajoyers assurant le maintien des VLH en béton de structure (Figure 34).

Chaque groupe VLH sera équipé d'une grille de protection, constituée de tubes verticaux espacés de 500 mm et destinés à arrêter les éléments flottants les plus gros. La turbine elle-même est équipée d'une grille rayonnante assurant la protection contre les éléments plus fins.

La protection de l'entrée d'eau sera éventuellement complétée par une drome.

A la sortie de la turbine, les eaux turbinées rejoindront la Garonne immédiatement en pied de barrage. Le tronçon court-circuité est réduit à son minimum possible.

L'accès aux groupes VLH se fait par une passerelle sur la rivière artificielle (passe à poissons existante en rive gauche), suffisante pour l'entretien courant.

L'entretien plus conséquent nécessitant l'accès d'engin est peu fréquent. Il se fera alors à l'étiage : les clapets baissés sur la passe profonde permettent de mettre hors d'eau l'amont de la rivière artificielle (cote de l'ordre de 37,5 m NGF).

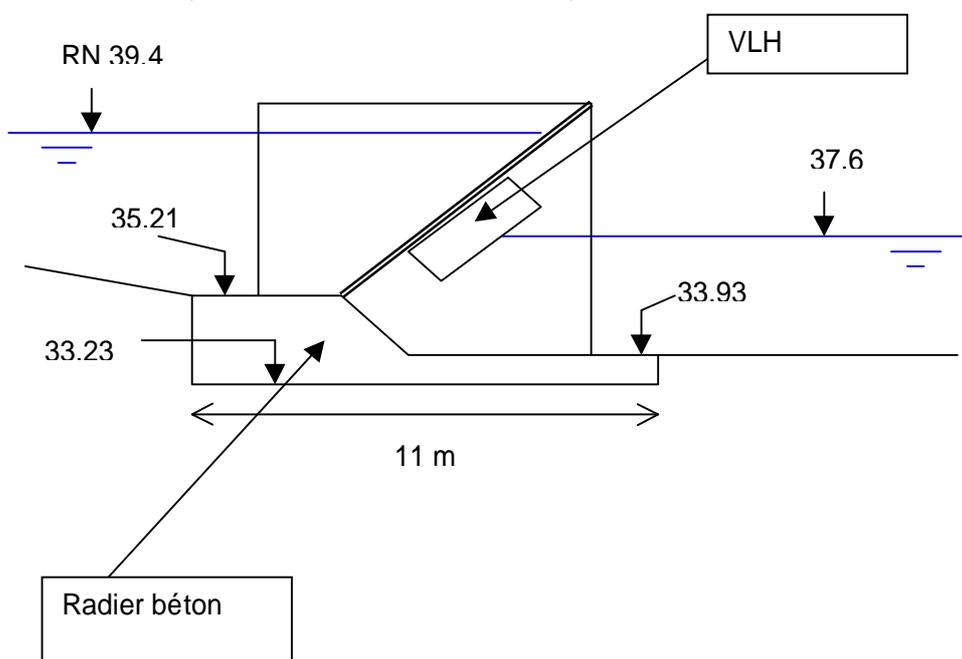


Figure 34 : Principe d'implantation des turbines VLH sur les anciennes passes supérieures n°1 et n°2

### *Usine*

Le poste électrique sera installé dans un local technique de dimensions modestes. Il sera implanté en rive gauche. La zone qui recevra le futur bâtiment de l'usine sera nettoyée et aplanie.

Le bâtiment en maçonnerie aura une surface d'environ 120 m<sup>2</sup>. Son plancher devra être implanté au niveau de la cote de crue centennale (47,6 m NGF).

### *Clapets mobiles*

Des clapets mobiles, dont la cote supérieure est 39,2 m NGF, sont implantés sur le seuil reconstruit. Ces clapets sont abaissés à l'étiage (débits inférieurs ou égaux à 50 m<sup>3</sup>/s) et en crue (débits supérieurs ou égaux à 1200 m<sup>3</sup>/s), dans ces deux cas les groupes VLH ne turbinent plus.

Pour les débits courants, les clapets sont inclinés afin d'obtenir une chute de 2,5 m, sans toutefois dépasser les niveaux d'eau atteints à l'amont pour les débits supérieurs ou égaux au module.

### **7.3.3 Dispositifs de franchissement piscicole et passe à poissons**

Afin d'augmenter les chances des poissons de franchir les obstacles sur les grands cours d'eau les spécialistes du sujet préconisent au moins deux dispositifs. L'un vers la turbine, l'autre sur la rive opposée. Une passe à anguilles spécifique devra être prévue.

Une nouvelle passe à poissons est donc prévue pour la remontaion en rive droite, comme dans le cadre du scénario C (débit de 2,6 m<sup>3</sup>/s). Une passe à ralentisseurs de type Fatou (à chevrons) est également implantée à côté de la passe à poissons, afin de créer un débit d'attrait (7,4 m<sup>3</sup>/s).

La passe à poissons (rivière artificielle) existante en rive gauche, à proximité des turbines VLH, est également réhabilitée et optimisée pour un débit de 30 m<sup>3</sup>/s, complétant le débit réservé (40 m<sup>3</sup>/s).

Etant donné les enjeux sur les poissons migrateurs associés à la reconstruction du seuil, une modélisation physique du site (rive gauche et rive droite) pourra être requise au stade du projet. La conception des dispositifs de franchissement piscicole sera réalisée en concertation avec les spécialistes du GHAAPPE (Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles et à la Protection de l'Environnement).

Par ailleurs, la mesure de l'efficacité des installations nécessite la mise en place de systèmes de comptage permettant le suivi des migrateurs à la montaison et à la dévalaison. Un budget de fonctionnement annuel de 15 à 25 000 € HT est à prévoir pour le comptage et le suivi piscicole.

### **7.3.4 Métré et estimation des coûts**

Le coût de réalisation du scénario D est estimé à 12 310 000 € HT (Tableau 21).

DEVENIR DU SEUIL DE BEAUREGARD					
RECONSTRUCTION DE L'OUVRAGE SCENARIO D - DETAIL ESTIMATIF					
Désignation	Unité	Quantités	P.U. (€ HT)	Montant (€ HT)	
<b>SERIE 01 - PALPLANCHES</b>					
01-01	Batardeaux en palplanches, y compris butonnage et recépage	m2	1 890	280,00	529 200,00
<b>TOTAL SERIE 01</b>				<b>529 200,00</b>	
<b>SERIE 02 - ETANCHEITE AMONT</b>					
02-01	Dégagement des sédiments	m3	315	40,00	12 600,00
02-03	Béton armé	m3	615	570,00	350 550,00
<b>TOTAL SERIE 02</b>				<b>363 150,00</b>	
<b>SERIE 03 - RECONSTRUCTION OUVRAGE</b>					
03-02	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	620	55,00	34 100,00
03-03	Béton coulé en place	m3	1 745	270,00	471 150,00
03-06	Béton armé en surface sur une épaisseur d'un mètre, ancré sur la structure sous-j	m3	450	570,00	256 500,00
06-07	Reconstruction de deux piles en béton armé, habillage pierres de taille	m3	100	700,00	70 000,00
<b>TOTAL SERIE 03</b>				<b>831 750,00</b>	
<b>SERIE 04 - CLAPETS</b>					
04-01	Clapets de 22 m de largeur et de 90 cm de hauteur	U	2	165 000,00	330 000,00
04-02	Clapet de 20 m de largeur et de 2,10 m de hauteur	U	1	310 000,00	310 000,00
<b>TOTAL SERIE 04</b>				<b>640 000,00</b>	
<b>SERIE 05 - EQUIPEMENT HYDROELECTRIQUE</b>					
05-01	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	890	55,00	48 950,00
05-02	Fouilles dans les marnes altérées	m3	1 190	45,00	53 550,00
05-03	Dragage de sédiments à l'amont des turbines	m3	3 600	40,00	144 000,00
05-04	Arrachage et évacuation palplanches existantes	kg	9 210	1,00	9 210,00
05-05	Béton armé pour radier et bajoyers	m3	850	570,00	484 500,00
05-06	Grille	Ft	1	20 000,00	20 000,00
05-07	Aménagement de la plateforme pour l'usine	FT	1	20 000,00	20 000,00
05-08	Béton armé pour bâtiment usine	m3	80	800,00	64 000,00
05-09	Aménagement bâtiment usine	m2	120	550,00	66 000,00
05-10	Turbogénérateur et équipements électriques	Ft	1	4 000 000,00	4 000 000,00
05-11	Passerelle d'accès aux turbines	Ft	1	25 000,00	25 000,00
05-12	Raccordement entre les groupes et le bâtiment	Ft	1	20 000,00	20 000,00
05-13	Raccordement au réseau	Ft	1	40 000,00	40 000,00
<b>TOTAL SERIE 05</b>				<b>4 995 210,00</b>	
<b>SERIE 06 - ENROCHEMENTS DE PROTECTION AVAL</b>					
06-01	Remaniement d'enrochements de protection à l'aval du seuil	m3	1 310	45,00	58 950,00
06-02	Fourniture et pose d'enrochements	m3	4 090	60,00	245 400,00
<b>TOTAL SERIE 06</b>				<b>304 350,00</b>	
<b>SERIE 07 - PASSES A POISSONS ET PASSE A RALENTISSEUR</b>					
07-01	Batardeau en palplanches, y compris butonnage	m2	330	280,00	92 400,00
07-02	Démolition de béton et maçonneries et évacuation des gravats	m3	70	55,00	3 850,00
07-03	Béton armé	m3	820	570,00	467 400,00
07-04	Aménagement passe à poissons existante	Ft	1	40 000,00	40 000,00
07-05	Dispositifs de comptage piscicole	Ft	1	250 000,00	250 000,00
<b>TOTAL SERIE 07</b>				<b>853 650,00</b>	
<b>SERIE 08 - INTEGRATION PAYSAGERE</b>					
08-01	Réalisation d'un itinéraire de promenade avec bancs, plantation, entretien végéta	ft	1	20 000,00	20 000,00
<b>TOTAL SERIE 08</b>				<b>20 000,00</b>	
<b>INSTALLATION DE CHANTIER, REMISE EN ETAT, QUALITE, BATHYMETR</b>		Forfait	10%		<b>854 000,00</b>
<b>ALEA ET NON METRE</b>		Forfait	20%		<b>1 708 000,00</b>
<b>TOTAL TRAVAUX ARRONDI</b>				<b>11 100 000,00</b>	
<b>ETUDE PASSES A POISSON ET MODELE PHYSIQUE</b>		Forfait			<b>100 000,00</b>
<b>MAITRISE D'ŒUVRE</b>		Forfait	10%		<b>1 110 000,00</b>
<b>TOTAL HORS TAXES ARRONDI</b>				<b>12 310 000,00</b>	

Tableau 21 : Estimation du coût de réalisation du scénario D

### 7.3.5 Maîtrise d'ouvrage

Les collectivités territoriales sont le Maître d'ouvrage pressenti pour porter le scénario C de reconstruction du seuil pour exploitation hydroélectrique.

## 7.4 Contexte juridique et réglementaire

### *Propriété de l'ouvrage et autorisation d'occupation temporaire*

Le transfert de propriété du seuil de l'Etat aux collectivités n'est pas possible mais il existe une possibilité de transfert de droit de gestion ou d'utilisation par autorisation d'occupation temporaire (à solliciter auprès du Préfet). L'Etat n'a aucune obligation de faire droit à ces demandes d'autorisation.

### *Installation hydroélectrique (réglementation actuelle)*

Le projet de reconstruction du seuil pour la production hydroélectrique n'est pas actuellement envisageable au regard des dispositions de l'article 2 de la loi du 16 octobre 1919, compte tenu du classement de la Garonne comme rivière réservée sur laquelle aucune nouvelle entreprise hydraulique ne peut faire l'objet de concession ou d'autorisation.

### *Compatibilité du projet de reconstruction avec le SDAGE*

La reconstruction du seuil est soumise à autorisation au titre de la loi sur l'eau. Dans ce cadre, le projet doit être compatible avec les dispositions du SDAGE et les intérêts protégés à l'article L211-1 du code de l'environnement (dont la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides, la vie biologique du milieu récepteur et spécialement de la faune piscicole et conchylicole). Le classement de la Garonne comme axe bleu ou axe migrateur prioritaire risque de faire obstacle au projet de reconstruction.

### *Arrêté de protection de biotope du 16 juillet 1993*

D'après le cabinet d'avocats, compte tenu des conclusions du rapport de diagnostic s'agissant des enjeux liés aux grands migrateurs, il convient de considérer que l'arrêté préfectoral de protection de biotope fera obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil.

### *Possibilités de reconstruction dans le cadre de la réglementation à venir (nouvelle loi sur l'eau LEMA)*

Au sens de la nouvelle loi sur l'eau dite LEMA, et dans le cadre du classement à venir de la Garonne dans la première liste des cours d'eau pour lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée est nécessaire, la qualification de l'ouvrage comme nouvel ouvrage ou d'ouvrage existant est déterminante. Or, l'ouvrage étant actuellement en partie ruiné et la chute hydraulique en partie effacée, le cabinet d'avocat estime qu'il a tout lieu de considérer que la reconstruction du seuil serait assimilée à un nouvel ouvrage au sens de l'article L214-17 du code de l'environnement.

La reconstruction de l'ouvrage constituerait en soi un obstacle à la continuité écologique, au sens de la Loi sur l'Eau, car « entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel, de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ». Les dispositifs de franchissement piscicole n'ont pas en outre pas une efficacité totale.

Dans le cadre de la nouvelle loi sur l'eau, il y a tout lieu de considérer, d'après l'analyse du cabinet d'avocats, que le projet de reconstruction serait interdit comme nouvel ouvrage ne garantissant pas la continuité écologique.

### Synthèse sur les possibilités juridiques de reconstruction

Dans le cadre de la réglementation actuelle, la Garonne est classée comme rivière réservée et aucune nouvelle entreprise hydraulique ne peut faire l'objet de concession ou d'autorisation.

Dans le cadre de la réglementation à venir (nouvelle LEMA), l'ensemble des dispositions réglementaires fera, pour le cabinet d'avocats, très certainement obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil, notamment au vu de l'étude diagnostic sur les enjeux liés aux grands migrateurs. En cas de délivrance d'une autorisation, il y a de très fortes chances que celle-ci fasse l'objet d'une annulation contentieuse en cas de recours, l'usage d'agrément et l'intérêt patrimonial de l'ouvrage ne contrebalanceront pas aux yeux du juge l'éventuelle atteinte à l'environnement.

## 7.5 Impacts du scénario

### 7.5.1 Impact hydraulique

L'impact hydraulique maximal est obtenu à l'étiage. Il est le même que pour le scénario C, les clapets étant abaissés à l'étiage : élévation d'environ 2,3 m au niveau du seuil, de 1,7 m au niveau de Boé bourg, de 0,6 m au niveau de la confluence du Gers et de 8 cm au niveau du Pont de Saint Pierre de Gaubert (Tableau 22).

Pour les débits de basses eaux et courants compris entre 120 m<sup>3</sup>/s et 290 m<sup>3</sup>/s, l'utilisation des clapets conduit à une augmentation de l'impact hydraulique par rapport au scénario C atteignant une trentaine de centimètres supplémentaires à Boé bourg.

Débit	Différence entre les lignes d'eau du scénario D de reconstruction et de la situation actuelle (centimètres)					
	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	Au niveau du pont de Saint Pierre de Gaubert
30 m <sup>3</sup> /s	+234	+171	+100	+61	+19	0
50 m <sup>3</sup> /s	+210	+164	+113	+63	+26	0
120 m <sup>3</sup> /s	+130	+111	+100	+56	+30	+1
200 m <sup>3</sup> /s	+124	+101	+94	+58	+36	+4
290 m <sup>3</sup> /s	+97	+80	+74	+47	+30	+4
420 m <sup>3</sup> /s	+59	+44	+40	+24	+15	+4
660 m <sup>3</sup> /s	+56	+38	+35	+21	+14	+6
1 200 m <sup>3</sup> /s	+59	+40	+36	+22	+16	+8
2 800 m <sup>3</sup> /s	+24	+15	+13	+9	+7	+4
4 000 m <sup>3</sup> /s	+7	+4	+4	+2	+2	+1
4 700 m <sup>3</sup> /s	+5	+3	+3	+2	+1	+1

Tableau 22 : Impact hydraulique du scénario D de reconstruction. Les clapets sont abaissés en crue et à l'étiage et l'impact hydraulique est alors similaire au scénario C (cases grisées). Les lignes d'eau présentant un impact hydraulique supérieur au scénario C sont représentées par les lignes sur fond bleu.

Le Tableau 12 fournit un comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil en situation actuelle et dans le cadre du scénario D de reconstruction.

La chute maximale au niveau du seuil passe d'environ 1,4 m en situation actuelle (débit de 290 m<sup>3</sup>/s) à 2,7 m avec le seuil reconstruit dans le cadre du scénario D (étiage de 30 m<sup>3</sup>/s).

Débit	Chute de la ligne d'eau au niveau du seuil (mètres)	
	Situation actuelle (avec brèches)	Scénario D : après reconstruction du génie civil du seuil
30 m <sup>3</sup> /s	0,69	2,72
50 m <sup>3</sup> /s	0,74	2,69
120 m <sup>3</sup> /s	1,17	2,5
200 m <sup>3</sup> /s	1,26	2,5
290 m <sup>3</sup> /s	1,37	2,33
420 m <sup>3</sup> /s	1,22	1,8
660 m <sup>3</sup> /s	0,95	1,49
1 200 m <sup>3</sup> /s	0,69	1,28
2 800 m <sup>3</sup> /s	0,14	0,38
4 000 m <sup>3</sup> /s	0,06	0,13
4 700 m <sup>3</sup> /s	0,04	0,09

Tableau 23 : Comparatif de la chute de la ligne d'eau au niveau du seuil en fonction du débit avant et après l'apparition des brèches. Les clapets sont abaissés en crue et à l'étiage et l'impact hydraulique est alors similaire au scénario C (cases grisées). Les débits pour lesquels la chute au niveau du seuil est supérieure à celle du scénario C sont représentés par une trame bleue.

### 7.5.2 Impact morphodynamique

L'impact morphodynamique du scénario D est similaire à celui du scénario C pour les débits d'étiage (débits inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/s, clapet abaissés) et pour les débits supérieurs ou égaux au module, pour lesquels les clapets sont partiellement abaissés, puis totalement abaissés pour les débits de crue (débits supérieurs à 1 200 m<sup>3</sup>/s), permettant de conserver la ligne d'eau du scénario C.

Pour les débits courant inférieurs au module, le scénario D conduit à une diminution des forces tractrices plus significative que pour le scénario C, sensible jusque entre le pont de la RD17 et le pont de Saint Pierre de Gaubert (Figure 35).

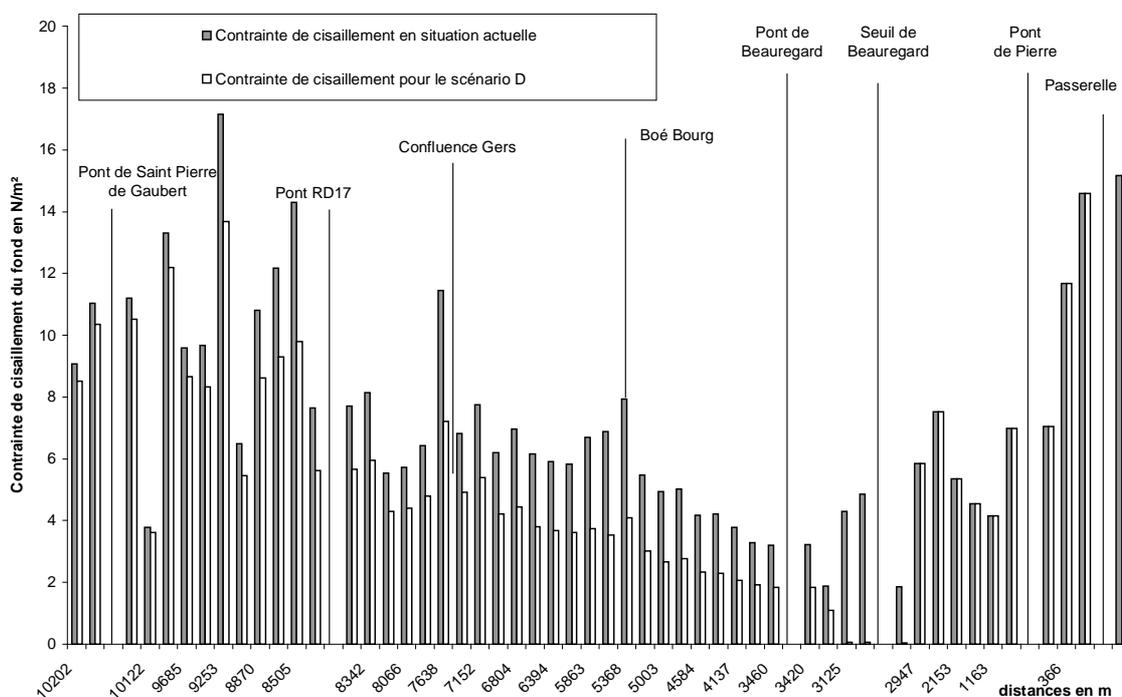


Figure 35 : Forces tractrices pour le débit de 290 m<sup>3</sup>/s – situation actuelle et scénario D

Le scénario D entraîne donc une réduction des forces tractrices en amont pour les débits courants et les crues fréquentes (1 200 m<sup>3</sup>/s), plus importante que le scénario C pour les débits inférieurs au module et similaire pour les crues fréquentes, pouvant résulter en une diminution de transport de matériaux fins et une augmentation de dépôts de ces matériaux entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le seuil de Beauregard.

En revanche, lorsque les forces tractrices deviennent susceptibles de mettre en mouvement les sédiments plus grossiers (débits supérieurs ou égaux à 2 800 m<sup>3</sup>/s), l'impact du scénario D devient faible (réduction des forces tractrices de l'ordre de 5 à 10%). Les matériaux fins pouvant être déposés pour les débits courant ou des crues fréquentes sont alors également transportés vers l'aval.

Le scénario D conduit donc à une réduction de la capacité de transport solide entre le pont de Saint Pierre de Gaubert le seuil de Beauregard, pouvant conduire à une augmentation des dépôts sédimentaires. Les risques d'érosion des berges et d'incision du lit mineur sont limités à la fois par la baisse des forces tractrices et le relèvement de la ligne d'eau.

Le diagnostic (phase 1) a mis en évidence que la passe profonde permet la continuité du transport solide, notamment sur la base de l'analyse de la répartition des sédiments en lit mineur de la Garonne en 1983 [4], avant formation des brèches. La continuité du transport solide sera probablement rétablie après une phase transitoire de dépôts sédimentaires immédiatement à l'amont du seuil, la brèche principale dans le seuil ayant contribué depuis 2005 à un départ de sédiment vers l'aval.

### 7.5.3 Impact environnemental

#### *Franchissement piscicole*

Quelque soient les dispositifs de franchissements piscicoles pouvant être envisagés, ils ne seront pas suffisant pour rendre l'ouvrage totalement transparent, compte tenu de la complexité du fonctionnement hydraulique, du besoin d'entretien accru, des nombreuses espèces migratrices susceptibles d'emprunter le dispositif et de leurs besoins variés,...

L'équipement d'une centrale hydroélectrique implique trois contraintes majeures, l'apparition d'une entrave à la dévalaison, l'augmentation de la chute, le détournement d'une partie du débit, qui accroissent l'impact négatif sur les migrateurs par rapport au scénario C de reconstruction du seuil.

Le franchissement à la dévalaison est possible par les passes à poissons. Mais « l'appel du débit turbiné » détourne toujours une partie des individus et provoque une surmortalité.

Les turbines KAPLAN de basse chute qui équipent de nombreuses centrales hydroélectriques sont connues pour leurs dommages causés aux migrateurs. Différents dispositifs (barrières comportementales ou physiques) existent ou sont à l'étude pour diminuer l'impact du turbinage, l'objectif étant de détourner le poisson de la turbine vers un by-pass. Des recherches récentes (EDF, GHAAPPE, 2002-2005) à propos de ce type de turbine dans les bassins de l'Adour, de la Garonne et de la Dordogne, ont montré que la mortalité sur le saumon baissait suite à l'utilisation d'exutoires de surface associés aux grilles fixées à l'entrée des turbines. Mais suivant les cours d'eau et les ouvrages, elle restait à des taux non négligeables. Sur le Salat par exemple où 23 centrales ont été suivies la mortalité reste en moyenne à 20 % (jusqu'à 34 % pour le chiffre le plus élevé). Pour les anguilles, l'impact reste élevé avec les turbines KAPLAN.

L'utilisation de turbines VLH permet en théorie une réduction importante de la mortalité des poissons turbinés par rapport à des turbines classiques. Des tests ont été réalisés par le constructeur en collaboration avec Pr. Larinier pour étudier le comportement du poisson face à ce type de turbine. Ils ont eu lieu sur le site de démonstration de Troussy à Millau où le premier équipement de ce genre a été installé en France (2006). Une publication a été réalisée sur les smolts des saumons atlantiques [35] et une publication doit être réalisée d'ici fin 2008 sur les anguilles. La mortalité des smolts à la dévalaison est estimée à 3% avec les turbines VLH, doit être une mortalité réduite d'un facteur 2 environ par rapport à celle d'une turbine Kaplan équivalente.

Quelle que soit l'efficacité du ou des dispositifs envisagés, le risque de mortalité sera toujours plus important que le risque zéro de la situation actuelle. La centrale hydroélectrique exercera un impact qui se cumulera avec ceux des obstacles de l'amont.

La reconstruction du seuil conduit à la création d'un obstacle au franchissement piscicole à la montaison et à un risque de mortalité à la dévalaison. Pour l'aloise, dont la population est actuellement en danger, il s'agit d'un facteur de plus, probablement rédhibitoire, pouvant mener à sa disparition. Les bassins hydrographiques voisins qui fréquentent cette espèce pourraient en subir également les conséquences.

#### *Diminution du transport des matériaux à l'aval du barrage de Beauregard*

L'impact morphodynamique du scénario D étant similaire à celui du scénario C, notamment pour les débits supérieurs ou égaux au module (clapets sont partiellement abaissés) puis pour les débits de crue supérieurs à 1 200 m<sup>3</sup>/s (clapets totalement abaissés), le risque de diminution de la qualité et/ou de l'attractivité des frayères d'aloise dans la traversée d'Agen est équivalent.

#### *Élévation de la ligne d'eau*

L'impact est similaire à celui du scénario C.

### **7.5.4 Impact paysager**

Pour des raisons de sécurité, l'accès du public aux zones sensibles que sont les abords du local technique et les groupes VLH sera interdit. Ces zones seront clôturées.

La création d'un sentier pédestre en rive gauche, comme proposée dans les scénarios B et C, est possible mais en revanche la réalisation d'une passerelle publique sur le seuil n'est donc pas envisageable pour des raisons de sécurité.

Les groupes turbogénérateurs VLH étant implantés dans le corps du barrage, l'impact de l'installation de la centrale hydroélectrique sur le paysage est faible. Les bajoyers et la structure en génie civil dépassent peu (environ 50 cm) de la cote normale du plan d'eau amont (39,4 m NGF). Par ailleurs, les turbines VLH sont silencieuses.

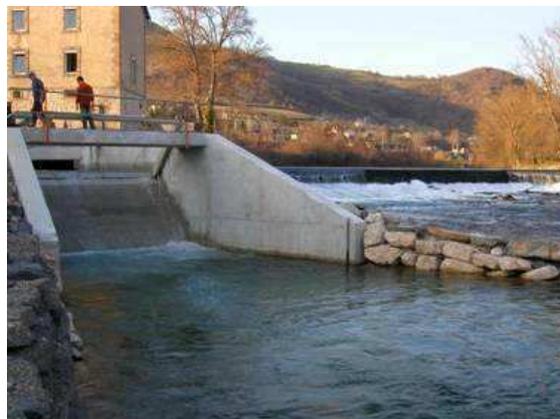


Figure 36 : Turbine VLH, vue depuis l'amont (photo de gauche) et depuis l'aval (photo de droite)

L'intégration paysagère du local électrique en rive gauche sera réalisée avec soin, dans un cadre de verdure à créer (plantation d'arbres et d'arbustes).

### 7.5.5 Impact sur les usages

Les usages passés, présents et potentiels, influencés par la perspective d'évolution du barrage de Beauregard sont les prises d'eau en nappe et en rivière, l'hydroélectricité, la valorisation touristique, les activités nautiques et la pêche.

#### *Prélèvements en nappe et en rivière*

Le scénario D conduit à un exhaussement de la ligne d'eau de la Garonne par rapport à la situation actuelle. La surélévation est à l'étiage (débit de 30 m<sup>3</sup>/s) d'environ 1,7 m au niveau de Boé bourg, de 60 cm au niveau de la confluence du Gers et de 20 cm au niveau du pont de Layrac (et 0 cm au pont de Saint Pierre de Gaubert).

Dans ces conditions, les prélèvements en rivière entre Boé et Saint Pierre de Gaubert ne nécessitent pas d'adaptation particulière.

Concernant les prélèvements en nappe de Layrac entre le pont de Saint Pierre de Gaubert et le pont de Layrac, une faible surélévation de la nappe sous influence de la Garonne, de l'ordre de 5 cm, est également prévue.

#### *Activités nautiques*

Les activités nautiques existantes avant 2005 peuvent reprendre dans le cadre de ce scénario, qui permet de rétablir un tirant d'eau suffisant à l'étiage entre le seuil de Beauregard et Boé bourg, voire jusqu'à la confluence du Gers.

La navigation à voile et à propulsion mécanique est néanmoins interdite depuis 500 m en amont jusqu'à 200 m en aval du barrage (arrêté préfectoral du 30 avril 1996).

### *Pêche*

L'impact est similaire à celui du scénario C.

La pêche peut devenir moins intéressante en revanche à l'échelle du système Garonne-Dordogne par la diminution probable des populations de migrateurs résultant de l'augmentation des difficultés de franchissement à la montaison et du risque de mortalité à la dévalaison.

### *Hydroélectricité*

Le potentiel hydroélectrique du site est exploité.

## 8 ANALYSE ECONOMIQUE

Les différents scénarios d'évolution du seuil de Beauregard sont comparés dans ce chapitre par une analyse coût/bénéfice.

### 8.1 Introduction et rappels méthodologiques

#### 8.1.1 Contexte

Le seuil de Beauregard a fait l'objet d'un rapport de diagnostic détaillé (phase 1) et de l'élaboration de scénarios d'aménagement dont la faisabilité a été étudiée (chapitres 4 à 7 du présent rapport).

Le choix du scénario qui sera finalement mis en œuvre doit reposer sur une décision concertée et argumentée, eu égard aux multiples enjeux liés au seuil.

Dans le cadre du processus de choix de la « meilleure option », une évaluation des coûts et des bénéfices pour la société a été menée ; cette méthode d'analyse permet de transcrire les impacts en termes monétaires et de faciliter ainsi la comparaison de différents projets. L'évaluation des coûts et bénéfices s'intéresse aussi bien aux aspects marchands (c'est-à-dire mesurables à travers les circuits économiques existants) qu'aux aspects non-marchands, qui traduisent la variation de bien-être de la population.

Au sein des coûts ou bénéfices non-marchands, on distingue la valeur d'usage et la valeur de non-usage. Concernant la valeur d'usage, il ne s'agit pas de chiffrer les recettes générées par la pratique d'une activité en lien avec le projet étudié, mais de définir la variation de bien-être de ces pratiquants découlant des impacts du projet étudié. La valeur de non-usage se réfère à la valeur patrimoniale (biodiversité, écosystèmes, toutes fonctions qui apportent un bien-être à la société humaine mais sans usage matériel direct ou indirect).

VALEUR ECONOMIQUE TOTALE (VET)				
VALEURS D'USAGE			VALEURS DE NON-USAGE	
<i>Valeur d'usage directe</i>	<i>Valeur d'usage indirecte</i>	<i>Valeur d'usage futur potentiel</i>	<i>Valeur hédonique (ou d'existence)</i>	<i>Valeur de legs</i>
Activités de production Activités récréatives actuelles Etc.	Fonctions de protection Fonctions hydrologiques Etc.	Potentialités de développement d'activités nouvelles	Importance accordée au fait de savoir que tel bien ou service est disponible (espèces protégées, etc.)	Importance accordée à la transmission d'une caractéristique aux générations futures

Tableau 24 : définition de la valeur économique totale

Les difficultés inhérentes à la monétarisation de coûts et bénéfices qui ne transitent pas par les circuits économiques classiques incitent à la plus grande prudence dans l'interprétation des résultats de ce type d'étude.

La méthode suivie pour mener cette étude est présentée dans le guide « Evaluer les bénéfices issus d'un changement d'état des eaux », publié en juillet 2007 dans la collection « Etudes et synthèses » de la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (D4E). Les autres documents de références consultés pour l'analyse économique sont :

- D4E, « Analyse coûts-avantages de la restauration d'une rivière : le cas du Gardon aval », collection « Etudes et synthèses », novembre 2007,
- D4E, Lettres Evaluation n°13, « L'analyse socio-économique des projets hydrauliques : le cas du barrage de Poutès », septembre 2007,
- D4E, Lettres Evaluation n°2, « Evaluation en appui des décisions publiques : le cas de quelques barrages en France », mai 2006,
- D4E, Etude sur la valorisation des aménités du Loir, Patrick DERONZIER et Sébastien TERRA, 2006,
- D4E, Evaluer les bénéfices environnementaux sur les masses d'eau, Patrick CHEGRANI, 2005,
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, « Petite hydroélectricité et environnement : rapport du groupe de travail », 2002,
- Amigues, Jean-Pierre et Desaignes, Brigitte, « L'évaluation d'une politique de protection de la biodiversité des forêts riveraines de la Garonne », GIP Hydrosystèmes, 1998.

### 8.1.2 Méthodologie

La première étape consiste à déterminer l'opportunité d'une évaluation de type « coûts-avantages », la description exhaustive des impacts pouvant suffire à estimer si les mesures proposées ont des coûts disproportionnés par rapport aux bénéfices attendus. Cette étape a été menée lors de la réalisation du diagnostic du seuil de Beauregard et de la définition des scénarios d'aménagement.

Si la monétarisation s'avère nécessaire, la deuxième étape consiste à utiliser des valeurs-guides, obtenues dans la bibliographie. La D4E précise qu'il s'agit d'une approche rapide et simple, mais pouvant être relativement incertaine. « Les chiffrages obtenus doivent être davantage analysés comme des curseurs d'alerte que comme des données intangibles »<sup>6</sup>. C'est cette seconde étape qui a été menée et dont les résultats sont présentés dans la présente note.

En dernier recours, si la deuxième étape ne donne pas de résultats satisfaisants, une étude locale peut être envisagée pour établir les valeurs unitaires spécifiques au site et aux impacts envisagés. Ceci nécessite la mise en œuvre d'enquêtes auprès des usagers et non-usagers et un traitement statistiques des réponses sur les données et sur les incertitudes associées ; ce sont des études coûteuses, tant en termes de délais qu'en termes financiers.

La méthode générale d'utilisation des valeurs-guides consiste à identifier la valeur unitaire se rapprochant le plus de l'impact étudié, et l'agréger à l'échelle d'un territoire en calculant le nombre de personnes (usagers ou non-usagers) concernés par l'impact.

Dans le cadre de la présente étude, les valeurs-guides annexées au guide de la D4E ont été utilisées pour établir des fourchettes de valeur pour chaque impact évalué. Lorsqu'aucune valeur-guide ne semble convenir (cas où les valeurs existantes ont été obtenues dans des contextes trop différents), la valeur la plus faible est retenue, et une fourchette de valeur est construite en réalisant différentes hypothèses sur l'étendue de l'impact étudié. On obtient alors une fourchette de valeurs dites « incertaines » en raison des fortes incertitudes les concernant. Cette approche reste intéressante dans le cadre d'une comparaison de différentes options d'aménagement, dans la mesure où pour un impact donné, l'incertitude sera la même quel que soit le scénario étudié, ce qui permet malgré tout une comparaison relative.

<sup>6</sup> Lettre Evaluation n°12, « Evaluer les bénéfices issus d'un changement d'état des eaux », juillet 2007

Les impacts de chaque scénario sont évalués dans les chapitres 4 à 7 du présent rapport, de même que les frais d'investissement et d'entretien. Les chapitres suivants ne les détaillent donc pas mais les résument pour en extraire les données d'entrée nécessaires à la monétarisation des impacts.

## 8.2 Hypothèses générales

### 8.2.1 Choix du taux d'actualisation

Au sens du calcul économique, l'actualisation est une méthode permettant de ramener sur une même base des sommes reçues ou versées à des époques différentes, en vue de les comparer ou d'effectuer des opérations arithmétiques. Elle permet de prendre en compte le « coût du temps », qui fait qu'un euro d'aujourd'hui vaut davantage qu'un euro de demain, et le « coût du risque » : un euro certain vaut davantage qu'un euro espéré mais hypothétique.

Le choix du taux d'actualisation est important compte tenu de la durée de vie du projet. Le taux conseillé par le Commissariat Général aux Plans pour les choix publics d'investissement en 2005, et qui est de 4% avant 30 ans diminuant jusqu'à 2 % au-delà de 50 ans, a été retenu dans le cas de l'étude. C'est également le taux utilisé par la D4E dans son outil d'évaluation des coûts environnementaux d'un changement d'état des eaux.

**Cette actualisation est différente de l'actualisation ou la révision des prix dans les marchés de travaux.** Pour les coûts d'entretien et de travaux mis en œuvre tout au long de la période, une révision a été opérée selon l'index « travaux publics » TP02 (Ouvrages d'art en site terrestre, fluvial ou maritime et fondations spéciales), afin de calculer un coût moyen annuel. Ce coût moyen annuel a ensuite été actualisé sur la période d'étude.

### 8.2.2 Choix de la période d'étude

Afin que les résultats de l'évaluation des différents impacts soient cohérents les uns par rapport aux autres, la même durée doit être prise comme période de référence pour tous les scénarios.

La durée de vie des ouvrages du scénario D (installation d'une centrale hydroélectrique) est de 50 ans, et ces ouvrages ne pourront être construits qu'à partir de 2015 en raison des contraintes réglementaires.

Les autres scénarios sont supposés mis en œuvre dès 2010.

La durée d'actualisation choisie est de 55 ans, correspondant à la période entre la mise en œuvre des scénarios A à C jusqu'à la fin de vie des ouvrages du scénario D.

Par ailleurs, **la période de référence pour l'évaluation des impacts est le diagnostic réalisé en juillet 2008.** Pour tous les scénarios, les travaux sont supposés achevés en 2010 (date de prise en compte des impacts immédiats).

### 8.2.3 Limites et interprétation des résultats de l'étude

**La présente évaluation socio-économique n'a pas pour objet de chiffrer le coût de chaque projet et les bénéfices économiques qui en seront retirés ; elle a pour objet la comparaison de fourchettes de valeur représentatives de chaque situation.** L'accent doit donc être mis sur la cohérence des calculs d'un scénario à un autre, afin de pouvoir procéder à la comparaison. Cette cohérence est en particulier essentielle dans l'estimation des usages non-marchands et des non-usages (choix de la valeur-guide et de la population concernée).

L'application des valeurs guides proposées pour ce type d'études comporte son lot d'incertitudes et d'approximations (valeurs issues d'études réalisées parfois dans des contextes très spécifiques) ; ces valeurs sont proposées pour réaliser une première étude comparative entre scénarios, l'acquisition de données locales ne s'avérant alors indispensable que si les valeurs relatives obtenues ne permettent pas de départager les scénarios.

Les loisirs locaux qui pourraient se développer aux abords du site (promenade, kayak) ont fait l'objet d'une estimation approximative, en raison de l'inadéquation des valeurs guides existantes (applicables à des tronçons de rivières plus importants). Cette démarche a été appliquée dans le but de conclure si l'impact en question est ou non négligeable par rapport aux autres impacts du scénario étudié. Les fourchettes de valeur présentées pour ces impacts ont volontairement été élargies pour refléter l'incertitude très forte associée aux valeurs proposées.

Par ailleurs, certains impacts des projets étudiés n'ont pas pu être chiffrés, par manque de données. C'est le cas notamment :

- des aspects liés au fonctionnement de la rivière (hydraulique, morphodynamique) qui ne peuvent être chiffrés que si leurs conséquences sur les usages et non-usages s'en trouvent modifiés ;
- des aspects paysagers, dont le chiffrage est très délicat et risque d'engendrer un double-compte avec la plupart des activités récréatives (promenade, pêche, kayak).

## 8.3 Evaluation du scénario A

### 8.3.1 Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer

La description du scénario A et de ses impacts est résumée dans le tableau suivant.

Scénario	<b>Scénario A</b> Poursuite de la politique actuelle de l'Etat d'accompagnement de la dégradation progressive du seuil
Objectif	Maintenir et améliorer à terme la continuité écologique
Description scénario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enlèvement des palplanches pliées et des blocs de béton au niveau des brèches</li> <li>Protection de berges lotissement Bellevue</li> </ul>
Impact hydraulique et morphodynamique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impact hydraulique : A terme identique au scénario B : effacement de la chute et abaissement de la ligne d'eau de 75 cm maximum au niveau de Boé bourg.</li> <li>Impact morphodynamique : A terme identique au scénario B : augmentation des forces tractrices, incision chenal d'étiage sur le bief amont avec un possible recentrement du chenal</li> </ul>
Impact environnemental	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'enlèvement des palplanches pliées est indispensable pour éviter les risques de blessures aux migrateurs,</li> <li>Mais l'obstacle peut rester difficile à franchir en état actuel et pour une durée indéterminée</li> </ul>
Impact sur le paysage	Amélioration de l'impact actuel à l'étiage
Impact sur les usages	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les prélèvements en nappe et en rivière ne sont pas impactés de manière à remettre en cause leur usage</li> <li>Les activités nautiques ayant existé avant 2005 ne peuvent pas reprendre</li> <li>La pêche peut devenir plus intéressante à l'échelle de la Garonne</li> <li>Usage récréatif (promenade) : Accès au site à ne pas favoriser pour des raisons de sécurité.</li> <li>Potentiel hydroélectrique non exploité</li> </ul>

Les externalités à monétariser sont :

- L'impact environnemental (en lien également avec l'impact hydraulique et morphodynamique), qui se traduit par un accroissement de la valeur patrimoniale ;
- l'accroissement de la valeur non-marchande de la pêche.

Aucun aménagement n'étant prévu pour favoriser l'accès au site, les usages récréatifs informels sont considérés comme un bénéfice négligeable et n'ont pas été évalués.

### 8.3.2 Evaluation des coûts et des bénéfices

#### *Valeur patrimoniale – grands migrateurs amphihalins*

Le principal usage non-marchand concerne la répartition des espèces piscicoles emblématiques de la Garonne, en particulier les migrateurs ayant concouru au classement de la rivière en zone Natura 2000 (esturgeon, aloses, lamproies, saumon, etc.).

L'effacement d'un obstacle, qui plus est le premier obstacle depuis l'océan, ouvre le linéaire colonisable par les espèces migratrices et restaure l'accès à des espaces de frai ou de nourrissage jusqu'alors difficilement accessibles. Le linéaire entre l'océan et le barrage de Golfech, à environ 30 km à l'amont du seuil de Beauregard, est à terme complètement dégagé, ainsi que les affluents débouchant sur cette portion de la Garonne.

A cela s'ajoute l'impact cumulatif, concernant les migrateurs, de diminution des retards à la montaison ou de la fatigue engendrée par la succession d'obstacles. La proportion de poissons franchissant le barrage de Golfech est donc susceptible d'être augmentée, induisant une augmentation potentielle de la colonisation par les migrateurs à l'échelle de la masse d'eau.

Il est aussi très probable que l'effacement du seuil engendre l'utilisation par les poissons de nouvelles zones de frai potentielles vers l'amont, au-delà de Golfech. Les affluents débouchant entre Golfech et Beaugard seront également colonisés de façon plus efficace par les populations migratrices.

L'ensemble de ces impacts conduit au maintien de l'espèce à l'échelle de la masse d'eau.

### Hypothèses d'évaluation du bénéfice

#### ➤ Valeur-guide correspondant au bénéfice évalué

On peut distinguer deux types d'impacts à des échelles différentes :

- à l'échelle de la masse d'eau : une meilleure colonisation par les migrateurs, aussi bien dans la Garonne que dans ses affluents ; les zones de frai se développent et sont plus utilisées à l'amont ;
- à une échelle plus vaste : la conservation de l'espèce emblématique « grande alose » dans le sud-ouest de la France.

Aucune valeur guide n'existe pour évaluer ce type de bénéfice dans un contexte semblable. Aussi a-t-il été décidé de construire une fourchette de valeurs « probables » à partir d'une valeur-guide unique et de différentes hypothèses sur l'étendue de l'impact. La valeur-guide choisie est la plus basse, conformément aux conseils formulés par la D4E dans son guide. Elle correspond à l'évaluation du bénéfice issu de « modifications hydromorphologiques et hydrauliques visibles » permettant le « passage d'une pêche aux salmonidés sédentaires par empoissonnement à une pêche sportive aux salmonidés sédentaires sauvages ».

Cette valeur guide est de 5.5 €<sub>2006</sub>/non-usager/an. Il s'agit d'une valeur choisie par défaut, et qui conduira à une estimation basse de la valeur patrimoniale réelle des impacts.

#### ➤ Nombre de non-usagers

Deux scénarios ont été considérés pour la construction de la fourchette de valeurs :

- l'impact est ressenti uniquement à l'échelle du bassin ;
- l'impact est ressenti au-delà du bassin.

Le nombre de non-usagers n'est pas connu ; des ratios types existants, l'un s'applique aux milieux rivulaires de la Garonne : il est de 70% des ménages des communes situées à moins de 15 km de la Garonne<sup>7</sup>. On a donc appliqué ce ratio dans une emprise de 15 km autour de la Garonne et de ses affluents principaux. Au-delà de ces 15 km, 100% des ménages sont comptés comme non-usagers. Ces hypothèses conduisent sans doute à une sur-estimation du nombre de non-usagers, mais aucune autre donnée n'étant disponible, elles ont été conservées. Par ailleurs la valeur unitaire choisie étant sous-estimée, une sur-estimation de la population associée réduit le biais.

La détermination de la zone concernée par la valeur haute s'est basée sur la carte de répartition de la Grande Alose en France, fournie dans le tome 7 des Cahiers d'Habitats Natura 2000, et qui montre sa présence surtout dans les systèmes Loire et Gironde /

<sup>7</sup> Les 30% restant sont des usagers. Par définition, les usagers ne sont pas comptabilisés dans le calcul de la valeur de non-usage, car on considère que la valeur patrimoniale qu'ils accordent à un bien est incluse dans le coût qu'ils sont prêts à payer pour bénéficier de leur usage (pêche, promenade, etc.). On évite ainsi les double-comptes.

Dordogne / Garonne. A partir de cette répartition, une zone a été délimitée en fixant la limite à équidistance des rivières colonisées par la grande alose. Les habitants de la zone en-deçà de cette limite sont géographiquement plus proches du système Garonne et sont donc plus concernés par le maintien de l'espèce à cet endroit. Les personnes résidant au-delà de cette limite disposent d'un bien de substitution plus proche, le système Loire, et sont donc moins concernés.

Dans le cadre du calcul des non-usages, la détermination de la zone n'est pas nécessairement liée à la présence réelle de l'espèce considérée dans une rivière proche. On considère que la valeur patrimoniale peut être perçue par des personnes n'ayant pas un accès direct au bien évalué. A titre d'illustration, une espèce en voie de disparition à l'échelle planétaire comptabilisera des non-usagers bien au-delà de son aire de répartition. C'est pourquoi, dans le cas présent, la zone délimitée en page suivante englobe des rivières desquelles l'aloise est absente.

La carte page suivante résume les hypothèses qui ont été faites. On aboutit à un nombre de non-usagers compris entre 600 000 et 2 800 000.

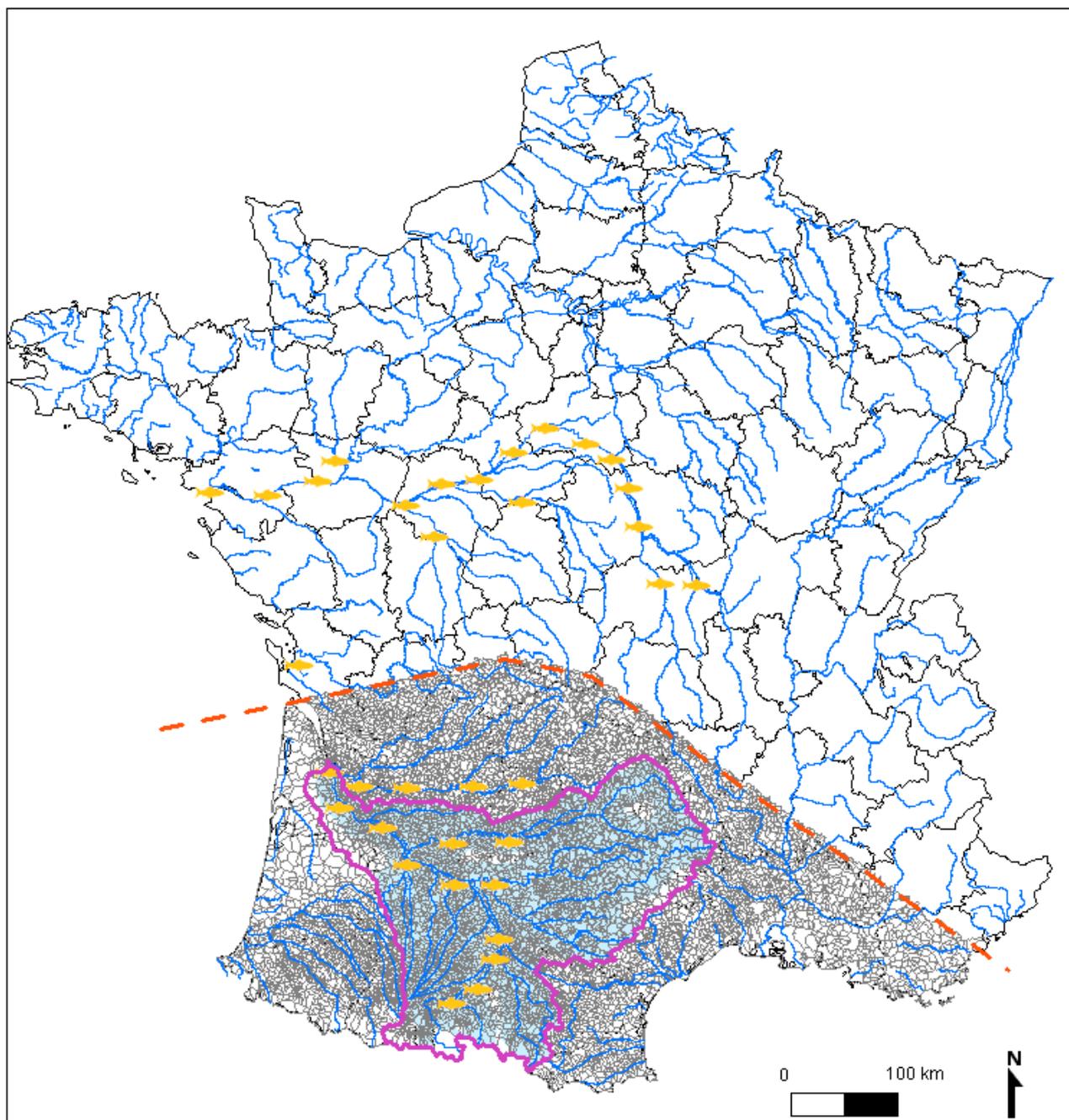
#### ➤ Période d'évaluation

Dans le cadre du scénario A, la dégradation du seuil se fait naturellement et donc progressivement, les opérations d'accompagnement consistant à évacuer les éléments dangereux ou qui ne se dégradent pas naturellement.

On considère que l'effacement total du seuil sera atteint en 20 à 30 ans. L'impact positif sera cependant sensible bien avant, la diminution de la chute étant progressive et induisant une facilité de franchissement croissante au fil du temps. On considère que la colonisation à l'amont par les espèces de migrateurs sera sensible au bout de 10 à 15 ans à compter de la fin des travaux d'enlèvement des éléments dangereux (pour plafonner lorsque le seuil sera totalement effacé). On comptabilise donc un impact positif à partir de 2020.

#### Bénéfice annuel

On aboutit à une fourchette comprise entre environ 3 300 000 et 15 300 000 €/an à partir de 2020.



-  Présence de la Grande Alose en France  
(d'après KEITH P. & J. ALLARDI, © MNHN/SPN, 2001)
-  Cours d'eau principaux  
BD CarThAgE ©
-  Région hydrographique "Garonne" (zone d'influence minimale du projet sur la valeur patrimoniale)  
BD CarThAgE ©
-  Zone sans bien de substitution pour l'alose en-dehors du système Garonne-Gironde-Dordogne  
(zone d'influence maximale du projet sur la valeur patrimoniale)  
**→ 3 024 054 ménages**
-  Communes situées à moins de 15 km de la Garonne ou de l'un de ses affluents principaux  
**→ 826 873 ménages,**  
dont 70% (578 811) sont non-usagers  
 et 30% (248 062) sont usagers

Figure 37 : Hypothèses d'estimation de la population de non-usagers

### *Pêche*

L'analyse des impacts du scénario prévoit un effet positif de l'effacement du seuil, en lien avec deux types d'impacts sur les populations migratrices :

- La disparition du seuil agrandit le linéaire dépourvu d'obstacles depuis l'embouchure, permettant la colonisation sans entrave de cours d'eau ou portions de cours d'eau jusqu'ici difficilement accessibles ;
- à l'échelle de la Garonne, l'effacement du seuil diminuera à terme les effets cumulatifs de retard et de fatigue lors de la montaison, permettant une meilleure colonisation par les migrateurs à l'échelle de tout le bassin.

Il y a donc un accroissement de la valeur non-marchande de la pêche grâce à l'amélioration de l'accueil des populations migratrices.

Cet impact pourrait se traduire par l'augmentation de la fréquentation mais aussi du nombre de pêcheurs.

#### Hypothèses d'évaluation du bénéfice

##### ➤ Valeur-guide correspondant au bénéfice évalué

Une étude menée sur l'Indre et l'Hérault aboutit à une valeur de 7.9 €<sub>2006</sub>/pêcheur et par an pour le bénéfice suivant : « les poissons sauvages (brochets, truites) peuvent vivre et se reproduire dans le milieu aquatique alors qu'initialement ils sont absents ou peu présents ». Cette valeur ne correspond pas exactement au bénéfice évalué, car la valeur guide est obtenue sur des rivières et des espèces moins emblématiques que celles en jeu dans le cas du devenir du seuil de Beauregard.

La valeur guide utilisée est sans doute sous-estimée, mais elle a néanmoins été conservée comme la plus adaptée parmi les valeurs guides existantes.

##### ➤ Nombre de pêcheurs

En l'absence de données locales, le nombre de pêcheurs a été estimé à partir d'un ratio-type de 8 % des ménages des communes concernées.

L'analyse porte sur les cours d'eau susceptibles d'être fréquentés par des migrateurs, soit tous les cours d'eau à l'exception du Lot à l'amont du barrage du Temple, de l'Aveyron à l'amont de Rodez, et du Tarn à l'amont d'Albi, qui ne figurent pas dans les programmes de restauration des poissons migrateurs.

Deux hypothèses ont été évaluées :

- dans la première, l'impact sur la pêche est surtout sensible sur la portion de cours d'eau réouverte à la circulation des migrateurs : il s'agit donc des communes traversées par la Garonne ou l'un de ses affluents entre l'embouchure et le barrage de Golfech ;
- dans la seconde hypothèse, les effets de diminution des retards et de la fatigue sur les migrations sont suffisamment sensibles pour que le bénéfice lié à la pêche soit sensible sur tous les cours d'eau du bassin susceptibles d'être fréquentés par les migrateurs.

On aboutit à une estimation du nombre de pêcheurs concernés comprise entre 21 200 et 54 300.

La carte suivante illustre les deux hypothèses : la fourchette basse est illustrée par les communes bleutées, la fourchette haute apparaît en grisé.

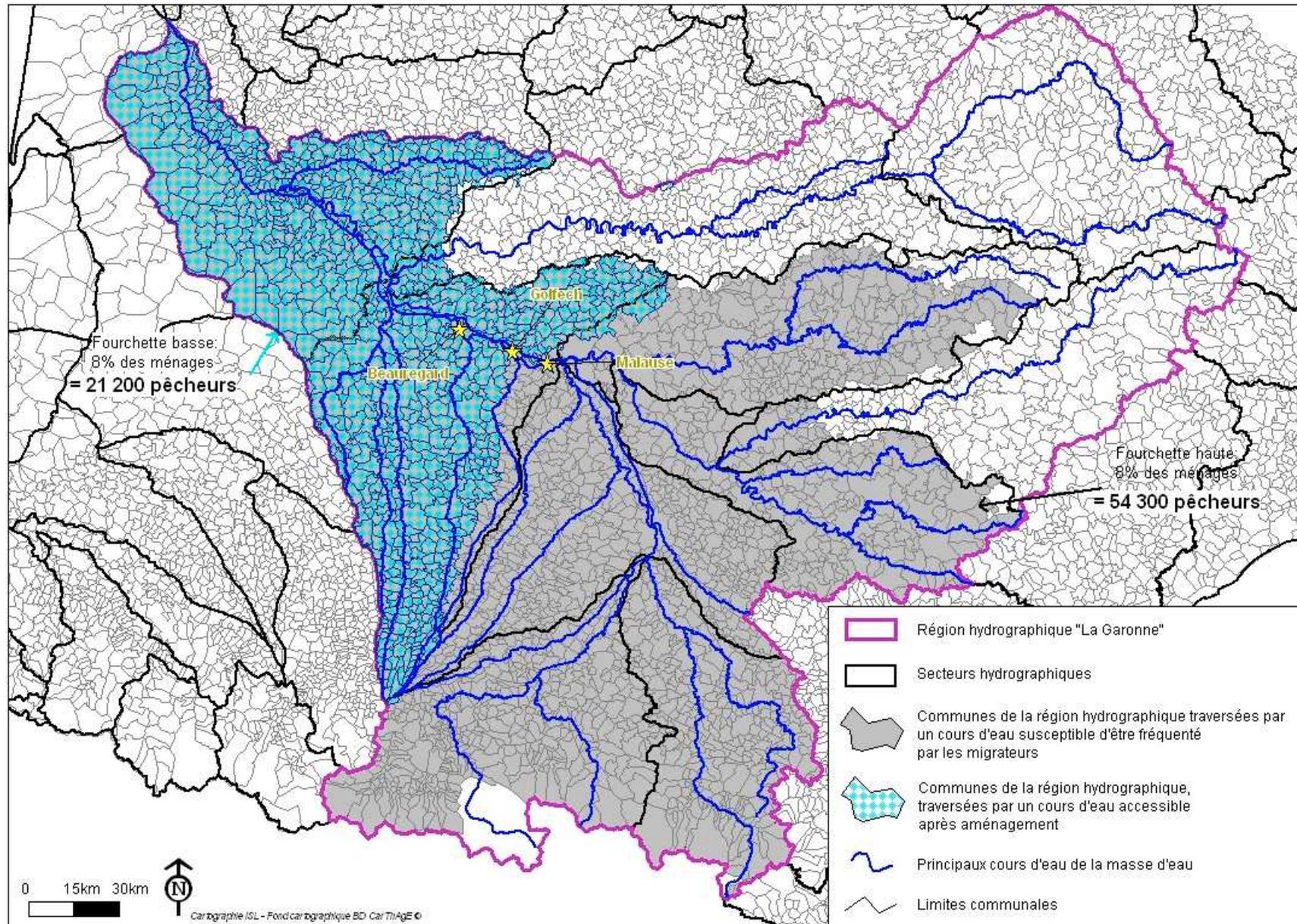


Figure 38 : hypothèses concernant le nombre de pêcheurs concernés dans le cas du scénario A



➤ Période d'évaluation

Dans le cadre du scénario A, la dégradation du seuil se fait naturellement et donc progressivement, les opérations d'accompagnement consistant à évacuer les éléments dangereux ou ne se dégradant pas naturellement.

On considère que l'effacement total du seuil sera atteint en 20 à 30 ans. L'impact positif sera cependant sensible bien avant, la diminution de la chute étant progressive et induisant une facilité de franchissement croissante au fil du temps. On considère que la colonisation à l'amont par les espèces de migrateurs sera sensible au bout de 10 à 15 ans à compter de la fin des travaux d'enlèvement des éléments dangereux (pour plafonner lorsque le seuil sera totalement effacé). On comptabilise donc un impact positif à partir de 2020.

Bénéfice annuel

On aboutit à un bénéfice annuel compris entre environ 167 500 et 430 000 €/an à partir de 2020.

### 8.3.3 Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario A

Les coûts d'investissement, d'entretien et de fonctionnement ont été évalués dans les études de faisabilité des scénarios. Les hypothèses d'évaluation des coûts et bénéfices sont résumées dans les tableaux suivants.

#### *Bénéfices*

Bénéfice	Critique valeur	Valeur-guide	Population	Total annuel		Total actualisé sur 55 ans	
				fourchette basse (€/an)	fourchette haute (€/an)	fourchette basse (€)	fourchette haute (€)
Pêche	probable	7,9 €/2006 /pêcheur/an	fourchette basse: 21 200 fourchette haute: 54 300	167 500	430 000	2 660 000	6 800 000
Non-usages	incertaine	5,5 €/2006 / non-usager/an	fourchette basse: 600 000 fourchette haute: 2 800 000	3 300 000	15 300 000	52 300 000	243 000 000
<b>TOTAL BENEFICES</b>						<b>54 960 000</b>	<b>249 800 000</b>

Tableau 25 : synthèse des bénéfices actualisés du scénario A

La valeur patrimoniale représente le bénéfice le plus important (95 à 97 % du total), mais c'est également l'estimation soumise à la plus forte incertitude, la valeur unitaire utilisée étant incertaine et l'amplitude très variable en fonction de l'hypothèse choisie. L'analyse des bilans globaux doit se faire en deux temps : avec valeur patrimoniale et sans, afin de tenir compte de la fragilité de cette estimation.

Au total, le bénéfice moyen actualisé est estimé à 152 M€ avec la valeur patrimoniale.

**Coûts**

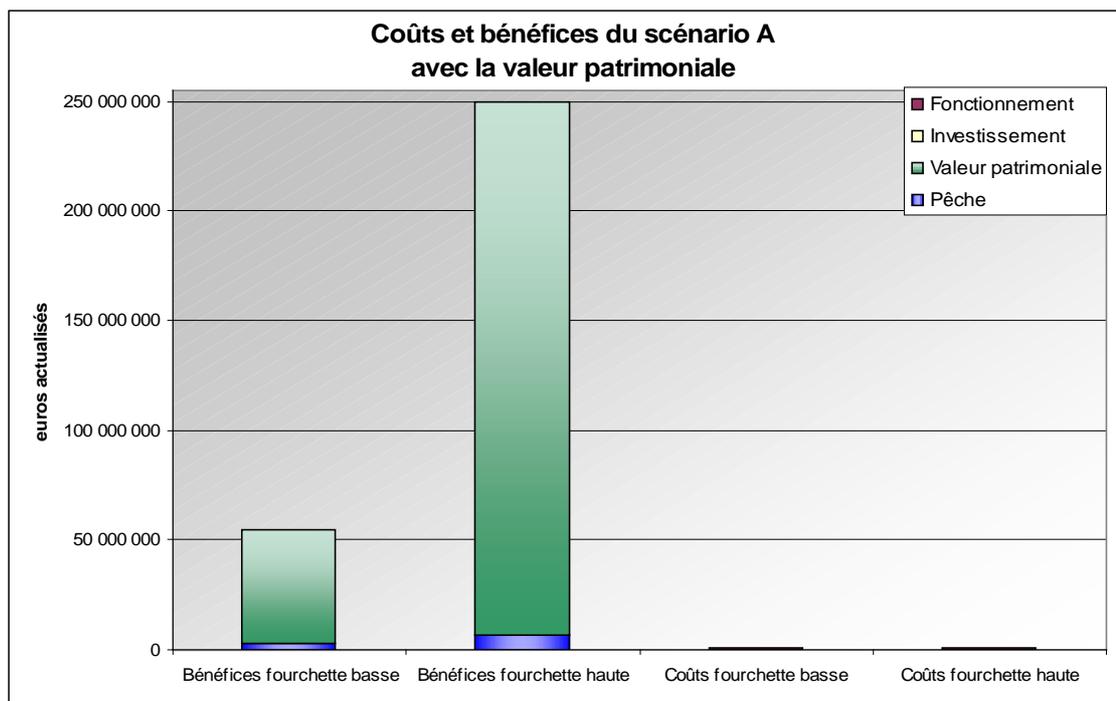
Coût	Montant	Durée de vie	Année mise en œuvre	Total actualisé sur 55 ans	
				fourchette basse (€)	fourchette haute (€)
Investissement	253 000	illimitée	2010	253 000	253 000
Accompagnement à la dégradation	70 000	15	2025	126 000	126 000
Suivi bathymétrique	5 000	5	2010	68 000	68 000
Enlèvement des embâcles	1 000	2	2012	28 000	28 000
<b>TOTAL COUTS</b>				<b>474 000</b>	<b>474 000</b>

Tableau 26 : synthèse des coûts actualisés du scénario A

Le poste de coûts le plus important est l'investissement initial. Les postes inclus dans le fonctionnement de l'aménagement (accompagnement, suivi, enlèvement des embâcles) représentent environ 30 % du coût global sur la période étudiée.

**Analyse coûts/bénéfices**

Malgré une incertitude importante sur le calcul des bénéfices en fonction de l'hypothèse envisagée, les bénéfices issus du scénario A se révèlent nettement supérieurs aux coûts sur la période d'étude.



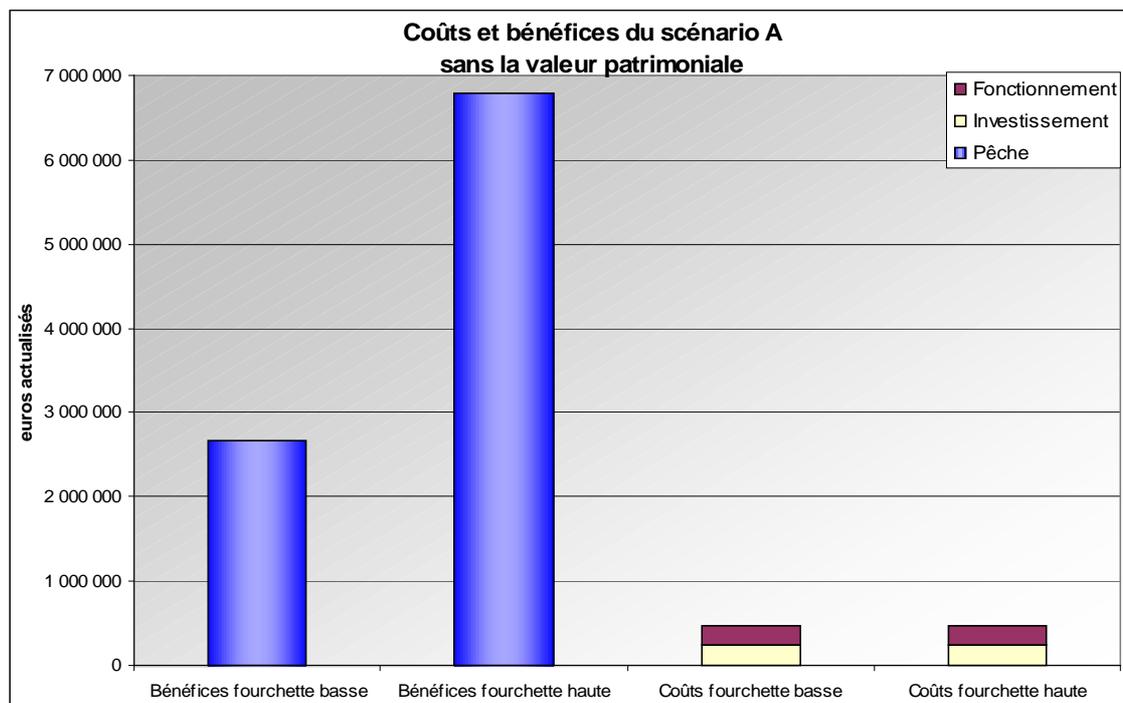


Figure 39 : comparaison des fourchettes de coûts et bénéfices du scénario A avec et sans valeur patrimoniale

Même en ne considérant pas les bénéfices de la valeur patrimoniale, soumise aux plus fortes incertitudes et dont le calcul est basé sur une valeur incertaine, les bénéfices restent près de 10 fois supérieurs aux coûts.

Le bilan global moyen est estimé à **151.9 M € avec la valeur patrimoniale**, et à **4.2 M€ sans la valeur patrimoniale**.

## 8.4 Evaluation du scénario B

### 8.4.1 Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer

La description du scénario B et de ses impacts est résumée dans le tableau suivant.

Scénario	<b>Scénario B</b> Araser l'ouvrage en conservant le seuil marneux naturel à la cote 35,4 m NGF
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scénario B1 : en rétablissant la dynamique fluviale,</li> <li>• Scénario B2 : avec enrochements de protection en aval</li> </ul>
Description scénario	Améliorer la continuité écologique et maîtriser l'enjeu paysager
Impact hydraulique et morphodynamique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scénario B1 : démolition et évacuation du génie civil et des enrochements,</li> <li>• Scénario B2 : démolition et évacuation du génie civil, remaniement et pose d'enrochements de stabilisation du seuil marneux naturel</li> <li>• Protection de berges lotissement Bellevue</li> <li>• Aménagement d'un itinéraire de promenade en rive gauche</li> </ul>
Impact hydraulique et morphodynamique	<p>Impact hydraulique : abaissement de la ligne d'eau de 65 à 75 cm maximum au niveau de Boé bourg. Pour les scénarios B1 et B2, la chute rémanente à l'étiage est de 50 à 70 cm.</p> <p>Impact morphodynamique : augmentation de la capacité de transport solide à l'amont du seuil et, pour le scénario B1 incision du lit d'étiage (chenalisation) par remontée du front d'incision (érosion régressive).</p>
Impact environnemental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'impact dans l'ancienne retenue du barrage est peu important (absence de frayères),</li> <li>• Le scénario B2 est plus favorable à la libre circulation des poissons que le scénario B1: la chute résiduelle est aménagée alors qu'elle n'est pas contrôlée dans le cadre du scénario B1</li> </ul>
Impact sur le paysage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suppression de l'impact négatif actuel à l'étiage</li> <li>• Valorisation paysagère et itinéraire de promenade</li> <li>• Scénario B2 : conservation d'un seuil à l'étiage marquant la mémoire de l'ouvrage</li> </ul>
Impact sur les usages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les prélèvements en nappe et en rivière ne sont pas impactés de manière à remettre en cause leur usage</li> <li>• Les activités nautiques ayant existé avant 2005 ne peuvent pas reprendre</li> <li>• La pêche peut devenir plus intéressante à l'échelle de la Garonne</li> <li>• Usage récréatif : la promenade est favorisée par la création d'un sentier en rive gauche</li> <li>• Potentiel hydroélectrique non exploité</li> </ul>

Les externalités à monétariser sont :

- L'impact environnemental (en lien également avec l'impact hydraulique et morphodynamique), qui se traduit par un accroissement de la valeur patrimoniale ;
- l'accroissement de la valeur non-marchande de la pêche ;
- l'accroissement de la valeur non-marchande des usages récréatifs informels (promenade).

## 8.4.2 Evaluation des coûts et des bénéfices

### *Valeur patrimoniale – grands migrateurs amphihalins*

Comme pour le scénario A, l'impact patrimonial se réfère à l'augmentation de la capacité d'accueil pour des migrateurs emblématiques ayant concouru au classement de la rivière au réseau européen Natura 2000 (impacts directs au niveau du linéaire ouvert et indirect à l'échelle de tout le bassin, par diminution des retards et fatigue). A terme, des espaces de reproduction se développent et assurent le maintien de ces espèces, en particulier la grande alose, dans le bassin.

Selon l'option choisie, l'ouverture du cours d'eau aux migrateurs, et en particulier à l'alse qui possède des capacités de saut réduites, sera plus ou moins complète. Le scénario B2 comporte l'aménagement de la chute résiduelle tandis que le scénario B1 ne la contrôle pas. L'impact du scénario B2 est donc probablement plus favorable au regard du franchissement piscicole.

#### Hypothèses d'évaluation du bénéfice

##### ➤ Valeur-guide correspondant au bénéfice évalué

Les mêmes hypothèses que pour le scénario A sont posées ; la valeur-guide choisie est la plus faible existante : 5.5 €<sub>2006</sub>/non-usager/an.

##### ➤ Nombre de non-usagers

Les mêmes hypothèses que pour le scénario A sont formulées. On considère ici que le scénario B1 correspond à la fourchette basse (la chute résiduelle peut être franchie mais a tout de même un effet de retard et fatigue) et le scénario B2 à la fourchette haute.

La population non-usagère du site pour l'hypothèse basse (scénario B1) est estimée à 600 000 non-usagers.

Pour l'hypothèse haute (scénario B2), la population concernée est de 2 800 000 non-usagers.

##### ➤ Période d'évaluation

L'impact dans le cas du scénario B est sensible à court / moyen terme, et sera progressivement ressenti dès les premières années après la fin des travaux d'arasement. En effet, le déplacement de la zone de pêche vers l'amont du seuil suite à la formation de la brèche en 2005 suggère que les populations piscicoles coloniseront rapidement le linéaire ouvert. Le bénéfice est donc comptabilisé à partir de 2015, 5 ans après la fin des travaux.

#### Bénéfice annuel

On aboutit à une fourchette comprise entre 3 300 000 et 15 300 000 €/an à partir de 2015.

### *Pêche*

Les impacts des scénarios B1 et B2 sont les mêmes que ceux du scénario A, mais ils sont sensibles beaucoup plus rapidement ; ils sont comptabilisés à partir de 2012.

Comme pour les non-usages, on considère que le scénario B1 correspond à l'hypothèse basse et le scénario B2 à l'hypothèse haute.

#### Hypothèses d'évaluation du bénéfice

##### ➤ Valeur-guide correspondant au bénéfice évalué

La valeur guide utilisée est de 7.9 €<sub>2006</sub>/pêcheur, comme pour le scénario A ; elle est sans doute sous-estimée, mais elle a néanmoins été conservée comme la plus adaptée parmi les valeurs guides existantes.

##### ➤ Nombre de pêcheurs

Les mêmes hypothèses que pour le scénario A sont formulées :

- Hypothèse basse (scénario B1) : environ 21 200 pêcheurs ;
- Hypothèse haute (scénario B2) : 54 300 pêcheurs.

##### ➤ Période d'évaluation

L'impact dans le cas du scénario B est sensible à court terme, et sera probablement ressenti dès les premières années après la fin des travaux d'arasement. En effet, le déplacement de la zone de pêche vers l'amont du seuil suite à la formation de la brèche en 2005 suggère que les populations piscicoles coloniseront rapidement le linéaire ouvert. Le bénéfice est donc comptabilisé à partir de 2012.

#### Bénéfice annuel

On aboutit à un bénéfice annuel compris entre environ 167 500 et 430 000 €/an à partir de 2012.

### *Usages récréatifs informels (promenade, etc.)*

Les scénarios B1 et B2 planifient des aménagements favorisant le développement de la promenade, rendant l'impact plus important que sans aménagement du sentier bien que toujours d'amplitude locale (il est peu probable que le site attire des personnes éloignées de l'agglomération d'Agen).

Bien que ce lieu de promenade, rare en zone urbanisée, soit susceptible d'attirer des promeneurs, son rayon d'attrait sera essentiellement local et ne peut être évalué sur l'ensemble de la population du bassin ; or les ratios existants s'appliquent à la population du bassin. Une estimation plus proche de la réalité a donc été recherchée.

- Fourchette haute : le rayon d'attrait de la promenade concerne toute la Communauté d'Agglomération d'Agen (CCA), qui regroupe les communes de Agen, Boé, Bon-Encontre, Colayrac Saint-Cirq, Foulayronnes, Layrac et le Passage (cf. carte ci-dessous). La population est estimée à 64 400 personnes. Afin d'éviter les double-comptes avec les

autres catégories (pêcheurs, non-usagers, kayakistes) on applique à cette population un ratio de 20%<sup>8</sup>, ce qui aboutit à une fourchette haute d'environ 13 000.

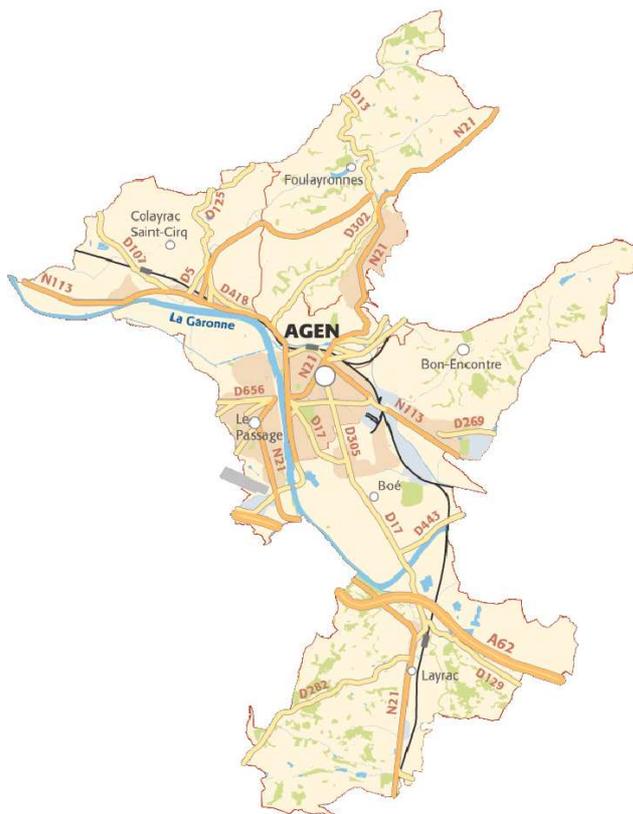


Figure 40 : Territoire de la CAA

- Fourchette basse : on considère que seules les habitants des communes riveraines du seuil seront concernées ; la population est alors de 47 200 (Agen, Boé et le Passage). Ici aussi on applique un ratio de 20 %, soit 9 500 personnes.

### Bénéfice

Le bénéfice issu de l'aménagement d'un sentier de promenade peut être qualifié de fort à une échelle locale ; les valeurs guides existantes ne permettent pas une monétarisation cohérente de cet impact.

En effet les valeurs-guides disponibles sont définies dans des contextes plus vastes que l'étude actuelle : portion de cours d'eau, bassin versant... Elles ne sont pas applicables à un impact ponctuel tel que celui du sentier envisagé dans le scénario B et situé en milieu urbain. L'aspect localisé de l'impact et son contexte particulier rendent sa monétarisation hasardeuse, mais l'on peut tout de même estimer qu'il sera de faible importance par rapport aux autres impacts étudiés.

Dans un but de comparaison entre les différents scénarios, une estimation a néanmoins été proposée, à partir de la valeur unitaire la plus faible existante (6.6 €/promeneur/an).

<sup>8</sup> la seule donnée bibliographique disponible compte un ratio de 30% d'usagers dans les communes situées à moins de 15 km de la Garonne, pour une étude relative aux milieux rivulaires. Les usages sont essentiellement répartis entre la pêche, les sports nautiques et la promenade ; le ratio de 20% appliqué ici semble donc raisonnable. Cf. Amigues, Jean-Pierre et Desaignes, Brigitte, « L'évaluation d'une politique de protection de la biodiversité des forêts riveraines de la Garonne », GIP Hydrosystèmes, 1998

Le bénéfice annuel est estimé entre 62 700 et 85 800 €/an.

Ce calcul aboutit vraisemblablement à une sur-estimation de l'impact réel de la création d'un sentier de promenade à cet endroit. Cependant, en l'absence d'autre valeur-guide, il n'a pas été possible d'affiner le calcul. On peut considérer que la fourchette basse est comprise entre 0 et 62 700 €/an et la fourchette haute entre 62 700 et 85 800 €/an.

### 8.4.3 Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario B

#### Bénéfices

Bénéfice	Critique valeur	Valeur-guide	Population	Total annuel (€/an)		Total actualisé sur 55 ans (€)	
				fourchette basse	fourchette haute	fourchette basse	fourchette haute
Pêche	probable	7,9 €/2006 /pêcheur/an	fourchette basse: 21 200  fourchette haute: 54 300	167 500	430 000	3 700 000	9 600 000
Non-usages	incertaine	5,5 €/2006 / non-usager/an	fourchette basse: 600 000  fourchette haute: 2 800 000	3 300 000	15 300 000	73 700 000	340 000 000
Usages récréatifs informels	incertaine	6,6 €/2006 / promeneur/an	fourchette basse: 9 500  fourchette haute: 13 000	62 700	85 800	1 400 000	1 900 000
<b>TOTAL BENEFICES</b>						<b>78 800 000</b>	<b>351 500 000</b>

Tableau 27 : synthèse des bénéfices actualisés du scénario B

La promenade représente un bénéfice marginal au regard des autres bénéfices non-marchands.

Remarque : les impacts du scénario B sont ressentis à plus court terme que ceux du scénario A, c'est pourquoi la valeur actualisée pour la pêche et la valeur patrimoniale est supérieure.

Au total, le bénéfice actualisé moyen est évalué à plus de 215 M€.

## Coûts

Coût	Montant (€)	Durée de vie	Année mise en œuvre	Total actualisé sur 55 ans (€)	
				fourchette basse (B1)	fourchette haute (B2)
Investissement	635 000 à 748 000	illimitée	2010	635 000	748 000
Entretien chemin piéton	1 000	1	2011	60 000	60 000
Suivi bathymétrique	5 000	5	2010	68 000	68 000
<b>TOTAL COÛTS</b>				<b>763 000</b>	<b>876 000</b>

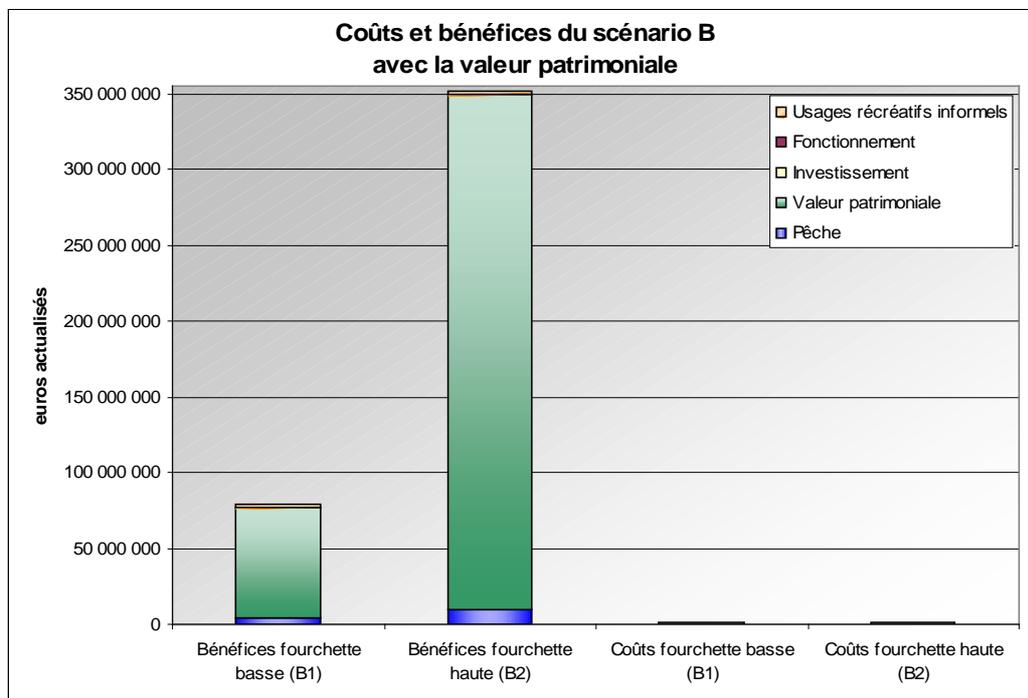
Tableau 28 : synthèse des coûts actualisés du scénario B

L'investissement initial, poste le plus important, représente 92 à 93 % du coût global sur la période d'étude.

## Analyse coût/bénéfice

Hors valeur patrimoniale, les bénéfices restent nettement supérieurs aux coûts de ces scénarios. Par ailleurs, même hors valeur patrimoniale, le scénario B2 représente un gain plus de deux fois supérieur à celui du scénario B1. En réalité, le calcul de l'impact sur les non-usages du scénario B1 est probablement sous-estimé (l'effet de retard et de fatigue sera amoindri, même si la chute résiduelle à l'étiage n'est pas aménagée) tandis que celui du scénario B2 est probablement sur-estimé. C'est pourquoi les deux scénarios sont présentés au sein d'une même fourchette.

En comptant la valeur patrimoniale, les coûts deviennent très marginaux par rapport aux bénéfices. Le bilan global moyen actualisé pour le scénario B est de **214.3 M€** en comptant la valeur patrimoniale, et de **7.5 M€** sans cette valeur.



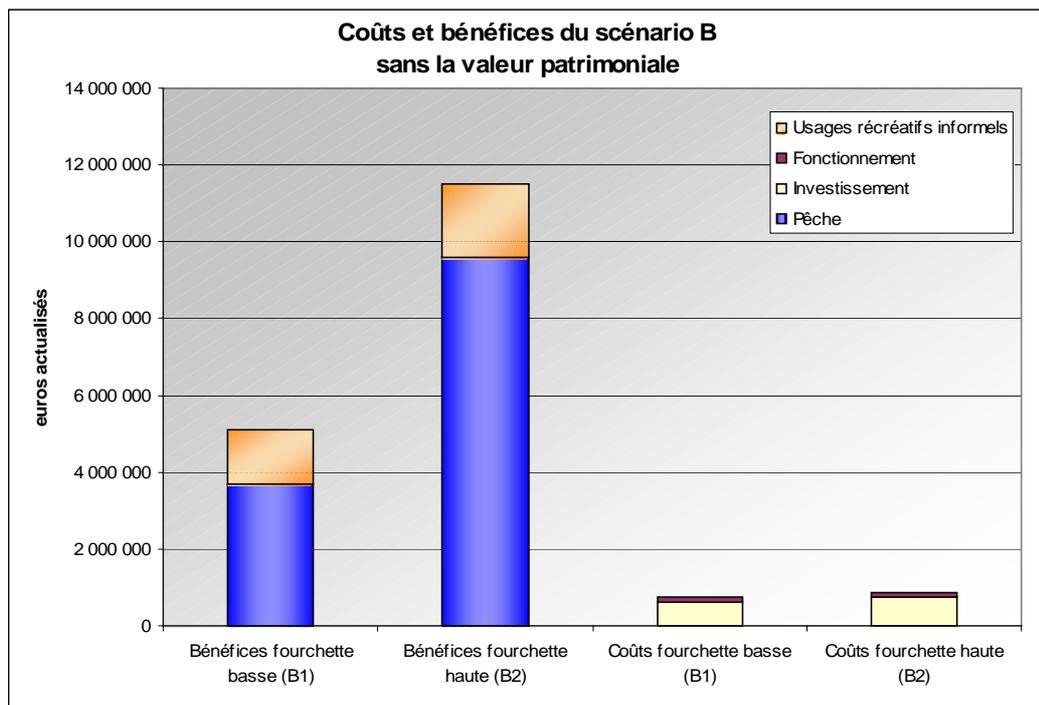


Figure 41 : comparaison des fourchettes de coûts et bénéfices des scénarios B1 et B2 avec et sans valeur patrimoniale

## 8.5 Evaluation du scénario C

### 8.5.1 Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer

La description du scénario C et de ses impacts est résumée dans le tableau suivant.

Scénario	<b>Scénario C</b>
Objectif	Reconstruire le seuil dans sa configuration avant formation des brèches (passe profonde à 36,9 m NGF et passes déversantes à 38,3 m NGF) Restaurer les usages et loisirs liés au plan d'eau et mise en valeur paysagère
Description scénario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconstruction du seuil sur ses parties fortement dégradées dans sa géométrie d'origine en béton coulé entre des rideaux de palplanches amont et aval servant de batardeaux pendant les travaux et de parafouille à l'ouvrage fini.</li> <li>Etanchement et confortement des parties peu dégradées par réalisation d'un voile en béton entre les palplanches amont et le génie civil existant</li> <li>Remaniement et pose d'enrochements en aval</li> <li>Réalisation d'une passe à poissons en rive droite</li> <li>Aménagement d'un itinéraire de promenade en rive gauche</li> </ul>
Impact hydraulique et morphodynamique	Impact hydraulique maximal : élévation de la ligne d'eau d'environ 2,3 m au niveau du seuil, et de 1,7 m au niveau de Boé bourg. La chute au niveau du seuil atteint 2,7 m à l'étiage et 2 m pour le débit médian (contre 1,4 m en état actuel). Impact morphodynamique : réduction de la capacité de transport solide à l'amont du seuil mais la présence de la passe profonde permet d'assurer une continuité sédimentaire à terme (après une phase de dépôt sédimentaire en amont de l'ancienne brèche principale)
Impact environnemental	L'augmentation de la chute rend le franchissement piscicole du seuil problématique, aucun dispositif de franchissement n'étant totalement efficace. La diminution de la capacité de transport solide sur le bief amont peut conduire, au moins de manière transitoire, à un déficit d'apport sédimentaire sur les frayères d'Agen
Impact sur le paysage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suppression de l'impact négatif actuel à l'étiage</li> <li>Valorisation paysagère et itinéraire de promenade</li> <li>Conservation de la chute d'eau et de l'ouvrage historique</li> </ul>
Impact sur les usages	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les prélèvements en nappe et en rivière ne sont pas impactés de manière à remettre en cause leur usage</li> <li>Les activités nautiques ayant existé avant 2005 peuvent reprendre</li> <li>La pêche peut devenir moins intéressante à l'échelle de la Garonne</li> <li>Usage récréatif : la promenade est favorisée par création d'un sentier en rive gauche</li> <li>Potentiel hydroélectrique non exploité</li> </ul>

Les externalités à monétariser sont :

- L'impact environnemental (en lien également avec l'impact hydraulique et morphodynamique), qui se traduit par une perte de la valeur patrimoniale ;
- La diminution de la valeur non-marchande de la pêche ;
- l'accroissement de la valeur non-marchande des usages récréatifs formels (activités nautiques) et informels (promenade).

L'impact paysager ne peut être estimé financièrement car il existe un risque important de double-compte avec les autres usages liés au site.

### *Remarque sur l'évaluation des coûts marchands*

Les bénéfiques marchands ne sont pas comptabilisés dans la présente évaluation. Ainsi, l'augmentation du chiffre d'affaire des sociétés nautiques en lien avec l'augmentation de la fréquentation du site suite à son aménagement n'est pas comptabilisée. Il s'agit en effet d'un transfert d'activité, les pratiquants venant sur le nouveau site délaissent un autre site, ce qui annule le bénéfice marchand à l'échelle de la société.

En revanche, la préférence pour le nouveau site peut être évaluée par le calcul d'un bénéfice non-marchand en lien avec ces activités.

## 8.5.2 Evaluation des coûts et des bénéfices

### *Coût patrimonial – grands migrateurs amphihalins*

Les impacts attendus en cas de reconstruction du seuil sont de deux types et se situent à deux échelles différentes :

- un accroissement des difficultés à coloniser l'amont de la masse d'eau : le déficit de colonisation est plus fort à l'amont de Golfech qu'entre Beauregard et Golfech;
- à terme, un risque de disparition d'espèces migratrices emblématiques, en particulier la « grande alose » en raison d'une plus grande difficulté pour utiliser les zones de frai situées au-delà du seuil de Beauregard, laissant seules disponibles les frayères aval.

En effet, malgré l'installation d'ouvrages de franchissement, le seuil constituera un obstacle. Les passes à poissons n'ont pas une efficacité de 100%, et pour les poissons qui les empruntent, elles ont malgré tout un effet négatif pour la suite de leur migration (retard, fatigue).

Par ailleurs, il est impossible de quantifier les effets du seuil de Beauregard seul sur la migration. La deuxième hypothèse d'évaluation de l'impact, qui concerne le risque de disparition d'espèces emblématiques, est basée sur le postulat qu'à l'heure actuelle, ces espèces sont en danger, et que toute aggravation de la situation augmente le risque de disparition.

#### Hypothèses d'évaluation du coût

En l'absence de valeurs guides plus appropriées, ce qui avait été compté comme *bénéfice* patrimonial dans les scénarios A et B est compté comme *coût* patrimonial pour ce scénario. On utilise la même valeur guide de 5.5 €/non-usager/an.

Nota : si la valeur utilisée est reconnue sous-estimée pour les scénarios A et B, ce biais est légèrement corrigé dans le cas du scénario C, où la sous-estimation permet de tenir compte de la compensation partielle induite par la construction d'une passe à poissons.

En revanche, selon l'hypothèse envisagée, l'impact ne sera pas sensible au même moment.

A l'échelle du bassin (fourchette basse) les difficultés de colonisation de la partie amont par les espèces migratrices emblématiques sont ressenties très rapidement (à partir de 2012) pour les non-usagers.

Au-delà du bassin de la Garonne, l'impact de la disparition potentielle d'une espèce emblématique est sensible à plus long terme, soit à partir de 2020 (10 ans après la mise en œuvre des travaux).

Le coût total est donc évalué comme suit :

- fourchette basse : coût uniquement pour les non-usagers du bassin, comptabilisé à partir de 2012 ;
- fourchette haute : somme du coût pour les non-usagers du bassin, comptabilisé à partir de 2012, et du coût pour les non-usagers hors bassin, comptabilisé à partir de 2020.

Non-usagers total zone d'influence	2 800 000	= nombre de ménages de la zone d'influence – le nombre d'usagers du bassin
Non-usagers de la masse d'eau	600 000	=70% des ménages à moins de 15 km de la Garonne ou affluent + 100% des ménages du bassin au-delà de 15km
Non-usagers de la zone d'influence et hors masse d'eau	2 200 000	= nombre de ménages non-usagers de la zone d'influence – le nombre de non-usagers du bassin

#### Coût annuel

On aboutit à un coût annuel compris entre environ 3 300 000 à 15 300 000 €/an.

#### *Pêche*

L'impact découle des difficultés de franchissement de l'ouvrage, malgré la passe à poissons. A l'échelle du bassin, la reconstruction de l'ouvrage pourrait fortement affecter les populations d'alose, dont les stocks ont déjà fortement diminué suite aux mauvaises conditions des dernières années.

L'impact est donc une disparition progressive, partielle à totale selon les hypothèses, d'espèces emblématiques à l'échelle du bassin.

#### Hypothèses d'évaluation du coût

##### ➤ Valeur-guide correspondant au coût évalué

La valeur guide utilisée pour les scénarios A et B semble adéquate pour évaluer cet impact également, avec les mêmes réserves que précédemment : elle conduira certainement à une sous-estimation du fait de la valeur supérieure des espèces piscicoles de la Garonne à celles traitées dans l'étude de référence (brochets, truites).

On conserve donc la valeur de 7.9 €<sub>2006</sub>/pêcheur/an.

##### ➤ Population de pêcheurs concernés

L'analyse porte sur les cours d'eau susceptibles d'être fréquentés par des migrateurs, soit tous les cours d'eau à l'exception du Lot à l'amont du barrage du Temple, de l'Aveyron à l'amont de Rodez, et du Tarn à l'amont d'Albi, qui ne figurent pas dans les programmes de restauration des poissons migrateurs.

Deux hypothèses sont considérées :

- Hypothèse basse : le seuil de Beauregard n'a d'effet que sur la partie amont du bassin, où la diminution de fréquentation par les espèces migratrices diminue la valeur non-marchande de la pêche. Dans ce cas, la population de pêcheurs correspond à 8 % des ménages des communes du bassin à l'amont hydraulique du seuil de Beauregard, soit environ 36 300 pêcheurs;
- Hypothèse haute : la réfection du seuil entraîne une baisse de la valeur non-marchande de la pêche à l'échelle de tous les cours d'eau du bassin susceptibles d'être fréquentés par les migrateurs, du fait d'une disparition progressive de ces derniers. Dans ce cas la population de référence correspond à 8 % des ménages des communes concernées, soit environ 54 300 pêcheurs.

REMARQUE : l'estimation des populations en hypothèse basse ou haute diffère de celle effectuée pour calculer les bénéfices liés aux scénarios A et B.

En effet, dans le cas du bénéfice lié à l'effacement du seuil, on calcule deux hypothèses d'accessibilité des cours d'eau aux poissons suite à l'effacement du seuil ; l'accessibilité des cours amont accroît l'intérêt pour la pêche sur ces mêmes zones.

Dans le cas présent, il s'agit d'estimer au contraire la fermeture du réseau hydrographique aux migrateurs, consécutive à la reconstruction du seuil et susceptible d'entraîner la disparition des espèces emblématiques (et donc, une diminution de l'intérêt pour la pêche).

La « fermeture » en cas de reconstruction est sensible dès le seuil de Beauregard qui bloque l'accès aux affluents amont, tandis que l'« ouverture » du même seuil garantit un accès aux affluents amont, au moins jusqu'au barrage suivant à Golfech.

La carte page suivante illustre les hypothèses effectuées ; l'hypothèse basse apparaît en bleuté et l'hypothèse haute en grisé.

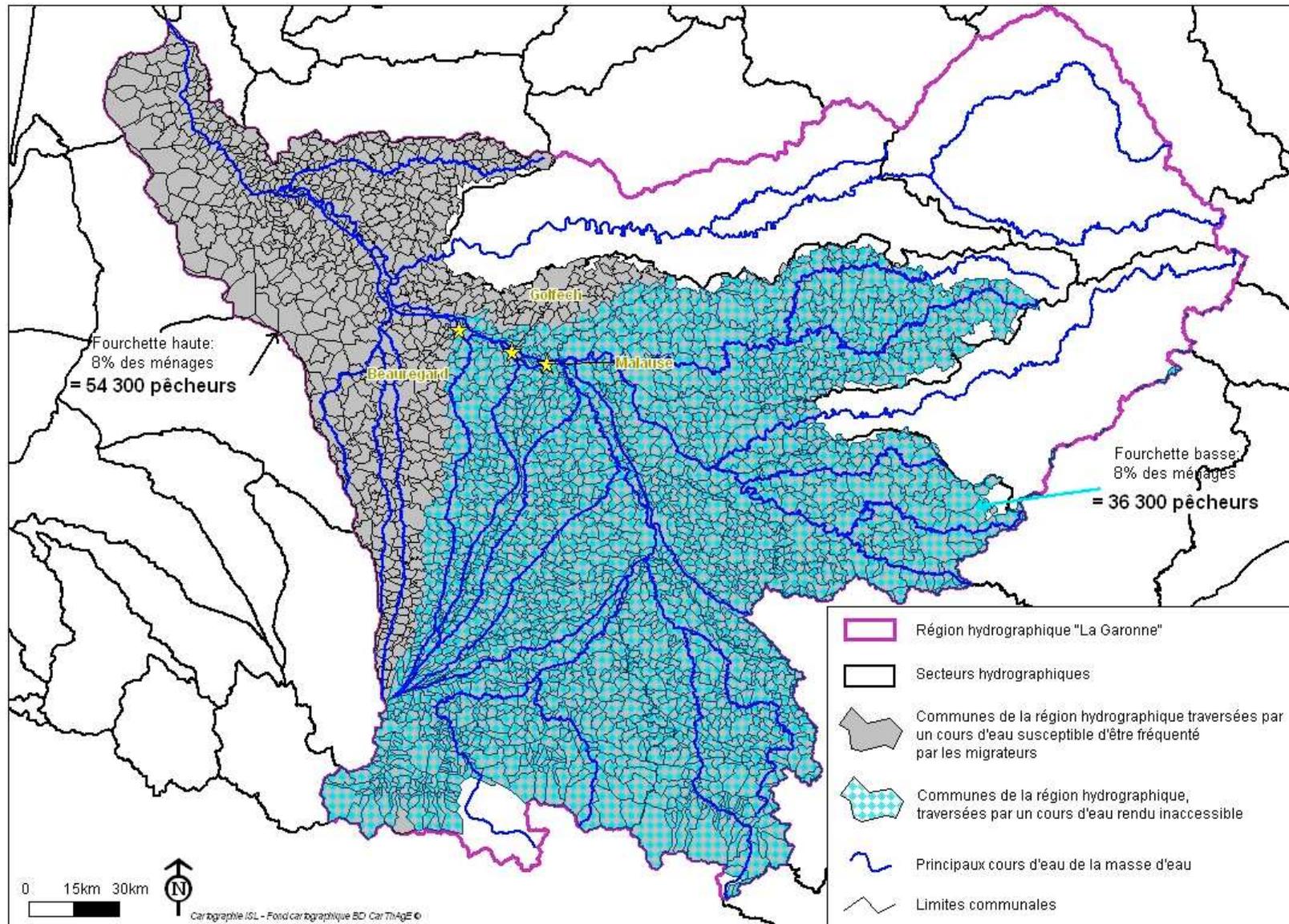


Figure 42 : hypothèses concernant la population de pêcheurs concernée par le scénario C

➤ Période d'évaluation

Les impacts seront sensibles très rapidement sur la partie amont du bassin, et à plus long-terme sur la partie aval.

On comptabilise l'impact amont (fourchette basse) à partir de 2012 et celui à l'échelle de l'ensemble du bassin à l'horizon 2020 en lien avec la diminution de fréquentation par les espèces migratrices emblématiques.

➤ Coût annuel

On aboutit à un coût annuel compris entre environ 287 000 et 430 000 €/an.

*Loisirs nautiques : bénéfice non-marchand des usagers actuels*

La pratique du kayak et des autres sports nautiques (hormis le jet-ski qui demeure réglementairement interdit) est rendue possible par le relèvement de la ligne d'eau et la réhabilitation de la rivière artificielle en rive gauche. Les clubs environnants utiliseront sans doute ce nouveau site, ce qui constitue un report de l'activité (et non une création d'activité).

Les usages susceptibles de se développer du fait, notamment, du relèvement de la ligne d'eau, sont ceux qui étaient présents sur le site avant l'ouverture de la brèche en 2005 (hormis le jet ski qui demeure interdit) :

- Kayak ;
- Siège motonautique de Boé : reprise possible des courses de radeau ;
- Bateau école : réutilisation du plan d'eau du seuil pour les cours.

La sécurisation du site pour les activités nautiques n'aura probablement qu'une incidence locale, notamment compte tenu de l'existence d'un certain nombre de biens de substitution à proximité (lieux de pratique actuels des clubs les plus proches).

Des données de fréquentation locales ont été recherchées ; un état des lieux régional donne les chiffres suivants pour l'année 2006, en ne considérant que les clubs de kayak fréquentant des sites sur la Garonne (2 structures) et le canal latéral (3 structures) en Lot-et-Garonne :

- pratiquants occasionnels : 2 700 ménages;
- pratiquants réguliers : 1000<sup>9</sup> pratiquants par an.

Pour le calcul, on considère pour la fourchette basse que 25% seulement de ces usagers trouveront un bénéfice au site de Beauregard ; en hypothèse haute, ils seront 100%.

➤ Bénéfice

Les valeurs-guides existantes ne sont pas adaptées pour chiffrer les modifications aussi ponctuelles de l'état d'une masse d'eau.

La monétarisation a donc été réalisée sur la base de la valeur-guide la plus faible, et à partir des fourchettes d'usagers estimées au paragraphe précédent.

Les valeurs guides sont les suivantes :

- 7.9 €/ménage/an pour les pratiquants occasionnels ;
- 36 €/kayakiste/an pour les pratiquants réguliers.

<sup>9</sup> « Canoë kayak en Aquitaine, état des lieux et perspectives », DRDJS Aquitaine-Gironde, mars 2007

On aboutit à un bénéfice annuel compris entre 14 000 et 57 000 €/an, comptabilisés à partir de 2010 (ce bénéfice est en effet réalisable dès la fin des travaux).

### *Loisirs nautiques : bénéfice non-marchand des usagers supplémentaires*

En première approche, le nombre de nouveaux usagers est difficile à estimer. L'évaluation des bénéfices correspondants n'est indiquée que si le nombre de nouveaux kayakistes est élevé et significatif et si le nombre de visites par kayakiste et par an excède 55 (pour une pratique en eaux calmes).

Dans le cas présent, l'augmentation de fréquentation est jugée marginale et le bénéfice associé négligeable au regard de l'ordre de grandeur des autres coûts et bénéfices pour ce scénario. En effet, l'impact associé au scénario consiste en une reprise des activités existantes avant 2005 ; or ces activités ont été déplacées à proximité, et il est probable que ce seront les mêmes adhérents qui profiteront du réaménagement de Beauregard pour la pratique de leur activité, sans qu'il y ait création d'une nouvelle activité.

Remarque : cette analyse ne prend pas en compte la construction d'une éventuelle nouvelle base nautique, non prévue à ce jour.

### *Usages récréatifs informels (promenade, etc.)*

Le scénario C supprime l'aspect d'abandon lié à l'effondrement actuel du seuil, tout en conservant la spécificité du site liée à la chute d'eau, et en valorisant l'ensemble à travers un site de promenade. L'impact paysager est donc globalement positif et supposé sensible, avec toutefois un effet localisé. Sa position en bordure de la ville lui confère un caractère de rareté qui augmente sa valeur. La mise en valeur du paysage et la conservation de caractéristiques hédoniques (bruit de l'eau), lui confère probablement une valeur légèrement plus élevée que dans le cas du scénario B. Cette différenciation n'a cependant pas pu être prise en compte dans le calcul, en raison des fortes incertitudes associées à la valeur-guide employée et à l'estimation de la population concernée.

#### ➤ Bénéfice

Les mêmes hypothèses que pour le scénario B ont été retenues ; le bénéfice est fort à l'échelle locale.

On aboutit à un bénéfice annuel compris entre 62 700 et 85 800 €/an, comptabilisés à partir de 2010 (ce bénéfice est en effet réalisable dès la fin des travaux).

### 8.5.3 Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario C

Les tableaux suivants synthétisent les résultats pour le scénario C.

#### Bénéfices

Les bénéfices n'ont pu être évalués que de manière qualitative, mais leur importance semble indiquer qu'ils seront marginaux par rapport aux enjeux du site.

Bénéfice	Valeur guide	Population	Total annuel (€/an)		Total actualisé sur 50 ans (€)	
			fourchette basse	fourchette haute	fourchette basse	fourchette haute
Bénéfices non-marchands des kayakistes actuels réguliers	36 €/kayakiste/an	250 à 1000 personnes	9000	36 000	220 000	875 000
Bénéfices non-marchands des kayakistes actuels occasionnels	7.9 €/ménage/an	675 à 2700 ménages	5 300	21 330	130 000	520 000
Usages récréatifs informels (promenade)	Faible	9 500 à 13 000	62 700	85 800	1 500 000	2 000 000
<b>TOTAL BENEFICES</b>					<b>1 850 000</b>	<b>3 395 000</b>

Tableau 29 : synthèse des bénéfices actualisés du scénario C

Les bénéfices les plus importants proviennent de l'usage récréatif informel. Les bénéfices liés aux activités nautiques ont une portée locale, d'autant plus que des sites de substitution existent à proximité ; ce sont eux qui ont permis une adaptation rapide des activités existantes avant la formation de la brèche en 2005.

#### Coûts

Coût	Montant	Durée de vie	Année mise en œuvre	Total actualisé sur 55 ans (€)	
				fourchette basse	fourchette haute
Investissement	4 522 000	illimitée	2 010	4 520 000	4 520 000
Comptage piscicole	25 000	1	2 010	1 500 000	1 500 000
Entretien chemin piéton	1 000	1	2 010	60 000	60 000
Enlèvement embâcles	1 000	2	2 012	28 000	28 000
Entretien enrochements après crues	200 000	10	2 020	763 000	763 000
Entretien GC et passe à poissons	500 000	10	2 020	1 900 000	1 900 000
Coût non-marchand pêche	287 000 à 430 000	1	2012 ou 2020	6 400 000	6 900 000
Coût patrimonial	3 300 000 à 15 300 000	1	2012 ou 2020	73 700 000	243 000 000
<b>TOTAL COÛTS</b>				<b>88 873 000</b>	<b>258 673 000</b>

Tableau 30 : synthèse des coûts actualisés du scénario C

La perte de valeur patrimoniale représente entre 85 et 95% du total des coûts de ce scénario. Le coût d'investissement s'élève quant à lui à 5% du total si l'on compte la valeur patrimoniale, et à plus du 30% dans le cas contraire.

*Analyse coût/bénéfice*

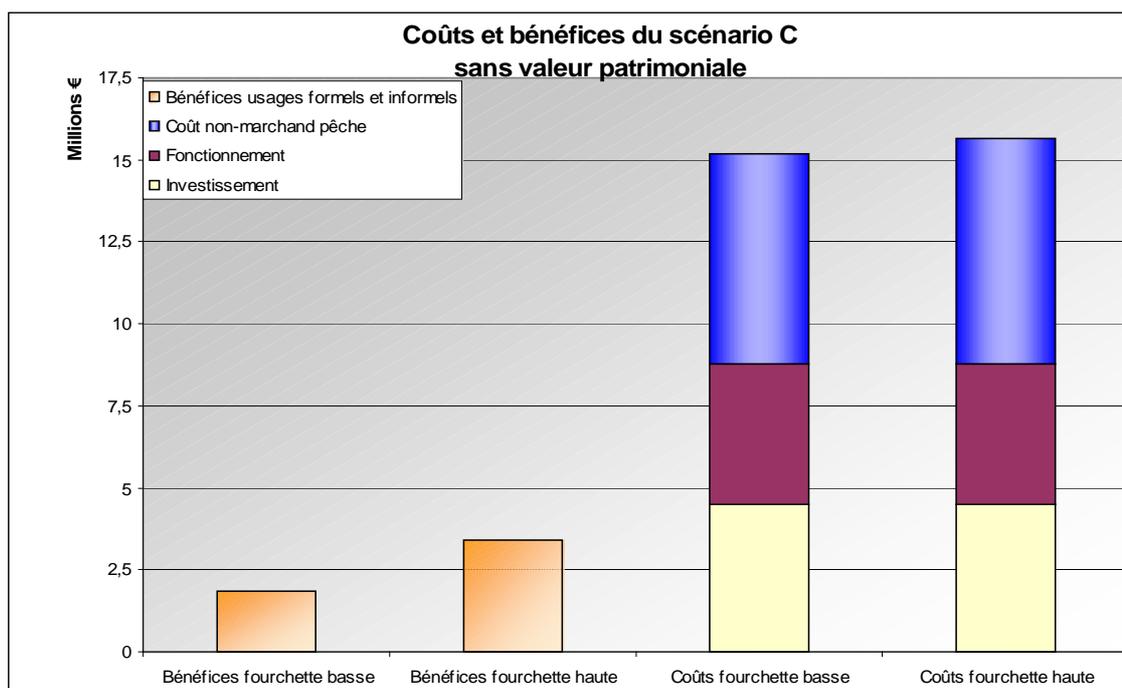
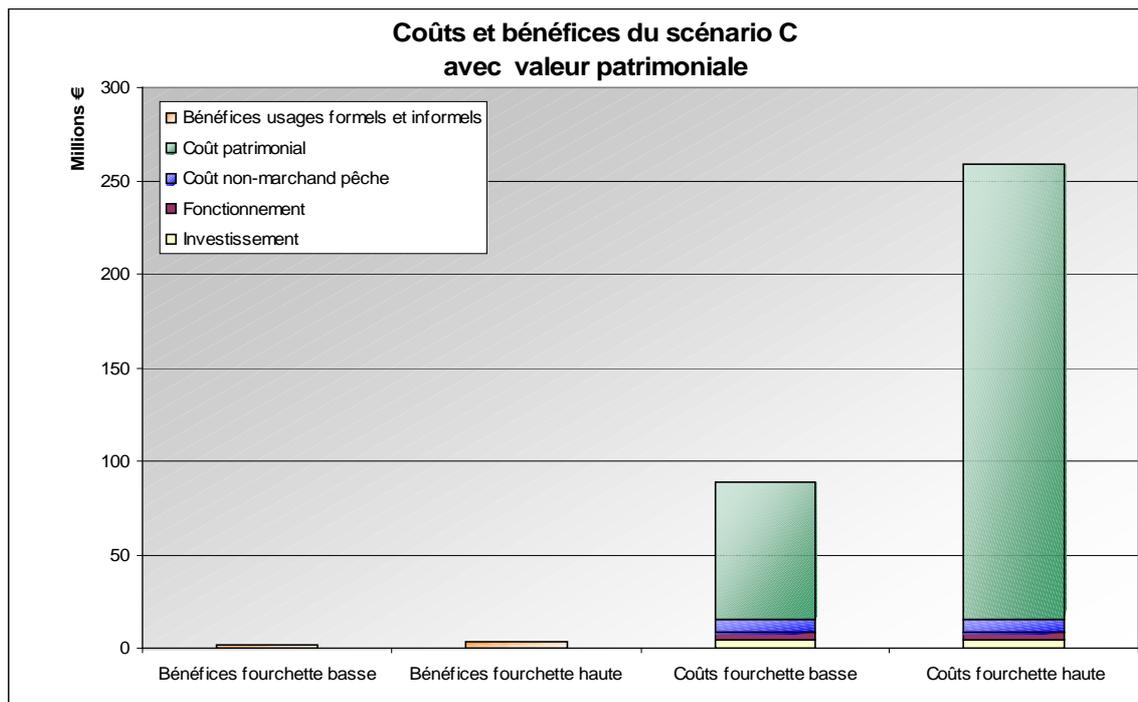


Figure 43 : comparaison des fourchettes de coûts et bénéfices du scénario C

Les coûts d'investissement et d'entretien s'élèvent à près de 9 M€ sur la période, pour un bénéfice d'au mieux 3 M€ et des coûts non-marchands pouvant être très élevés.

Le bilan global moyen est de -171 M€ avec la valeur patrimoniale, et de -13 M€ dans le cas contraire. Le scénario C présente clairement des coûts disproportionnés par rapport aux bénéfices, que l'on compte ou non la valeur patrimoniale.



## 8.6 Evaluation du scénario D

### 8.6.1 Rappel des impacts du scénario et externalités à évaluer

La description du scénario D et de ses impacts est résumée dans le tableau suivant.

Scénario	<b>Scénario D</b> Reconstruire le seuil dans sa configuration initiale, y compris ouvrages mobiles, avec développement hydroélectrique
Objectif	Restaurer les usages et loisirs liés au plan d'eau et exploitation du potentiel hydraulique
Description scénario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconstruction du seuil incluant la mise en place de béton armé sur 1 m d'épaisseur en surface (radier des clapets),</li> <li>Implantation de 6 groupes VLH en rive gauche (passes supérieures n°1 et n°2),</li> <li>Implantation de clapets mobiles de 90 cm de hauteur sur les passes n°3 et n°4 et de 2,3 m de hauteur sur la passe prof onde</li> <li>Etude et modèle physique puis réalisation d'une passe à poissons en rive droite, adaptation de la passe à poissons existante en rive gauche, dispositif de comptage piscicole</li> <li>Aménagement d'un itinéraire de promenade en rive gauche</li> </ul>
Impact hydraulique et morphodynamique	<p>L'effacement total en crue et partiel à l'étiage des clapets permet l'obtention d'impacts limités à ceux du scénario C.</p> <p>Impact hydraulique maximal : élévation de la ligne d'eau d'environ 2,3 m au niveau du seuil, et de 1,7 m au niveau de Boé bourg. La chute au niveau du seuil atteint 2,7 m à l'étiage et 2 m pour le débit médian (contre 1,4 m en état actuel).</p> <p>Impact morphodynamique : réduction de la capacité de transport solide à l'amont du seuil mais la présence de la passe profonde permet d'assurer une continuité sédimentaire à terme (après une phase de dépôt sédimentaire en amont de l'ancienne brèche principale)</p>
Impact environnemental	<p>L'augmentation de la chute rend le franchissement piscicole du seuil problématique, aucun dispositif de franchissement n'étant totalement efficace.</p> <p>La diminution de la capacité de transport solide sur le bief amont peut conduire, au moins de manière transitoire, à un déficit d'apport sédimentaire sur les frayères d'Agen</p>
Impact sur le paysage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suppression de l'impact négatif actuel à l'étiage</li> <li>Valorisation paysagère et itinéraire de promenade</li> <li>Conservation de la chute d'eau et de l'ouvrage historique</li> <li>Abords du site interdit au public</li> </ul>
Impact sur les usages	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les prélèvements en nappe et en rivière ne sont pas impactés de manière à remettre en cause leur usage</li> <li>Les activités nautiques ayant existé avant 2005 peuvent reprendre</li> <li>La pêche peut devenir moins intéressante à l'échelle de la Garonne</li> <li>Usage récréatif : la promenade est favorisée par création d'un sentier en rive gauche</li> <li>Potentiel hydroélectrique exploité</li> </ul>

Les externalités à monétariser sont :

- L'impact environnemental (en lien également avec l'impact hydraulique et morphodynamique), qui se traduit par une perte de la valeur patrimoniale ;
- La diminution de la valeur non-marchande de la pêche ;

- L'accroissement de la valeur non-marchande des usages récréatifs formels (activités nautiques) et informels (promenade) ;
- la participation à l'effort de production d'électricité provenant d'une énergie renouvelable.

### *Remarque sur l'évaluation des coûts marchands*

Les bénéfices marchands ne sont pas comptabilisés dans la présente évaluation. Ainsi, l'augmentation du chiffre d'affaire des sociétés nautiques en lien avec l'augmentation de la fréquentation du site suite à son aménagement n'est pas comptabilisée. Il s'agit en effet d'un transfert d'activité, les pratiquants venant sur le nouveau site délaissent un autre site, ce qui annule le bénéfice marchand à l'échelle régionale.

En revanche, la préférence pour le nouveau site peut être évaluée par le calcul d'un bénéfice non-marchand en lien avec ces activités, qui traduit la préférence qu'auront les pratiquants à fréquenter ce site plutôt qu'un autre.

La production d'hydroélectricité est comptabilisée sous l'angle de la contribution à l'effort de production d'électricité « propre » ; ce calcul est différent du bilan financier présenté par ailleurs dans le rapport d'analyse des scénarios. Il s'agit ici de monétariser les coûts et bénéfices pour la société de disposer d'une petite centrale hydroélectrique supplémentaire. Le bénéfice « privé » du producteur est présenté dans le bilan du scénario, mais il doit être dissocié des bénéfices « sociétaux ».

## **8.6.2 Evaluation des coûts et des bénéfices**

### *Loisirs nautiques : bénéfice non-marchand des usagers actuels*

En l'absence de données plus précises, la même démarche que pour le scénario C a été adoptée. Le bénéfice du scénario D a été jugé équivalent à celui du scénario C, car en contrepartie d'une perte de superficie utilisable liée à l'interdiction d'approcher l'ouvrage de production hydroélectrique, la gestion du niveau du plan d'eau par des clapets permet de bénéficier d'un niveau plus haut et d'un plan d'eau plus vaste à l'étiage.

Les valeurs-guides existantes ne sont pas adaptées pour chiffrer les modifications aussi ponctuelles de l'état d'une masse d'eau.

La monétarisation a donc été réalisée sur la base de la valeur-guide la plus faible, avec les mêmes hypothèses de fréquentation que pour le scénario C.

Les valeurs guides sont les suivantes :

- 7.9 €/ménage/an pour les pratiquants occasionnels ;
- 36 €/kayakiste/an pour les pratiquants réguliers.

On aboutit à un bénéfice annuel compris entre 14 300 et 57 000 €/an, comptabilisés à partir de 2015 (ce bénéfice étant réalisable dès la fin des travaux).

### *Loisirs nautiques : bénéfice non-marchand des usagers supplémentaires*

En première approche, le nombre de nouveaux usagers est difficile à estimer. L'évaluation des bénéfices correspondants n'est indiquée que si le nombre de nouveaux kayakistes est élevé et significatif et si le nombre de visites par kayakiste et par an excède 55 (pour une pratique en eaux calmes).

Dans le cas présent, l'augmentation de fréquentation est jugée marginale et le bénéfice associé négligeable au regard de l'ordre de grandeur des autres coûts et bénéfices pour ce scénario. En effet, l'impact associé au scénario consiste en une reprise des activités existantes avant 2005 ; or ces activités ont été déplacées à proximité, et il est probable que ce seront les mêmes adhérents qui profiteront du réaménagement de Beauregard pour la pratique de leur activité, sans qu'il y ait création d'une nouvelle activité.

Remarque : cette analyse ne prend pas en compte la construction d'une éventuelle nouvelle base nautique, non prévue à ce jour.

### *Usages récréatifs informels (promenade, etc.)*

L'accès aux abords du site sera interdit. Un sentier peut être aménagé en rive gauche, comme pour les scénarios B et C.

L'impact visuel est négligeable s'il s'agit de turbines VLH, qui s'inscrivent dans le corps du barrage. Cet aménagement permet de conserver le bruit de la chute comme caractéristique du site (les turbines sont quasi-silencieuses).

Le bénéfice annuel retenu pour le calcul est le même que pour les scénarios B et C, compris entre 62 700 et 85 800 €/an, et comptabilisé à partir de 2015 (ce bénéfice étant réalisable dès la fin des travaux).

### *Production d'hydroélectricité*

La centrale permettrait la production de 15.6 GWh par an.

Cette production revêt deux aspects complémentaires à prendre en compte dans le chiffrage, au-delà du bénéfice pour le propriétaire:

- le coût pour la société du rachat de cette forme d'électricité ;
- le bénéfice pour la société des émissions de CO<sub>2</sub> évitées.

En effet, la collectivité paye la différence de tarif instauré en faveur de l'électricité d'origine renouvelable (tarif de rachat – prix de l'électricité sur le marché); il y a donc un coût supporté par la société pour bénéficier de l'énergie l'hydroélectrique. Ce coût doit supporter entre autres les investissements nécessaires pour réduire les impacts sur l'environnement ; il reflète également l'avantage perçu d'un approvisionnement sécurisé et diversifié.

Parallèlement, la société perçoit un bénéfice provenant de la production d'une énergie non productrice de CO<sub>2</sub>. Ce gain environnemental est évalué en considérant que la production nationale reste constante ; la création d'une nouvelle centrale hydroélectrique diminue les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production de la même quantité d'électricité par des techniques moins « propres ».

#### ➤ Estimation du coût du financement de l'hydroélectricité pour la collectivité

Le coût supporté par la collectivité pour la production d'hydroélectricité est calculé à partir de la différence entre le prix d'achat d'hydroélectricité par la collectivité et le prix de vente de l'électricité (quelle que soit son origine) sur le marché.

Ce coût n'est supporté que durant les vingt premières années suivant la mise en service de la centrale, après quoi le tarif d'achat est égal à celui d'une autre forme d'hydroélectricité.

Le tarif de rachat mis en place dans le cas du seuil de Beauregard correspond aux prescriptions concernant les nouveaux aménagements ayant un productible supérieur à 3000 kW de l'arrêté du 1<sup>er</sup> mars 2007, présentées dans le tableau ci-après. Le tarif de

rachat moyen sur l'année en fonction des durées de chaque période tarifaire s'élève à 0.0772 €/kWh.

Le tarif de vente moyen lissé sur l'année, hors tarifs de rachats pour les électricités d'origine renouvelable, est de 0.06 €/kWh.

	Contrat d'achat	Hors contrat d'achat
Tarif de vente (€/kWh)	0.0772	0.06
Productible (GWh)	15.6	15.6
Recette brute (moyenne lissée sur l'année) k€ (HT) / an	1 205	936
Différence de recette brute annuelle (k€/an)	269	

Au-delà de 20 ans, le contrat d'achat s'achève et l'hydroélectricité est vendue au même prix que l'électricité ; la collectivité n'assume plus de sur-coût.

➤ Estimation du bénéfice issu des émissions de CO<sub>2</sub> évitées

Le bénéfice provenant des émissions de CO<sub>2</sub> évitées est évalué selon le découpage horo-saisonnier de la méthode tarifaire, en valorisant les MWh produits dans les périodes hivernales (heures pleines ou creuses) et au cours des heures pleines pour les autres saisons à hauteur de 16.2 € (valeur du coût environnemental d'un recours au thermique à flamme pour la production d'1 MWh).

Dans le cas d'une petite centrale au niveau du seuil de Beauregard, le pré-dimensionnement a établi les productibles en fonction du découpage tarifaire de l'arrêté du 1<sup>er</sup> mars 2007 (tarif à 4 composantes) ; les coûts évités ont pu être estimés sur cette base.

	Productible (MWh)	Coût des émissions de Co2 évitées €/ MWh)	Coût annuel évitée €
Eté HC :	2 790	-	-
Eté HP :	5 570	16.2	90 234
Hiver HC :	1 690	16.2	27 378
Hiver HP :	4 830	16.2	78 246
Hiver PT :	0 720	16.2	11 664
<b>TOTAL coût CO<sub>2</sub> évité annuel</b>			<b>207 522</b>

Tableau 31 : estimation des coûts d'émission de CO<sub>2</sub> évités par la centrale hydroélectrique du scénario D

### *Pêche*

Les mêmes hypothèses que pour le scénario C sont appliquées, hormis pour les périodes de prise en compte des impacts. La construction de la centrale n'étant possible qu'au plus tôt en 2015, l'impact est comptabilisé à partir de 2017 pour la fourchette basse et 2025 pour la fourchette haute. On considère en effet que l'impact ne sera pas sensible immédiatement après la construction, et que les effets commenceront à être « monétarisables » deux ans plus tard.

On aboutit à un coût annuel compris entre 287 000 et 430 000 €/an.

### *Valeur patrimoniale – grands migrateurs amphihalins*

Les mêmes hypothèses que pour le scénario C sont appliquées, hormis pour les périodes de prise en compte des impacts.

Comme dans le cas du scénario C, les passes à poissons n'ont pas une efficacité de 100%, et pour les poissons qui les empruntent, elles ont malgré tout un effet négatif pour la suite de leur migration (retard, fatigue).

Par ailleurs, il est impossible de quantifier les effets du seuil de Beauregard seul sur la migration. La deuxième hypothèse d'évaluation de l'impact, qui concerne le risque de disparition d'espèces emblématiques, est basée sur le postulat qu'à l'heure actuelle, ces espèces sont en danger, et que toute aggravation de la situation augmente le risque de disparition.

La construction de la centrale n'étant possible qu'au plus tôt en 2015, l'impact est comptabilisé à partir de 2017 pour la fourchette basse et 2025 pour la fourchette haute. On considère en effet que l'impact ne sera pas sensible immédiatement après la construction, et que les effets commenceront à être « monétarisables » deux ans plus tard.

On aboutit à un coût annuel compris entre environ 3 300 000 à 15 300 000 €/an.

### 8.6.3 Evaluation globale et actualisée des coûts et bénéfices du scénario D

#### Bénéfices

Remarque : le scénario D est le seul à présenter des coûts et des bénéfices privés, par opposition à ceux supportés par la société. Le scénario D offre en effet un bénéfice marchand lié à la vente d'hydroélectricité, ainsi que des coûts marchands liés aux travaux de construction ou d'entretien ; ces coûts sont dits « coûts privés », car ils sont supportés par une seule structure maître d'ouvrage du projet de centrale. Concernant les aspects non-marchands, l'ensemble des coûts et des bénéfices sont supportés par la société, indépendamment des flux financiers générés par le projet.

Bénéfice	Valeur-guide	Population	Total annuel		Total actualisé sur 55 ans	
			fourchette basse	fourchette haute	fourchette basse	fourchette haute
Bénéfices non-marchands des kayakistes actuels réguliers	36 € /kayakiste/an	fourchette basse: 250 fourchette haute: 1000	9 000	36 000	170 000	670 000
Bénéfices non-marchands des kayakistes actuels occasionnels	7.9 €/ménage usager/an	fourchette basse: 675 fourchette haute: 2700	5 300	21 330	100 000	400 000
Usages récréatifs informels (promenade)	6.6 €/promeneur/an	fourchette basse: 9 500 fourchette haute: 13000	62 700	85 800	1 200 000	1 600 000
Emissions de CO <sub>2</sub> évitées	16.2 €/ MWh	Sans objet	208 000	208 000	3 880 000	3 880 000
Vente d'hydroélectricité	Résultat net sur 50 ans	Sans objet			21 200 000	22 800 000
<b>TOTAL</b>					<b>26 550 000</b>	<b>29 350 000</b>

Tableau 32 : synthèse des bénéfices (privés et sociétaux) actualisés pour le scénario D

La recette brute telle que définie dans l'analyse financière sert de base à l'estimation du bénéfice de la vente d'électricité pour le producteur ; elle est chiffrée à 1 125 à 1 205 k€/an (selon les hypothèses hydrologiques) et a été comptabilisée à partir de 2016 et actualisée avec un taux de 4 % dans un souci de cohérence avec les autres calculs.

*Coûts*

Coût	Montant	Durée de vie	Année mise en œuvre	Total actualisé sur 55 ans	
				fourchette basse	fourchette haute
Investissement	12 310 000	illimitée	2015	11 700 000	11 700 000
Comptage piscicole	25 000	1	2 015	1 600 000	1 600 000
Entretien chemin piéton	1 000	1	2 015	60 000	60 000
Entretien enrochements après crues	200 000	10	2 020	763 000	763 000
Fonctionnement / entretien (centrale, GC)	241 000	1	2 016	4 500 000	4 500 000
Sur-coût rachat hydroélectricité	269 000	1	2015 à 2035	3 120 000	3 120 000
Coût non-marchand pêche	287 000 à 430 000	1	2017 ou 2025	5 100 000	5 500 000
Coût patrimonial	3 300 000 à 15 300 000	1	2017 ou 2025	59 600 000	195 000 000
<b>TOTAL COÛTS</b>				<b>86 443 000</b>	<b>222 243 000</b>

Tableau 33 : synthèse des coûts sociétaux actualisés pour le scénario D

Le coût patrimonial est prédominant dans le bilan des coûts globaux du projet (70 à 90% du total selon la fourchette). Cependant, le total des coûts hors valeur patrimoniale reste très élevé, de l'ordre de 27 M€, avec environ un tiers des coûts supportés par la société (le reste étant des coûts supportés par le maître d'ouvrage du projet de centrale).

Notons que l'investissement tel que calculé ici concerne à la fois les travaux d'aménagement du seuil et de ses abords et l'implantation des équipements hydroélectriques. Les coûts supportés par le maître d'ouvrage de la centrale concernent l'investissement, les frais de fonctionnement et l'entretien de la centrale.

REMARQUE : les frais de fonctionnement sont évalués à 20 % de la recette brute en moyenne annuelle, conformément à l'étude financière, mais ils ont été actualisés de façon homogène avec les autres calculs de cette étude (4% pendant 30 ans puis dégressif).

La catégorie « fonctionnement et entretien » dans les graphiques ci-dessous prend en compte ces frais de fonctionnement (à la charge du producteur) et l'ensemble des opérations d'entretien de l'installation et de ses abords (comptage piscicole inclus).

*Analyse coût/bénéfice*

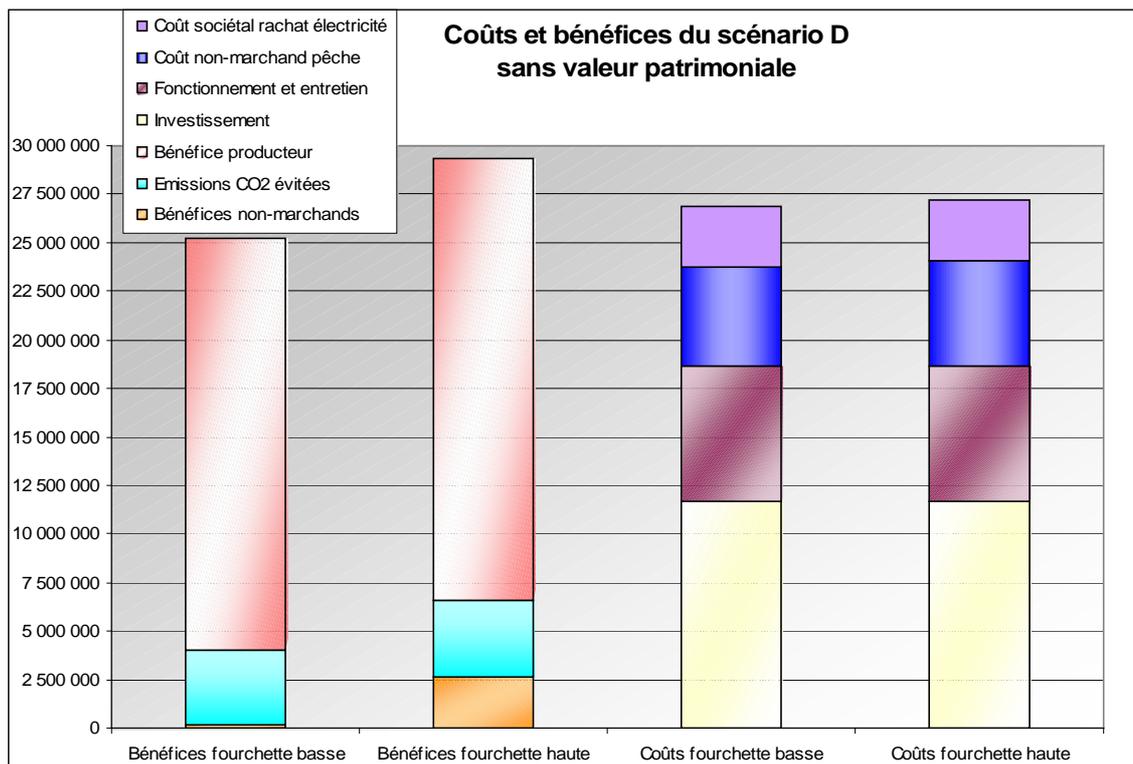
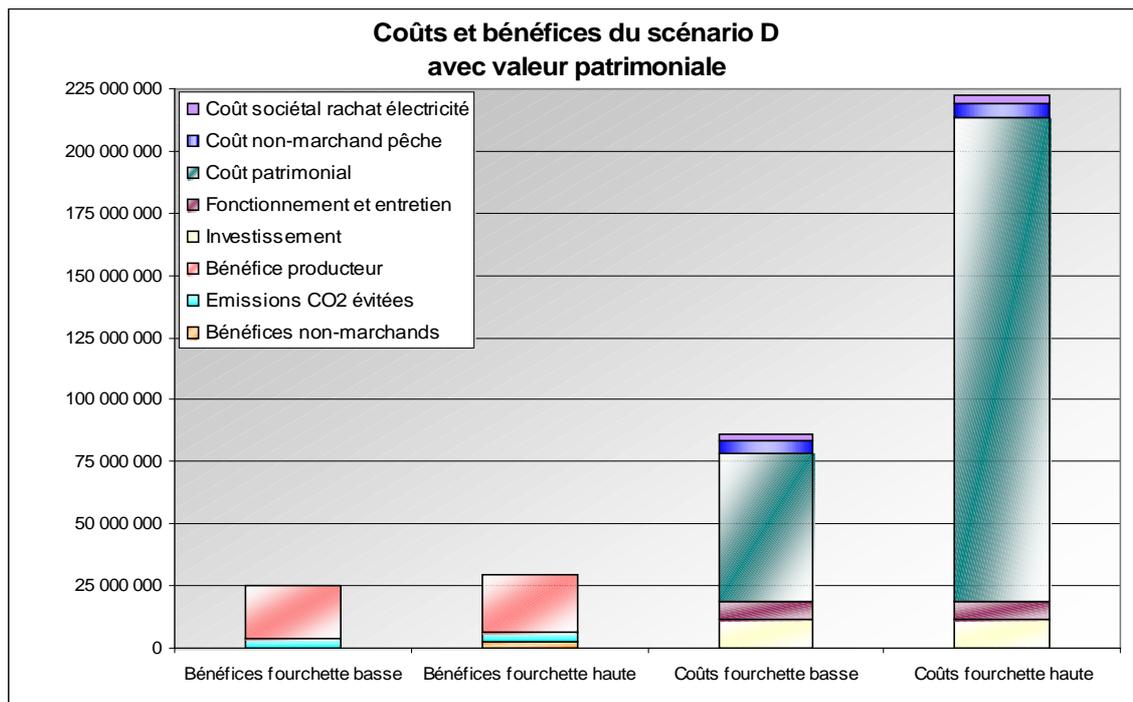


Figure 44 : comparaison des fourchettes de coûts et bénéfices du scénario D

En fourchette basse comme en fourchette haute, la valeur patrimoniale rend les coûts disproportionnés par rapport aux bénéfices attendus (privés et sociétaux).

Le bilan global moyen est de -126.4 M€ avec la valeur patrimoniale, et de +0.9M€ sans. Il convient de rappeler que la majeure partie du bénéfice total est un bénéfice marchand issu de la vente d'électricité. Par ailleurs l'incertitude sur les coûts non marchands (hors valeur patrimoniale) est supérieure à 35%.

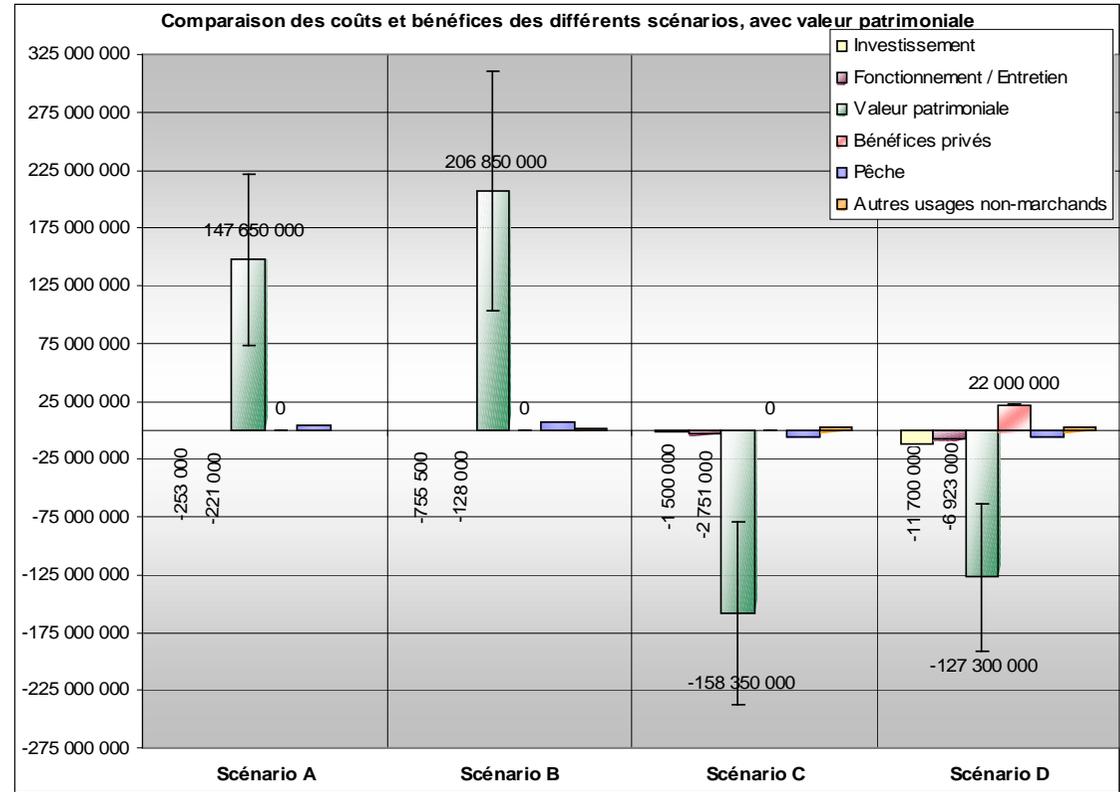


## 8.7 Synthèse et conclusion de l'analyse économique

### 8.7.1 Synthèse des bénéfices et coûts des scénarios

Les Figure 45 et Figure 46 synthétisent les résultats pour chacun des scénarios étudiés ; l'incertitude liée au calcul des coûts et bénéfices non-marchands figure sous la forme d'une barre d'erreurs, et la valeur indiquée pour chaque coût ou bénéfice est la valeur moyenne entre la fourchette haute et la fourchette basse.

Figure 45 : synthèse des coûts et bénéfices de chaque scénario, avec valeur patrimoniale



	Scénario A			Scénario B			Scénario C			Scénario D		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Investissement	-253 000	-253 000	-253 000	-635 000	-755 500	-876 000	-1 500 000	-1 500 000	-1 500 000	-11 700 000	-11 700 000	-11 700 000
Fonctionnement/ Entretien	-221 000	-221 000	-221 000	-128 000	-128 000	-128 000	-2 751 000	-2 751 000	-2 751 000	-6 923 000	-6 923 000	-6 923 000
Valeur patrimoniale	52 300 000	147 650 000	243 000 000	73 700 000	206 850 000	340 000 000	-73 700 000	-158 350 000	-243 000 000	-59 600 000	-127 300 000	-195 000 000
Pêche	2 660 000	4 730 000	6 800 000	3 700 000	6 650 000	9 600 000	-6 400 000	-6 650 000	-6 900 000	-5 100 000	-5 300 000	-5 500 000
Autres usages non-marchands	0	0	0	1 400 000	1 650 000	1 900 000	1 850 000	2 622 500	3 395 000	1 370 000	2 020 000	2 670 000
Bénéfices privés		0			0			0		21 200 000	22 000 000	22 800 000
<b>Bilan</b>	<b>51 826 000</b>	<b>147 176 000</b>	<b>242 526 000</b>	<b>72 937 000</b>	<b>205 966 500</b>	<b>338 996 000</b>	<b>-77 951 000</b>	<b>-154 099 000</b>	<b>-247 251 000</b>	<b>60 753 000</b>	<b>-12 203 000</b>	<b>-193 653 000</b>

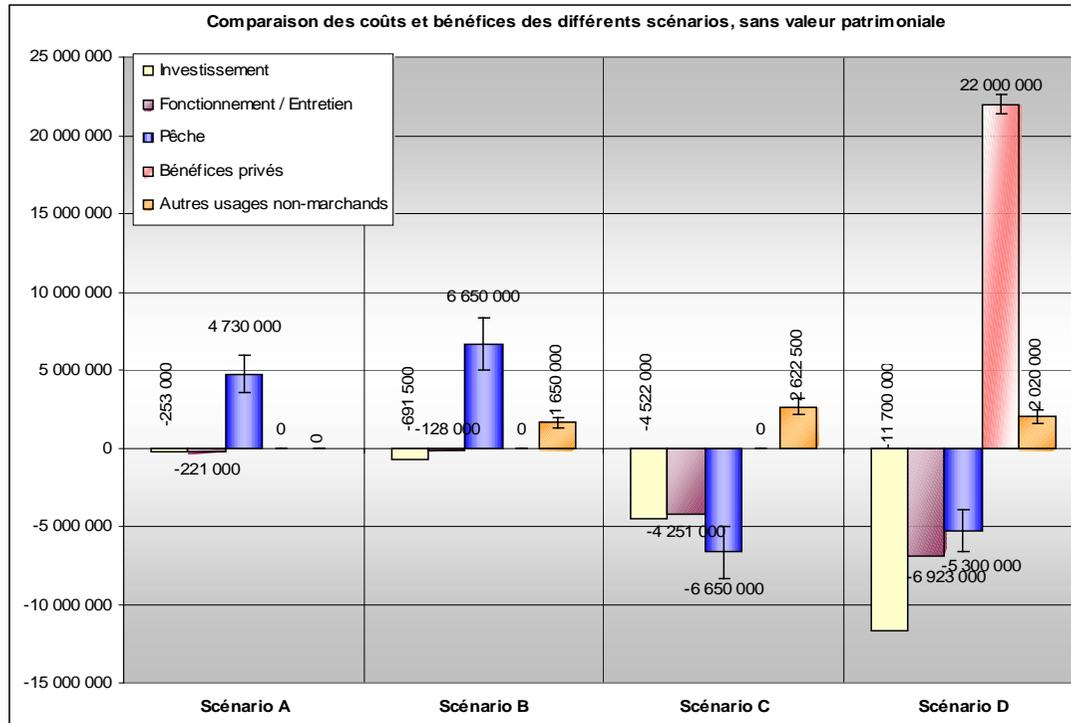


Figure 46 : synthèse des coûts et bénéfices de chaque scénario sans valeur patrimoniale

	Scénario A			Scénario B			Scénario C			Scénario D		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Investissement	-253 000	-253 000	-253 000	-635 000	-691 500	-748 000	-4 522 000	-4 522 000	-4 522 000	-11 700 000	-11 700 000	-11 700 000
Fonctionnement / Entretien	-221 000	-221 000	-221 000	-128 000	-128 000	-128 000	-4 251 000	-4 251 000	-4 251 000	-6 923 000	-6 923 000	-6 923 000
Pêche	2 660 000	4 730 000	6 800 000	3 700 000	6 650 000	9 600 000	-6 400 000	-6 650 000	-6 900 000	-5 100 000	-5 300 000	-5 500 000
Autres usages non-marchands	0	0	0	1 400 000	1 650 000	1 900 000	1 850 000	2 622 500	3 395 000	1 370 000	2 020 000	2 670 000
Bénéfices privés		0			0			0		21 200 000	22 000 000	22 800 000
<b>Bilan</b>	<b>-474 000</b>	<b>-474 000</b>	<b>-474 000</b>	<b>637 000</b>	<b>830 500</b>	<b>1 024 000</b>	<b>-6 923 000</b>	<b>-6 150 500</b>	<b>-5 378 000</b>	<b>3 947 000</b>	<b>5 397 000</b>	<b>6 847 000</b>

L'analyse montre que le scénario C présente des coûts largement disproportionnés par rapport aux bénéfices, que l'on prenne en compte la valeur patrimoniale ou pas. En dépit des incertitudes liées au chiffrage des bénéfices des usages récréatifs (formels ou informels), l'ordre de grandeur du bilan global proposé pour ce scénario est sans doute assez proche de la réalité.

Les scénarios A et B sont nettement positifs grâce à leurs bénéfices non-marchands, même lorsque l'on ne tient pas compte de la valeur patrimoniale. Rappelons toutefois que le calcul du bénéfice non-marchand pour la pêche comporte une incertitude non négligeable liée à la difficulté d'appréhender l'amplitude de l'impact du projet.

Quant au scénario D, la prise en compte ou non de la valeur patrimoniale détermine le fait que les coûts soient ou non disproportionnés par rapport aux bénéfices. Si l'on compte la valeur patrimoniale, le scénario présente un bilan largement négatif. Si on ne la compte pas, le bilan global moyen devient légèrement positif (+0.9 M€), avec une incertitude assez forte sur l'estimation des usages récréatifs.

### 8.7.2 Discussion sur la valeur patrimoniale

Bien que le chiffrage de la valeur patrimoniale soit grevé d'importantes incertitudes, liées notamment à l'utilisation d'une valeur guide choisie « par défaut », la non-prise en compte de cette valeur sous-estime le bilan global moyen.

En effet, les programmes actuels de protection de la biodiversité, et en particulier des migrateurs, font l'objet de financements conséquents sur le bassin de la Garonne : 28 M€ (non actualisés) entre 1980 et 2008, dont 16 M€ de participation publique, et 2.2 M€/an prévus sur la période 2009-2013. Les scénarios C et D vont clairement à l'encontre de ces investissements, qui reflètent la prise en compte des problématiques « grands migrateurs » dans les décisions de gestion.

Par ailleurs, conformément aux recommandations du guide de la D4E, les coûts ou bénéfices marchands liés au développement d'une activité ne sont pas agrégés aux résultats de l'analyse coûts-avantages. En effet l'étude est menée à l'échelle de la collectivité dans sa globalité et non à l'échelle d'un territoire. Or, les augmentations de fréquentation sur un site pour un usage particulier sont soumis à des effets de substitution et de transfert difficiles à évaluer. La D4E recommande, le cas échéant, de prendre en compte ces éléments en parallèle de l'analyse socio-économique, sans chercher à en agréger les résultats. A cet effet, signalons que l'impact patrimonial du projet retenu peut avoir des conséquences économiques à l'échelle du bassin, notamment au regard de la pêche. Ainsi l'ensemble des migrateurs (Alose lamproies, anguille) représentait un chiffre d'affaire de plus de 8,8 M€ pour la pêche sur l'estuaire de la Gironde (rapport n°105 : "Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde" CEMAGREF/EDF, 2006). Toutes ces espèces sont tributaires des contraintes de libre circulation (montaison et dévalaison) et d'accessibilité aux zones de reproduction et de grossissement à l'échelle du bassin. La perte de valeur patrimoniale associée aux scénarios C et D engendrerait une perte d'activité économique sur l'ensemble du bassin.

### 8.7.3 Conclusion

Les résultats de l'analyse économique doivent être interprétés comme des curseurs d'alerte permettant de différencier des effets négatifs disproportionnés par rapport aux effets positifs d'un projet. Il ne s'agit en aucun cas de valeurs devant être considérées comme absolues. Les calculs d'usages non-marchands et de non-usages sont grevés d'importantes incertitudes, liées notamment :

- au faible nombre de valeurs-guides existant à ce jour, ce qui conduit à utiliser pour les calculs des valeurs-guides qui ne sont pas forcément adaptées. Une valeur-guide est définie pour un type d'impact donné dans un contexte précis ; aussi, utiliser ces valeurs dans d'autres contextes induit un biais pouvant se révéler important.
- A la population impactée : les valeurs-guides sont calculées pour une population de référence, mais l'échelle à laquelle elles ont été définies n'est pas toujours pertinente lorsque l'on utilise ces valeurs pour d'autres études. Le calcul de la population impactée, qu'il soit établi à partir de ratio de populations ou d'un dénombrement, peut donc induire un biais supplémentaire dès lors qu'il ne correspond plus à la population de référence pour laquelle la valeur a été déterminée.

Pour permettre une comparaison des scénarios, des fourchettes de valeurs ont été construites, à partir d'une méthodologie commune à tous les scénarios et d'une même valeur guide pour chaque type d'impact. L'utilisation de fourchettes de valeur permet d'« encadrer » l'impact probable de chaque scénario, en tenant compte des difficultés qu'il peut y avoir à isoler l'effet du seuil de Beauregard. Ainsi, pour la valeur patrimoniale ou la pêche, il n'est pas possible de mesurer aujourd'hui dans quelle mesure une reconstruction du seuil pourrait effectivement conduire à elle seule à la disparition d'espèces emblématiques. En revanche, on sait aujourd'hui que des espèces en danger peuvent ne pas survivre à une dégradation supplémentaire de leur habitat, comme par exemple un nouvel obstacle (même partiellement franchissable) à leur migration. C'est pourquoi les fourchettes de valeur proposées peuvent avoir une très grande amplitude, révélatrice des incertitudes associées à leur calcul.

Sous ces réserves, les conclusions de l'analyse économique sont les suivantes :

- le scénario A présente les coûts les plus faibles et un bénéfice environnemental très important, malgré l'incertitude sur sa valeur absolue (l'amplitude entre la fourchette haute (243 M€) et la fourchette basse (52 M€) de la valeur patrimoniale étant importante)
- le scénario C présente un bilan nettement négatif, avec et sans coût patrimonial ;
- le scénario D est le seul à permettre une exploitation financière de l'ouvrage et donc la génération d'un bénéfice marchand suffisamment significatif pour être monétarisé, mais les coûts demeurent disproportionnés, notamment en raison du coût patrimonial ;
- le scénario B présente le bilan global le plus favorable : les coûts pour la société sont relativement faibles, pour des gains (non-marchands) très importants. Le scénario B2, s'il nécessite un investissement légèrement plus important, permet également de maximiser les gains environnementaux par rapport aux espèces patrimoniales (valeur patrimoniale et bénéfice non-marchand de la pêche).

La valeur patrimoniale du milieu est un élément important dans le processus de prise de décision. Dans le cas présent, au vu des enjeux concernés, elle doit prendre part à la décision d'aménagement. Cependant, les calculs révèlent que, même sans prendre en compte cette valeur, la comparaison entre les scénarios reste globalement la même, à l'exception du scénario D qui présente un bilan plus équilibré sans valeur patrimoniale qu'avec.

## 9 ANALYSE MULTICRITERE

### 9.1 Objectif et méthodologie

#### 9.1.1 Objectif

L'objectif est la comparaison globale de l'intérêt des différents scénarios par leur évaluation au moyen de méthodes d'analyse multicritère.

L'analyse économique coût/bénéfice (chapitre 8) présente des limites liées notamment à la difficulté de monétariser les impacts environnementaux ou les usages indirects par exemple.

L'analyse multicritère est une approche permettant de s'affranchir de ces difficultés par la prise en compte d'évaluation des scénarios sur des critères à la fois quantitatifs et qualitatifs.

Il s'agit d'une démarche d'analyse en partie indépendante de l'analyse économique (chapitre 8).

#### 9.1.2 Méthodologie

Le cadre général de l'analyse multicritère est rappelé en annexe 7.

Nous proposons de réaliser, dans le cadre de la présente étude, une analyse multicritère selon deux méthodologie :

- Par agrégation complète des critères, avec la méthode de la moyenne pondérée,
- Par agrégation partielle des critères, avec la méthode Electre (surclassement).

La première méthode est plus simple conceptuellement mais présente plus de limites que la seconde.

### 9.2 Identification et sélection des critères d'analyse

#### 9.2.1 Généralités

##### *Famille de critères exhaustifs, cohérents et non-redondants*

Le choix des critères dans le cadre d'une analyse multicritère doit respecter les règles suivantes (annexe 7) :

- Les critères doivent être exhaustifs. Si deux actions ont la même évaluation pour tous les critères, alors elles sont indifférentes (on ne peut pas préférer l'une à l'autre). Dans le cas contraire, cela veut dire que certains éléments d'appréciation n'ont pas été pris en compte dans la famille des critères,
- Les critères doivent former un ensemble cohérent. L'exigence de cohérence se traduit par le fait que si une action X est évaluée égale à une action Y sur l'ensemble des critères sauf un critère pour lequel X est supérieure à Y alors on peut affirmer que l'action X est à préférer à l'action Y,
- Les critères ne doivent pas être redondants. L'exigence de non-redondance implique que la suppression d'un des critères conduit à une famille de critères ne satisfaisant plus une au moins des deux exigences précédentes.

### *Les familles de critères*

Dans la bibliographie, il est courant de trouver les quatre familles de critères suivantes, facilement applicables à tous les domaines :

- économiques,
- environnementaux,
- sociaux ou organisationnels,
- légaux et politiques.

### 9.2.2 Critères proposés pour l'étude du devenir du seuil de Beauregard

On propose de réaliser l'analyse multicritère des scénarios d'évolution du seuil de Beauregard selon les critères suivants :

Critère	Description du critère
C1 - Economie	Coût ou revenu économique direct du scénario évalué sur 50 ans, intégrant : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coûts de réalisation</li> <li>• Coût de fonctionnement et d'entretien</li> <li>• Revenu directs attendus par l'aménagement</li> </ul> NB : le revenu du scénario D intègre la valorisation énergie renouvelable par la prise en compte du prix d'achat garanti par l'Etat (monétarisation de l'impact environnemental positif du scénario D).
C2 - Environnement	Continuité écologique et transport solide, non dégradation de la masse d'eau NB : le revenu du scénario D intègre la valorisation énergie renouvelable par la prise en compte du prix d'achat garanti par l'Etat (monétarisation de l'impact environnemental positif du scénario D).
C3 - Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usages indirects :               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Activités nautiques, usages récréatifs formel</li> <li>• Usage récréatif informel (promenade)</li> </ul> </li> <li>• Valorisation paysagère du site et patrimoniale de l'ouvrage</li> </ul>

Tableau 34 : Description des critères proposés

Le critère de faisabilité réglementaire est à la fois difficile à noter à cause de sa nature binaire selon l'évaluation de la réglementation et vigueur et à la fois en partie redondant avec le critère « Environnement » (car les principaux dispositifs réglementaires en vigueur d'appliquant ici visent à protéger les poissons migrateurs). En conséquence, le comité technique de l'étude a retenu le principe de l'écarter dans un premier temps du développement de l'analyse multicritère et sera rappelé en conclusion de ce chapitre.

### 9.3 Pondérations des critères

Les résultats de l'analyse multicritère dépendant des pondérations retenues pour les critères, on propose de réaliser une étude de sensibilité avec des gammes de pondérations larges pouvant refléter les différents points de vue des parties prenantes :

- absence de pondération entre les trois critères économie, environnement et usages indirects (pondération 1),
- pondération supérieure au critère environnement par rapport aux critères économie et usages indirects (pondérations 2 et 3),
- Pondération supérieure au critère économie par rapport aux deux autres (pondération 4),
- Pondération supérieure au critère usages indirects par rapport aux deux autres (pondération 5),
- Pondérations supérieure des critères économie et usages indirects par rapport au critère environnement (pondération 6).

Critère	Pond 1	Pond 2	Pond 3	Pond 4	Pond 5	Pond 6
C1 - Economie	33%	30%	20%	50%	25%	40%
C2 - Environnement	33%	50%	70%	25%	25%	20%
C3 - Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale	33%	20%	10%	25%	50%	40%

*Tableau 35 : Gamme de pondérations des critères pour l'étude de sensibilité de l'analyse multicritère*

A l'issue de l'étude de sensibilité sur les pondérations des critères, il conviendra d'analyser dans quelles mesures ces pondérations sont pertinentes dans le cadre de l'étude du devenir du seuil de Beauregard et compte tenu du diagnostic, de l'étude de l'impact des scénarios et de l'analyse économique réalisée par ailleurs.

## 9.4 Evaluation des scénarios par critère et tableau de performance des scénarios

### 9.4.1 Méthodologie générale

Suite à discussion en comité technique, le principe d'une évaluation des scénarios sur chacun des trois critères par une note entre 1 (pour le scénario le moins performant sur le critère) et 9 (pour le scénario le plus performant sur le critère) est retenu. L'importance relative entre critère et la performance relative du meilleur scénario envisagé par rapport à ce qu'il est possible de réaliser étant prise en compte dans la pondération des critères.

Ce système de pondération a été choisi en concertation avec le comité technique car :

- Un simple classement des scénarios (1 à 5) n'a pas semblé permettre de prendre en compte les différences de performance des scénarios selon un critère, qui peuvent varier entre deux couples de scénarios,
- L'étalement des notes de 1 à 9 est suffisante et permet de prendre en compte les différences non linéaires entre les évaluations des scénarios et une meilleure discrimination entre les scénarios,
- Garder la même amplitude de notation pour l'ensemble des critères est fondamental pour ne pas introduire des biais dans l'analyse multicritère. En effet réaliser l'évaluation de deux critères sur une échelle 1 à 9 et un troisième sur une échelle plus réduite 3 à 7 reviendrait in fine à réduire l'importance du poids troisième critère pour la discrimination des scénarios.

### 9.4.2 Evaluation des scénarios par critère

L'évaluation des scénarios par critère résulte de la définition des scénarios et de leurs impacts, exposés dans les chapitres précédents.

#### *Economie*

Le tableau ci-dessous présente l'analyse des coûts de réalisation, d'entretien et les recettes directes attendues par l'aménagement selon les scénarios, issus de l'analyse économique, ainsi que l'évaluation du critère « Economie ».

	Scénario A	Scénario B1	Scénario B1	Scénario C	Scénario D
Investissement	-253 000	-635 000	-748 000	-4 522 000	-11 700 000
Fonctionnement / Entretien sur 50 ans	-221 000	-128 000	-128 000	-4 251 000	-6 923 000
Bénéfices marchands					22 540 000
Bilan économique sur 50 ans	-474 000	-763 000	-876 000	-8 773 000	3 917 000
Evaluation (échelle 1-9)	6,2	6,1	6,0	1	9

Tableau 36 : Bilan des coûts d'investissement et de fonctionnement et des recettes directes des scénarios d'étude

L'échelle choisie correspond à la note 9 pour le scénario D (meilleur scénario économique) et 1 pour un scénario C (moins bon scénario pour le critère économique), les notes des

scénarios intermédiaires étant ensuite déterminées de manière linéaire en fonction des coûts ou bénéfices respectifs des scénarios<sup>10</sup>.

### *Environnement*

On propose de retenir les notes suivantes pour le critère « environnement » :

- Scénario A : Amélioration limitée et très progressive de la continuité écologique : note de 6. L'accompagnement de la dégradation naturelle du seuil, et en particulier l'enlèvement des blocs de béton et des palplanches au niveau des brèches, permet de limiter les risques de blessures des poissons au franchissement du seuil en état actuel, mais le seuil reste un obstacle pouvant rester difficile à franchir pour une durée indéterminée en raison de la chute rémanente, notamment à l'étiage et en basses eaux (voir paragraphe 4.3.3). L'effacement à terme du seuil permet de garantir à terme la continuité du transport solide.
- Scénario B1 : Amélioration significative de la continuité écologique mais incertitude sur l'évolution du seuil marneux et sa franchissabilité à terme : note de 8. L'arasement du génie civil du seuil existant permet de réduire la chute hydraulique à 70 cm environ à l'étiage. Cette chute résulte de l'existence du seuil marneux sur lequel est fondé l'ouvrage. Cette chute n'est pas aménagée dans le cadre du scénario B1 et le front d'incision peut persister en se déplaçant vers l'amont par érosion régressive (voir paragraphe 5.4.3). L'effacement du génie civil du seuil permet de garantir la continuité du transport solide.
- Scénario B2 : Amélioration importante et pérenne de la continuité écologique : note de 9. La chute liée au seuil marneux est fixée et fractionnée par aménagement de type pré-barrages (plusieurs chutes d'eau successives de faible hauteur) afin de faciliter le franchissement piscicole (voir paragraphe 5.4.3). L'effacement du génie civil du seuil permet de garantir la continuité du transport solide.
- Scénario C : Aggravation de la continuité écologique et des conditions de franchissabilité piscicole à la montaison : note de 3. La chute est augmentée et les dispositifs de franchissement piscicole prévus ne permettent pas de garantir une efficacité totale, notamment pour l'alose (voir paragraphe 6.4.3). La passe profonde permet de réduire l'impact sur le transport solide et d'assurer une bonne continuité sédimentaire, démontrée par la cartographie du stock sédimentaire en Garonne en 1986 (paragraphe 6.4.2 et rapport de diagnostic).
- Scénario D : Aggravation importante de la continuité écologique et des conditions de franchissabilité piscicole à la montaison et à la dévalaison : note de 1. L'impact environnemental du scénario D est aggravé par rapport à celui du scénario C par l'augmentation de la chute et un risque supplémentaire à la dévalaison liée à la présence de turbines multiples (voir paragraphe 7.5.3). La passe profonde et l'abaissement des clapets en crue permettent de réduire l'impact sur le transport solide et d'assurer la continuité sédimentaire pour les crues morphogènes (paragraphe 6.4.2).

NB : le revenu du scénario D intègre la valorisation énergie renouvelable par la prise en compte du prix d'achat garanti par l'Etat (monétarisation de l'impact environnemental positif du scénario D).

### *Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale*

On propose de retenir les notes suivantes pour les critères « Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale » :

<sup>10</sup> Les notes obtenues pour les scénarios A, B1 et B2 sont proches car, sur l'échelle [-8,8 ;3,9] M€, les valeurs -0,9 à -0,5 M€ sont proches.

- Scénario A : Usages indirects peu valorisés, absence de valorisation patrimoniale de l'ouvrage : note de 1. Les activités nautiques existant sur le plan d'eau avant 2005 ne peuvent pas reprendre et les accès piétons au site ne sont pas développés pour des raisons de sécurité à l'étiage notamment (voir paragraphes 4.3.4 et 4.3.5),
- Scénarios B1 et B2 : Usages indirects moyennement valorisés (développement d'un parcours de promenade en site naturel à proximité de l'agglomération mais pas de possibilité de reprise des activités nautiques liées au plan d'eau), valorisation paysagère du site renaturalisé et perception du seuil à l'étiage pour le scénario B2 (mémoire de l'ouvrage historique) : notes de 4 pour le scénario B1 et de 5 pour le scénario B2 (voir paragraphes 5.4.4 et 5.4.5),
- Scénario C : Usages indirects fortement valorisés (activités nautiques et promenade), valorisation paysagère du site et patrimoniale de l'ouvrage : note de 9 (voir paragraphes 6.4.4 et 6.4.5),
- Scénario D : Usages indirects valorisés (activités nautiques et promenade) mais limitation des accès nautiques et terrestre à proximité du seuil et de la centrale pour des raisons de sécurité et problématique de l'intégration paysagère des turbines et de la centrale : note de 8 (voir paragraphes 7.5.4 et 7.5.5).

### 9.4.3 Tableau de performance des scénarios

Le tableau ci-dessous présente le tableau de performance des scénarios suivant les différents critères :

Critère	Scénario A	Scénario B1	Scénario B2	Scénario C	Scénario D
Economie	6,2	6,1	6,0	1	9
Environnement	6	8	9	3	1
Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale	1	4	5	9	8

Tableau 37 : Synthèse des notes des scénarios par critère d'évaluation

## 9.5 Agrégation des résultats

### 9.5.1 Agrégation totale – somme pondérée

La méthode de la somme pondérée est la plus simple, même si elle présente plusieurs limites (voir annexe 7).

Critère	Pond1	Pond2	Pond3	Pond4	Pond5	Pond6	ScA	ScB1	ScB2	ScC	ScD
C1 - Economie	33%	30%	20%	50%	25%	40%	6,2	6,1	6,0	1	9
C2 - Environnement	33%	50%	70%	25%	25%	20%	6	8	9	3	1
C3 - Usages indirects	33%	20%	10%	25%	50%	40%	1	4	5	9	8

Notes pondérée des scénarios	Pond 1	4,4	6,0	6,7	4,3	6,0
	Pond 2	5,1	6,6	7,3	3,6	4,8
	Pond 3	5,5	7,2	8,0	3,2	3,3
	Pond 4	4,9	6,1	6,5	3,5	6,8
	Pond 5	3,6	5,5	6,3	5,5	6,5
	Pond 6	4,1	5,6	6,2	4,6	7,0

Tableau 38 : Résultats de l'analyse multicritère par la méthode de la somme pondérée

Les pondérations 1 à 3 (sans pondération ou poids plus importants sur le critère environnement) placent le scénario B2 en premier et le scénario C en dernier, tandis que les pondérations 4 à 6 (poids plus importants sur le critère économie et/ou usages indirects) placent le scénario D en premier et les scénarios C ou A en dernier.

Une limite de la méthode de la somme pondérée est qu'un scénario ayant de très bonnes notations sur certains critères mais également de très mauvaises sur d'autres peut être classé premier, comme le scénario D avec les pondérations 4 à 6.

### 9.5.2 Agrégation partielle – méthode Electre

Nous proposons de réaliser une analyse multicritère avec les méthodes Electre III et IV, développés respectivement par MM. Roy en 1978 et Roy-Hugonnard en 1982 [36].

#### Principe des méthodes

Les méthodes Electre utilisent la notion de surclassement afin de comparer des variantes (ou actions) qui peuvent être appréciées selon plusieurs critères et par plusieurs acteurs.

On dira d'une action  $a_i$  surclasse une autre  $a_k$  s'il est possible d'affirmer, avec des arguments convaincants, que pour le décideur,  $a_i$  est au moins aussi bonne que  $a_k$ . La construction de la relation de surclassement se sert de deux notions :

- La concordance. Le critère  $j$  est concordant avec l'hypothèse  $a_i$  surclasse  $a_k$  si l'évaluation de  $a_i$  pour le critère  $j$  est supérieure ou égale à celle de  $a_k$ ,
- La non-discordance. La relation de non discordance permet de refuser une hypothèse de surclassement obtenue après application de la condition de concordance s'il existe une opposition trop forte sur un critère au moins.

Les points forts de la méthode sont :

- la prise en compte dans une même analyse de critères quantitatifs et qualitatifs
- la prise en compte de l'imprécision dans l'évaluation des variantes
- la mise en évidence des variantes (ou actions) incomparables lorsque trop différentes
- la non compensation entre 2 critères : chaque critère compte
- la prise en compte de la sensibilité de chaque acteur de la négociation

Les actions sont comparées par paires, critère par critère pour donner une relation de surclassement décrite par la Figure 47.

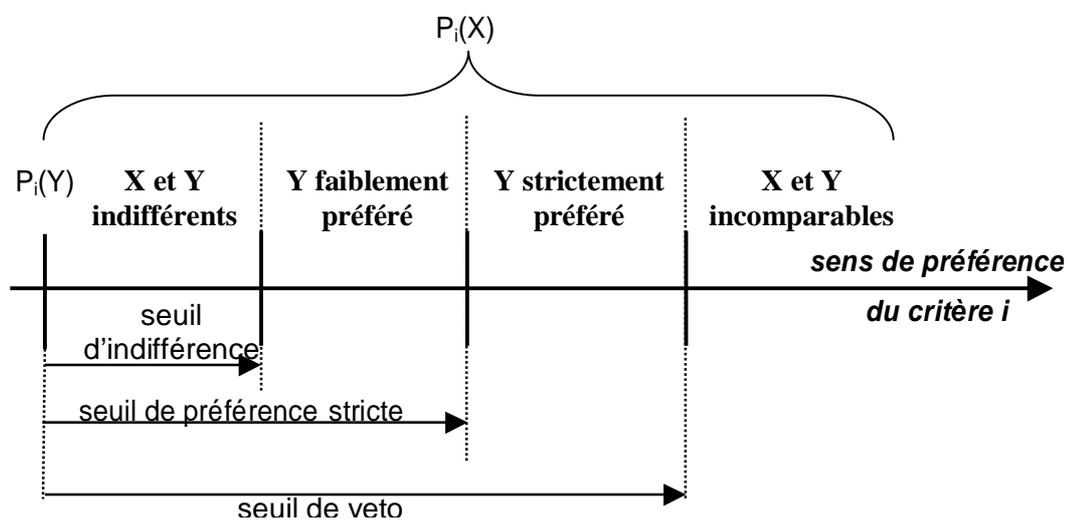


Figure 47 : Seuils d'indifférence, de préférence et de veto

Les actions X et Y sont comparées pour le critère  $i$ , la performance de X étant notée  $P_i(X)$  et celle de Y,  $P_i(Y)$ . L'action Y, dont la performance est supérieure à celle de X pour le critère  $i$  [ $P_i(Y) > P_i(X)$ ], peut se situer dans 4 domaines types. Ces domaines sont limités par trois seuils :

- seuil d'indifférence : si la différence de performance entre X et Y est inférieure à ce seuil, les actions sont dites « indifférentes »
- seuil de préférence stricte : si la différence de performance entre X et Y est inférieure à ce seuil, Y est faiblement préférée à X ; si elle y est supérieure, Y est strictement préférée à X
- seuil de veto : si la différence de performance entre X et Y est supérieure à ce seuil, Y et X sont incomparables (ou incompatibles, ou encore discordants).

Le seuil de veto est utilisé de la manière suivante : si l'évaluation de l'action X est meilleure que celle de Y pour une majorité de critère mais que pour le critère  $i$ ,  $P_i(Y) - P_i(X)$  est

supérieur ou égal au seuil de veto alors on ne peut pas conclure que l'action X surclasse l'action Y.

### Electre III

La méthode Electre III permet de comparer plusieurs action par recherche de relations de surclassement. Elle utilise en entrée :

- les pondérations des critères,
- les notations des critères,
- les seuils d'indifférence, de préférence stricte et de veto.

### Electre IV

La méthode Electre IV se différencie de la méthode Electre III par le fait qu'elle propose la comparaison d'action par recherche de relation de surclassement sans avoir besoin de pondérations entre critères, qui doivent alors ni trop prépondérer ni trop négligeables les uns par rapport aux autres (hypothèse de disparité limitée) : « aucun critères n'a, à lui tout seul, une importance supérieure ou égale à celle d'une coalition rassemblant au moins la moitié des critères » [36]. On notera que cette condition est vérifiée pour la pondération 1 mais pas pour la pondération 2.

La méthode utilise également les seuils d'indifférence et de préférence stricte.

Electre IV introduit 4 niveaux de crédibilité de la relation de surclassement, ces relations de surclassement étant moins fortes que les relations de surclassement d'Electre III :

- Quasi-dominance,
- Dominance canonique,
- Pseudo-dominance,
- Veto-dominance.

On dira que X surclasse Y par quasi-dominance :

- S'il n'existe aucun critère conduisant à préférer strictement ou faiblement Y à X,
- Si le nombre des critères pour lesquels Y est indifférente à X tout en présentant une meilleure évaluation ne dépasse pas le nombre des critères X présente une meilleure évaluation plus un.

La quasi-dominance est donc une relation plus faible, ne prenant pas en compte le seuil de veto.

### *Seuil d'indifférence, de préférence stricte et de veto*

On propose de retenir les seuils suivants :

- seuil d'indifférence : 1,
- seuil de préférence stricte : 2,
- seuil de veto : 3.

On rappelle que ces seuils ont les significations suivantes :

- si deux scénarios ont un point d'écart sur l'évaluation d'un critère, on considère que ce critère ne permet pas de les départager,

- si deux scénarios ont entre 2 et 3 points d'écart sur l'évaluation d'un critère, le scénario ayant la meilleure note est strictement préférable à celui ayant la moins bonne note,
- si deux scénarios ont plus de 3 points d'écart sur l'évaluation d'un critère, ils ne sont pas comparables sur ce critère. L'hypothèse de préférence d'un scénario sur un autre est rejetée si son évaluation sur un critère est de plus de 3 points inférieure (méthode Electre III).

### Méthode Electre III

Les résultats de l'analyse multicritère avec Electre III sont les mêmes pour toutes les pondérations sauf la pondération 3 : les scénarios B1 et B2 surclassent le scénario D, qui lui-même surclasse le scénario C, le scénario A étant classé dernier. Les scénarios B1 et B2 sont indifférents (différences d'évaluation de ces scénarios inférieures ou égales à 2 sur l'ensemble des critères).

Pour la pondération 3 (poids de 70% sur le critère environnement), les scénarios C et D deviennent incomparables et surclassent tous les deux le scénario A.

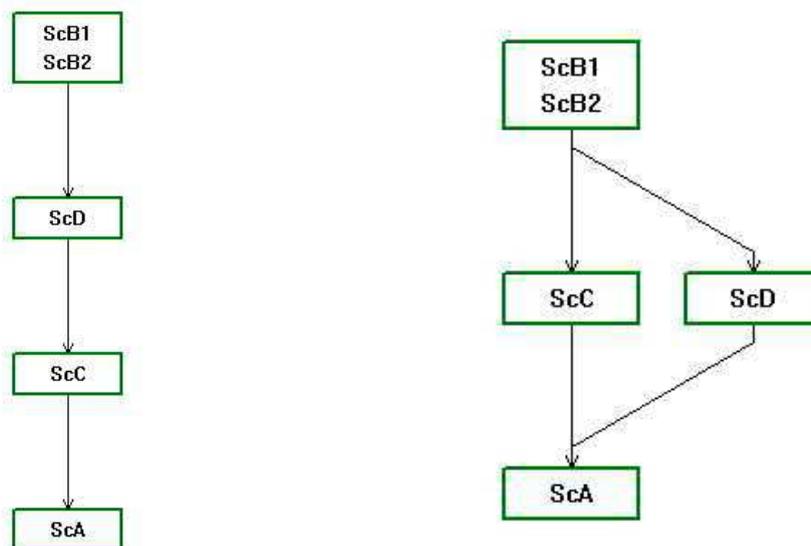


Figure 48 : Résultats d'Electre III avec la pondération 3 (à droite) et avec les autres pondérations (à gauche)

### Méthode Electre IV

Les résultats d'Electre IV sont le surclassement par quasi-dominance du scénario B2 :

- d'une part sur le scénario B1 qui surclasse lui-même le scénario A,
- d'autre part sur le scénario D qui surclasse le scénario C, lui-même surclassant le scénario A.

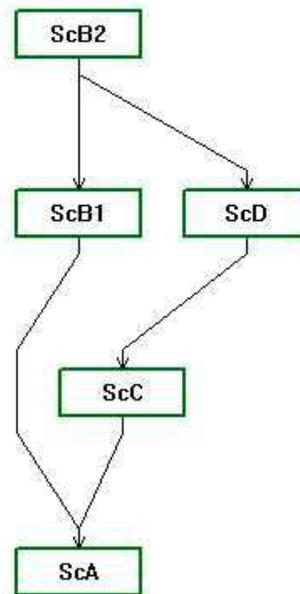


Figure 49 : Classement multicritère des scénarios – méthode Electre IV – surclassement par quasi-dominance

La relation de surclassement par quasi-dominance du scénario B2 sur le scénario B1 d'une part et sur les scénarios C et D est cependant un surclassement plus faible que la relation de surclassement au sens d'Electre III puisque la notion d'indifférence est atténuée.

## 9.6 Synthèse de l'analyse multicritère

### 9.6.1 Synthèse provisoire

On note que les résultats obtenus par les méthodes Electre sont le surclassement des scénarios B1 et surtout B2 sur les autres scénarios, y compris le scénario D.

Par la méthode de la somme pondérée, le scénario B2 est classé premier pour les pondérations 1 à 3 (absence de pondération ou poids plus important au critère environnement) alors que le scénario D est classé premier pour les pondérations 4 à 6 (poids plus important au critère économie et/ou au critère usages indirects).

Il convient donc à ce stade de préciser la pertinence des différentes pondérations étudiées.

### 9.6.2 Analyse de la pertinence des pondérations dans le cas de l'étude du seuil de Beauregard

Le diagnostic, la définition des scénarios et de leurs impacts et l'analyse économique ont montré la hiérarchisation suivant entre les critères :

1. Environnement,
2. Economie,
3. Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale.

En particulier, l'enjeu poisson migrateur est essentiel sur la Garonne, cours d'eau réservé et Axe bleu du SDAGE. L'analyse économique a montré que les aspects environnementaux (valeur patrimoniale des poissons migrateurs, investissements publics dans les programmes poissons migrateurs, valeur marchande liée à la pêche des poissons

migrateurs) avaient un poids économique bien supérieur aux bénéfices économiques que l'on pouvait attendre d'un projet de développement hydroélectrique sur le seuil de Beauregard respectant au mieux la continuité écologique. Il convient par ailleurs de rappeler que l'approvisionnement énergétique local n'est pas un problème, Agen se trouvant à proximité de la centrale nucléaire de Golfech, et que d'autre par l'étude du potentiel hydroélectrique du bassin Adour Garonne [13] a montré les possibilités d'atteindre les objectifs de développement de la filière hydroélectrique dans le bassin par optimisation des installations existantes et équipement de sites sur les cours d'eau non remarquables ou non classés.

Enfin, l'étude économique a montré que les usages indirects, la valorisation paysagère et patrimoniale, bien qu'importants au niveau local, n'avaient pas le poids des deux critères précédents.

En conséquence, le comité technique de l'étude a décidé de retenir des pondérations de critères respectant cette hiérarchie :

Critère	Pondération 2	Pondération 3
C2 - Environnement	50%	70%
C1 - Economie	30%	20%
C3 - Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale	20%	10%

Tableau 39 : Pondérations retenues des critères

Avec les pondérations 2 et 3 retenues, le scénario B2 est classé premier par la méthode de la somme pondérée.

### 9.6.3 Synthèse

Le scénario B2 ressort comme le scénario étant favorisé par l'analyse multicritère. Ce scénario est en effet classé premier par les différentes méthodes :

- Méthode de la moyenne pondérée avec les pondérations 2 et 3 retenues par le comité technique,
- Méthode Electre III (scénarios B1 et B2 indifférents),
- Méthode Electre IV (quasi-dominance).

Le scénario B1 arrive en deuxième position par la méthode de la moyenne pondérée pour les pondérations 2 et 3 retenues. Il est indifférent au scénario B2 par la méthode Electre III et surclasse le scénario A par la méthode Electre IV.

Les scénarios B1 d'une part et C et D d'autre part sont incomparables par la méthode Electre IV mais B1 surclasse D et C par la méthode Electre III.

Le scénario D surclasse le scénario C avec Electre IV et Electre III, sauf avec la pondération 3 pour Electre III pour laquelle ces deux scénarios sont incomparables. Le scénario C est par ailleurs classé dernier par la méthode de la moyenne pondérée et les pondérations 2 et 3 retenues .

L'analyse multicritère a été réalisé avec les critères « Economie », « Environnement » et « Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale ». Il convient par ailleurs de rappeler à ce stade la faisabilité juridique des différents scénarios, détaillée dans les paragraphes 2.4, 4.2, 5.3, 6.3 et 7.4 :

- Scénario A : Faisabilité réglementaire acquise, contexte réglementaire et politique plutôt favorable,
- Scénarios B1 et B2 : Faisabilité réglementaire acquise, contexte réglementaire et politique très favorable,
- Scénario C : Faisabilité réglementaire peu probable, contexte réglementaire et politique très défavorable,
- Scénario D : Non faisabilité réglementaire dans le cadre de la réglementation actuelle, contexte réglementaire et politique extrêmement défavorable.

Le critère de faisabilité réglementaire conforte donc les résultats de l'analyse multicritère, et notamment le surclassement des scénarios B1 et B2 sur les scénarios C et D.

## 10 SYNTHÈSE

### 10.1 Scénarios d'évolution et impacts

Les scénarios d'évolution et leurs impacts sont présentés dans les chapitres 3 à 7 du présent rapport.

Un tableau de synthèse des scénarios d'évolution et de leurs impacts est présenté par ailleurs en annexe 6.

#### 10.1.1 Scénarios étudiés, objectifs, coûts de réalisation et maîtrise d'ouvrage pressentie

##### *Définition des scénarios d'évolution*

Les scénarios d'évolution étudiés sont les suivants :

- Scénario A : Poursuivre la politique actuelle de l'Etat d'accompagnement de la dégradation progressive du seuil.
- Scénario B : Araser l'ouvrage en conservant le seuil marneux naturel à la cote 35,4 m NGF avec deux sous-scénarios :
  - Scénario B1 : sans contrôle de la chute résiduelle,
  - Scénario B2 : en fixant la chute résiduelle.
- Scénario C : Reconstruire le seuil dans sa configuration avant formation des brèches (passe profonde à 36,9 m NGF et passes déversantes à 38,3 m NGF)
- Scénario D : Reconstruire le seuil dans sa configuration initiale, y compris ouvrages mobiles, avec développement hydroélectrique.

##### *Objectifs*

Les objectifs des scénarios sont en partie antagonistes :

- Les scénarios A et B visent à rétablir la continuité écologique par effacement progressif ou instantané,
- Les scénarios C et D visent à rétablir les usages indirects liés au plan d'eau (et à exploiter le potentiel hydroélectrique de la chute pour le scénario D) par reconstruction du seuil.

##### *Coût de réalisation*

Les coûts de réalisation des scénarios ont été estimés à :

- Scénario A : 253 000 € HT,
- Scénario B : 635 000 à 750 000 € HT pour les scénarios B1 et B2 respectivement,
- Scénario C : 4 520 000 € HT,
- Scénario D : 12 310 000 € HT.

Les coûts d'entretien et revenus de production d'énergie ne sont pas compris dans ces coûts de réalisation. Ils seront intégrés à un bilan économique évalué sur 50 ans dans le cadre de l'analyse économique.

### *Maîtrise d'ouvrage pressentie*

La Maîtrise d'ouvrage pressentie est l'Etat pour le scénario A et les collectivités territoriales pour les scénarios C et D. Le scénario B peut être réalisé sous Maîtrise d'Ouvrage de l'Etat ou des collectivités. Dans ce dernier cas, les collectivités pourraient bénéficier de subventions de la part de l'Etat. En revanche, les collectivités territoriales ne pourront pas obtenir de financement public pour les scénarios C et D.

## 10.1.2 Faisabilité réglementaire et impacts des scénarios

### *Faisabilité réglementaire*

Une étude d'analyse juridique et réglementaire de la situation actuelle du seuil et des possibilités d'évolution a été réalisée par le cabinet d'avocats Druais Michel Lahalle (annexe 4). L'enjeu réglementaire principal de l'étude est la réglementation relative à la protection des poissons migrateurs.

La faisabilité réglementaire du scénario B est acquise et le contexte réglementaire est favorable à sa réalisation (politique poissons migrateurs du bassin Adour Garonne).

La faisabilité du scénario A semble également acquise et le contexte réglementaire est plutôt favorable à ce scénario, même s'il subsiste un obstacle à la montaison des poissons migrateurs.

Le scénario D n'est pas envisageable dans le cadre de la réglementation actuelle (rivière réservée) et, dans le cadre de la réglementation à venir (nouvelle LEMA), l'ensemble des dispositions réglementaires fera très certainement obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil, notamment au vu de l'étude diagnostic sur les enjeux liés aux grands migrateurs.

Pour le scénario C, l'ensemble des dispositions réglementaires actuelles ou future fera très certainement obstacle à la délivrance d'une autorisation pour la reconstruction du seuil.

### *Impact hydraulique et morphodynamique*

Pour les scénarios A et B, l'impact hydraulique est un abaissement de la ligne d'eau compris entre 65 et 75 cm au niveau de Boé bourg. L'impact morphodynamique prévisible est une augmentation des forces tractrices en amont du seuil, avec incision (et probablement recentrement) du chenal d'étiage, et pour le scénario B1, remontée du front d'incision par érosion régressive.

Pour les scénarios C et D, l'impact hydraulique est une élévation maximale de la ligne d'eau d'environ 2,3 m au niveau du seuil, et de 1,7 m au niveau de Boé bourg. La chute au niveau du seuil atteint 2,7 m à l'étiage et 2 m pour le débit médian (contre 1,4 m en état actuel). Pour le scénario D, l'effacement total en crue et partiel à l'étiage des clapets permet l'obtention d'impacts limités à ceux du scénario C.

L'impact morphodynamique pour les scénarios C et D est une réduction de la capacité de transport solide à l'amont du seuil. Cependant la présence de la passe profonde (et l'effacement des clapets en crue pour le scénario D) permet d'assurer une continuité sédimentaire à terme (après une phase de dépôt sédimentaire en amont de l'ancienne brèche principale).

### *Impact environnemental*

L'enjeu environnemental est principalement celui de la continuité écologique (transport solide et franchissement piscicole notamment).

L'impact environnemental positif du scénario D lié à la production d'énergie renouvelable est monétarisé dans les bénéfices de ce scénario, qui prennent en compte la valorisation du prix d'achat de l'électricité d'origine hydroélectrique.

Le scénario A a un impact plutôt positif sur l'environnement : l'enlèvement des palplanches et des blocs prévus au niveau des brèches permet d'éviter les blessures des poissons migrateurs. Cependant, l'obstacle peut rester difficile à franchir en état actuel et pour une durée indéterminée. L'effacement à terme du seuil permet de garantir à terme la continuité du transport solide.

Les scénarios B1 et B2 ont des impacts respectivement positif et très positifs sur l'environnement : l'arasement du génie civil du seuil existant permet de réduire la chute hydraulique à 70 cm environ à l'étiage (chute rémanente liée à la présence d'un seuil marneux naturel au niveau des fondations de l'ouvrage). Cette chute n'est pas cependant pas aménagée dans le cadre du scénario B1 et le front d'incision peut persister en se déplaçant vers l'amont par érosion régressive. Dans le cadre du scénario B2, la chute est fixée et fractionnée par aménagement de type pré-barrages (plusieurs chutes d'eau successives de faible hauteur) afin de faciliter le franchissement piscicole. L'effacement du génie civil du seuil permet de garantir la continuité du transport solide pour les scénarios B1 et B2.

Le scénario C conduit à une aggravation de la continuité écologique et des conditions de franchissabilité piscicole à la montaison. La chute est augmentée et les dispositifs de franchissement piscicole prévus ne permettent pas de garantir une efficacité totale.

Le scénario D conduit à une aggravation importante de la continuité écologique et des conditions de franchissabilité piscicole à la montaison et à la dévalaison. L'impact environnemental du scénario D est aggravé par rapport à celui du scénario C par l'augmentation de la chute pour les débits de basses eaux et un risque supplémentaire à la dévalaison liée à la présence de turbines multiples). La passe profonde et l'abaissement des clapets en crue permettent de réduire l'impact sur le transport solide et d'assurer la continuité sédimentaire pour les crues morphogènes.

### *Impact sur le paysage*

L'étude de l'impact paysager des scénarios a été réalisée sur la base du diagnostic paysager du bureau Hélène Sirieys Paysagiste (phase 1).

Le scénario A permet une amélioration limitée de l'impact paysager du seuil en état actuel à l'étiage.

Les scénarios B, C et D permettent la suppression de l'impact paysager négatif actuel de l'ouvrage à l'étiage et une valorisation paysagère des berges de la Garonne en rive gauche.

Les scénarios C et D permettent de conserver la chute d'eau et de restaurer l'ouvrage à valeur patrimoniale et historique locale.

### *Impact sur les usages*

Pour l'ensemble des scénarios, les prélèvements en nappe et en rivière ne sont pas impactés de manière à remettre en cause leur usage. Le diagnostic a permis de montrer que le seuil de Beauregard n'avait pas d'impact sur la nappe de Boé et un impact très limité sur la nappe de Layrac. Concernant les prises d'eau en rivière, il convient de mentionner que des travaux de sécurisation des prises de Sivoizac (0,5 M€) et de Lacapelle (1,1 M€) ont été réalisés dans l'hypothèse de l'effacement du seuil de Beauregard. Les travaux de Lacapelle ont reçu des subventions à titre dérogatoire d'un montant de 417 000 € de la part de l'agence de l'eau Adour Garonne dans le cadre d'une évolution de type scénario A ou B. Dans ce cadre, les scénarios C et D, qui permettent en tant que tel une sécurisation des prises d'eau, seraient en contradiction avec les investissements réalisés.

Les activités nautiques existant avant 2005 sur le plan d'eau peuvent reprendre dans le cadre des scénarios C et D mais pas dans le cadre des scénarios A et B.

La pêche peut devenir plus intéressante à l'échelle du bassin de la Garonne dans le cadre des scénarios A et B et moins intéressante dans le cadre des scénarios C et D, compte tenu de l'impact des scénarios sur le franchissement piscicole pouvant impacter les populations de poissons migrateurs.

Les usages récréatifs informels sont favorisés dans le cadre des scénarios B, C et D, notamment avec création d'un itinéraire pédestre en rive gauche. Dans le cadre du scénario A, les accès au site ne sont pas favorisés car il peut être dangereux pour le public à l'étiage.

Enfin, le potentiel hydroélectrique est exploité dans le cadre du scénario D.

## 10.2 Synthèse de l'analyse économique et de l'analyse multicritère

### 10.2.1 Analyse économique

Les résultats de l'analyse économique doivent être interprétés comme des curseurs d'alerte permettant de différencier des effets négatifs disproportionnés par rapport aux effets positifs d'un projet.

Pour permettre une comparaison des scénarios, des fourchettes de valeurs ont été construites, à partir d'une méthodologie commune à tous les scénarios et d'une même valeur guide pour chaque type d'impact, ce qui permet de comparer les effets des différents projets.

L'utilisation de fourchettes de valeur permet d'« encadrer » l'impact probable de chaque scénario, en tenant compte des difficultés qu'il peut y avoir à isoler l'effet du seuil de Beauregard.

Sous ces réserves, les conclusions de l'analyse économique sont les suivantes :

- le scénario A présente les coûts les plus faibles et un bénéfice environnemental très important, malgré l'incertitude sur sa valeur absolue (l'amplitude entre la fourchette haute (243 M€) et la fourchette basse (52 M€) de la valeur patrimoniale étant importante) ;
- le scénario C présente un bilan nettement négatif, avec et sans coût patrimonial ;
- le scénario D est le seul à permettre une exploitation financière de l'ouvrage et donc la génération d'un bénéfice marchand suffisamment significatif pour être monétarisé, mais les coûts demeurent disproportionnés, notamment en raison du coût patrimonial ;
- le scénario B présente le bilan global le plus favorable : les coûts pour la société sont relativement faibles, pour des gains (non-marchands) très importants. Le scénario B2, s'il nécessite un investissement légèrement plus important, permet également de maximiser les gains environnementaux par rapport aux espèces patrimoniales (valeur patrimoniale et bénéfice non-marchand de la pêche).

La valeur patrimoniale du milieu est un élément important dans le processus de prise de décision ; ne pas la prendre en compte reviendrait à sous-estimer le bilan global de chaque scénario, car les enjeux patrimoniaux sont forts. Cependant, les calculs révèlent que, même sans prendre en compte cette valeur, la comparaison entre les scénarios reste globalement la même, si ce n'est que le scénario D présente un bilan plus équilibré sans valeur patrimoniale qu'avec.

### 10.2.2 Analyse multicritère

L'analyse multicritère des scénarios a été réalisée avec les critères :

- Economie (coûts d'investissement, coûts d'entretien et de fonctionnement et revenus directs évalués sur 50 ans),
- Environnement (continuité écologique et non dégradation de la masse d'eau),
- Usages indirects, valorisation paysagère et patrimoniale.

Les méthodes de la somme pondérée et Electre III et IV (surclassement) ont été utilisées.

Les évaluations des scénarios pour chaque critère ont été réalisées sur une échelle de 1 (pour le scénario le moins performant sur ce critère) à 9 (pour le scénario le plus performant sur ce critère) en fonction du diagnostic et des études de définition des scénarios et de leurs impacts.

Une gamme de pondération des critères a été utilisée afin d'évaluer la sensibilité de la méthode aux pondérations.

L'analyse multicritère favorise le scénario B2, mais aussi dans une moindre mesure le scénario B1 (soit premier ex æquo, soit second). Le scénario D est classé en dessous, second par la méthode Electre. Les scénarios A et C obtiennent les moins bons résultats par cette analyse multicritère.

Par ailleurs, le critère de faisabilité réglementaire conforte les scénarios A et B par rapport aux scénarios C et D.

### 10.2.3 Conclusion des analyses

L'analyse économique et l'analyse multicritère tendent à mettre en avant le scénario B, et plus particulièrement le scénario B2.

Ces analyses restent cependant des outils d'aide à la décision : il n'appartient pas au technicien de prendre la décision.

La décision sur le devenir du seuil de Beauregard devra être prise par les collectivités territoriales et/ou l'Etat, qui pourront s'appuyer sur cette étude afin de cerner les avantages, les limites et les risques réglementaires des différentes options envisageables.

# Annexe 1

## Références

## Références

- [1] Etude de choix sur l'avenir du seuil de Beauregard 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 Beauregard 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 Beauregard, 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 Beauregard 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.
- [32] Barrage de Beauregard, Etude sur modèle réduit d'une passe à poissons, IMFT pour la DDE47, 1984
- [33] Passes à poissons, expertise et conception des ouvrages de franchissement, Larinier, Porcher, Travade et Gosset, Conseil Supérieur de la Pêche.
- [34] Evolution du climat en France au 21<sup>ème</sup> siècle et impacts sur l'hydrologie du bassin Adour-Garonne, Laurent Terray, Julien Boé (CERFACS) et Eric Martin (Météo France), communication dans le cadre du colloque « Changements globaux : les enjeux pour l'eau », organisé par l'Agence de l'Eau Adour Garonne, 7 novembre 2007.
- [35] Tests d'évaluation des dommages subis par les juvéniles de salmonidés et les anguilles argentées en dévalaison lors de leur transit à travers le groupe turbogénérateur VLH installé sur le Tarn à Millau – Tests de février 2008 sur les smolts de saumon atlantique, Ecogea pour F.M.F.
- [36] Méthode multicritère Electre, description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale, Maystre, Pictet et Simos, presses polytechniques et universitaires romandes, 1994.



## Annexe 2

# Plan topographique du seuil (Géomètre expert Pascual, août 2008)



## Annexe 3

# Reconnaisances géotechniques et prélèvements sédimentaires (Geotec, août 2008)



# Annexe 4

## Analyse juridique et réglementaire

## Annexe 5

# Arrêté du 1 mars 2007 sur les conditions d'achat de l'électricité produite par l'énergie hydraulique

## Annexe 5 : Arrêté du 01 mars 2007

**Article 1** Le présent arrêté fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs, cours d'eau et mers, telles que visées au 1° de l'article 2 du décret du 6 décembre 2000 susvisé. Ces installations sont de deux types :

1. Les installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs et cours d'eau ;
2. Les installations utilisant l'énergie houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique.

L'électricité produite à partir de systèmes de stockage nécessitant de l'énergie pour leur remplissage ne bénéficie pas de l'obligation d'achat.

**Article 2** L'installation du producteur est décrite dans le contrat d'achat, qui précise ses caractéristiques principales :

1. Nombre et type de générateurs ;
2. Puissance maximale installée ;
3. Puissance active maximale de fourniture (puissance maximale produite par l'installation et fournie à l'acheteur) et, le cas échéant, puissance active maximale d'autoconsommation (puissance maximale produite par l'installation et consommée par le producteur pour ses besoins propres) ;
4. Productibilité moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie que l'installation est susceptible de produire en moyenne sur une période d'un an) ;
5. Fourniture moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie que le producteur est susceptible de fournir à l'acheteur en moyenne sur une période d'un an) et, le cas échéant, autoconsommation moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie que le producteur est susceptible de consommer pour ses besoins propres en moyenne sur une période d'un an) ;
6. Point de livraison ;
7. Tension de livraison.

**Article 3** L'hiver tarifaire est compris entre le 1er novembre et le 31 mars. L'été tarifaire est compris entre le 1er avril et le 31 octobre. Toutefois, en Corse, l'hiver tarifaire est compris entre le 1er novembre et le dernier jour de février. L'été tarifaire est compris entre le 1er mars et le 31 octobre.

Les heures creuses correspondent aux heures comprises entre 22 heures et 6 heures (entre 23 heures et 7 heures pendant la période d'été où l'heure légale est décalée d'une heure) et à toute la journée du dimanche.

Les heures de pointe comprennent 2 heures le matin et 2 heures le soir, correspondant aux heures de pointe du tarif Vert A5 Base, tous les jours sauf le dimanche, de décembre à février inclus.

En métropole, un producteur bénéficie, selon son choix, d'une tarification à une, deux, quatre ou cinq composantes. Un producteur situé hors de la métropole bénéficie d'une tarification à une composante.

**Article 4** La date de demande complète de contrat d'achat par le producteur détermine les tarifs applicables à une installation. Cette demande est considérée comme étant complète lorsqu'elle comporte la copie de la lettre de notification mentionnée à l'article R. 421-12 du code de l'urbanisme, lorsqu'un permis de construire est nécessaire, ainsi que les éléments définis à l'article 2 du présent arrêté.

Si la demande complète de contrat est effectuée en 2007, les tarifs applicables sont ceux de l'annexe du présent arrêté.

Si la demande complète de contrat d'achat est effectuée après le 31 décembre 2007, les tarifs applicables sont ceux de l'annexe du présent arrêté indexés au 1er janvier de l'année de la demande par application du coefficient K défini ci-après :

$$K = 0,5 \times \frac{ICHTTS_1}{ICHTTS_0} + 0,5 \times \frac{PPEI}{PPEI_0}$$

formule dans laquelle :

- ICHTTS1 est la dernière valeur définitive connue au 1er janvier de l'année de la demande de l'indice du coût horaire du travail (tous salariés) dans les industries mécaniques et électriques ;
- PPEI est la dernière valeur définitive connue au 1er janvier de l'année de la demande de l'indice des prix la production de l'industrie et des services aux entreprises pour l'ensemble de l'industrie (marché français) ;
- ICHTTS10 et PPEI0 sont les dernières valeurs définitives connues à la date de publication du présent arrêté.

**Article 5** Peut bénéficier d'un contrat aux tarifs définis dans les conditions indiquées à l'article 4 ci-dessus, dans la mesure où elle respecte à la date de signature du contrat les conditions des décrets du 6 décembre 2000 et du 10 mai 2001 susvisés, une installation :

1. Mise en service pour la première fois après la date de publication du présent arrêté et dont les organes fondamentaux (générateurs) n'ont jamais produit d'électricité à des fins d'autoconsommation ou dans le cadre d'un contrat commercial. Le contrat est alors conclu pour une durée de 20 ans à compter de la mise en service industrielle de l'installation. Cette mise en service doit avoir lieu dans un délai de 4 ans à compter de la date de demande complète de contrat par le producteur. En cas de dépassement de ce délai, la durée du contrat est réduite d'autant ;

2. Dont la puissance maximale installée et la productibilité moyenne annuelle estimée sont augmentées de plus de 10 %. Un contrat additionnel est alors conclu pour une durée de 20 ans à compter de la mise en service industrielle de l'installation modifiée pour les kWh supplémentaires produits, calculés mensuellement et selon la même saisonnalité que le contrat initial selon la formule suivante :

$$[(\text{Puissance finale} - \text{Puissance initiale}) / \text{Puissance finale}] \times \text{nombre total de kWh produits.}$$

Le tarif appliqué jusqu'au terme du contrat additionnel à ces kWh supplémentaires est celui qui serait appliqué à une installation dont la puissance correspondrait à la puissance finale.

**Article 6** Un producteur, qui a déposé une demande complète de contrat d'achat sur la base de l'arrêté du 25 juin 2001 modifié fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs, cours d'eau et mers pour une installation dont la mise en service n'est pas intervenue à la date de publication du présent arrêté, peut déposer une nouvelle demande de contrat d'achat sur la base du présent arrêté. Cette dernière demande annule et remplace la précédente demande.

**Article 7** Une installation mise en service avant la date de publication du présent arrêté, ou qui a déjà produit de l'électricité à des fins d'autoconsommation ou dans le cadre d'un contrat commercial, et qui n'a jamais bénéficié de l'obligation d'achat peut bénéficier d'un contrat d'achat aux tarifs définis dans les conditions indiquées à l'article 4 ci-dessus et multipliés par le coefficient S défini ci-après :

$S = (20 - N)/20$  si N est inférieur à 20 ans ;

$S = 1/20$  si N est supérieur ou égal à 20 ans,

où N est le nombre d'années, entières ou partielles, comprises entre la date de mise en service de l'installation et la date de signature du contrat d'achat.

Le producteur fournit à l'acheteur une attestation sur l'honneur précisant la date de mise en service de l'installation. Le producteur tient les justificatifs correspondants (factures d'achat des composants, contrats d'achat, factures correspondant à l'électricité produite depuis la mise en service) à la disposition de l'acheteur.

**Article 8** Chaque contrat comporte les dispositions relatives à l'indexation des tarifs qui lui sont applicables. Cette indexation s'effectue annuellement au 1er novembre par l'application du coefficient L défini ci-après :

$$L = 0,4 + 0,45 \times \frac{ICHTTS1}{ICHTTS_0} + 0,15 \times \frac{PPEI}{PPEI_0}$$

formule dans laquelle :

- ICHTTS1 est la dernière valeur définitive connue au 1er novembre de chaque année de l'indice du coût horaire du travail (tous salariés) dans les industries mécaniques et électriques ;

- PPEI est la dernière valeur définitive connue au 1er novembre de chaque année de l'indice des prix à la production de l'industrie et des services aux entreprises pour l'ensemble de l'industrie (marché français) ;
- ICHTTS10 et PPElo sont les dernières valeurs définitives connues à la date de prise d'effet du contrat d'achat.

## **ANNEXES DE L'ARRETE**

### **Annexe 1 : Tarifs mentionnés à l'article 3 de l'arrêté**

L'énergie électrique active fournie par le producteur est facturée à l'acheteur sur la base des tarifs ci-dessous, exprimés en cEUR/kWh hors TVA. Ils peuvent inclure une prime pour les petites installations, appelée MP, ainsi qu'une majoration de qualité appelée MQ.

I. - Pour les installations visées au 2° de l'article 1er, le tarif applicable à l'énergie active fournie est égal à 15 cEUR/kWh.

II. - Pour les installations visées au 1° de l'article 1<sup>er</sup>, le tarif applicable à l'énergie fournie est égal à :

$$T + MP + MQ$$

Formule dans laquelle :

- T est le tarif de référence, défini conformément au tableau ci-dessous ;
- MP est la prime pour les petites installations, calculée en fonction de la puissance maximale installée P, et définie conformément au tableau ci-dessous ;
- MQ est la majoration de qualité, attribuée en fonction de la régularité de la chute, calculée selon les principes et modalités définis au III de la présente annexe.

Tarif à une composante	-	Tarif T	Prime MP (c€/kWh)		
			P < 400 kW	600 kW < P < 2 500 kVA	P > 3 000 kW
Tarif à deux composantes	Hiver	6,07	2,5	0,5	0
	Été	8,38	3,45	0,69	0
		4,43	1,82	0,36	0
Tarif à quatre composantes	Hiver pleines	10,19	4,20	0,84	0
	Hiver creuses	5,95	2,45	0,49	0
	Été pleines	4,55	1,87	0,37	0
	Été creuses	5,25	1,75	0,35	0
Tarif à cinq composantes	Hiver pointe	17,72	7,30	1,46	0
	Hiver pleines	8,92	3,67	0,73	0
	Hiver creuses	5,95	2,45	0,49	0
	Été pleines	4,55	1,87	0,37	0
	Été creuses	4,25	1,75	0,35	0
Pour les départements d'outre-mer, dans la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon et à Mayotte		9	2,50	0,50	0

*Caractéristiques techniques et financières du projet*

Pour la prime MP, les valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire.

### **Annexe 2 : Majoration de qualité**



## 1. Les principes

1.1. En métropole, une majoration MQ, fixée au contrat d'achat pour une durée de cinq ans et révisable à la demande de l'une ou l'autre des parties à la fin de chaque période de cinq ans, est appliquée en hiver en fonction de la régularité interannuelle de la chute.

Cette régularité est évaluée à partir des productions mensuelles totales des années antérieurement connues, prises consécutivement jusqu'à concurrence de quinze ans.

Un coefficient d'irrégularité est calculé pour les mois d'hiver. Sa valeur permet de calculer un taux, qui, appliqué à la majoration maximum, donne la valeur de la majoration de qualité effective.

1.2. Les productions retenues peuvent être corrigées des défaillances imputables soit à des accidents survenus au matériel ou aux ouvrages de génie civil, soit à des arrêts d'entretien normal, dont l'époque et la durée ont été décidées en accord avec l'acheteur.

En outre, pour le calcul des coefficients d'irrégularité, seront éliminés, jusqu'à concurrence de 10 % du nombre total des mois pris en compte (ce nombre total de mois sera si besoin arrondi à l'entier supérieur le plus proche), ceux dont la production a été la plus faible.

1.3. Dans les cas suivants : création d'une nouvelle centrale, augmentation de la puissance des groupes d'une centrale existante, ou modification significative du mode d'exploitation (changement des débits réservés...), la détermination des taux de majoration de qualité au titre des cinq premières années d'exploitation se fait selon les modalités suivantes :

- pour les cinq premières années, le producteur annonce à l'acheteur la fraction de la majoration maximum qu'il estime pouvoir tenir ;

- cette valeur est appliquée les cinq premières années.

A la fin de la cinquième année, les taux réels sont calculés au vu des productions des cinq premières années d'exploitation de la centrale. Une régularisation est alors effectuée sur les cinq années qui viennent de s'écouler à partir de la formule suivante :

$$F = PH \times tH \times LH$$

F : somme à rembourser à l'acheteur ou au producteur.

PH : majoration de qualité maximum (en cEUR/kWh) aux conditions économiques en vigueur au moment de la régularisation.

tH : écart entre le taux de majoration calculé à la fin de la période de cinq ans et celui annoncé par le producteur.

LH : livraisons faites en hiver par le producteur au cours des cinq premières années.

Le taux calculé à la fin des cinq premières années est appliqué pour les cinq années suivantes.

A l'issue des dix premières années, un calcul identique à celui de la fin de la cinquième année est effectué à partir des productions observées pendant les dix années précédentes. Le pourcentage de majoration de qualité maximum nouvellement calculé devient la référence pour les cinq années suivantes.

Par contre, aucune régularisation financière de majoration de qualité n'est effectuée sur les cinq années écoulées.

1.4. Dans les départements d'outre-mer et la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon, les principes sont identiques mais la majoration de qualité effective est attribuée en été et en hiver.

## 2. Calcul de la majoration de qualité

Sont considérés en hiver les seuls mois de décembre, janvier et février, soit 3 x n mois pour la période des n années retenues.

Comme prévu au paragraphe 1.2 de la présente annexe, un nombre de mois m peut être éliminé jusqu'à concurrence de 10 % du nombre total des mois pris en compte.

La production moyenne P<sub>moy</sub> est le quotient par (3 n - m) de la somme des productions des (3 n - m) mois en cause.

La production P<sub>max</sub> est la plus élevée des (3 n - m) productions mensuelles et la production minimum P<sub>min</sub> la plus faible.

Les coefficients d'irrégularité sont calculés comme suit :

$$I1 = (Pmax - Pmoy) / Pmoy$$

$$I2 = (Pmoy - Pmin) / Pmoy$$

En hiver, les défaillances prolongées étant beaucoup plus désavantageuses, le coefficient d'irrégularité pris est :

$$I = (I1 + 3 I2) / 4$$

La chute ayant un coefficient I supérieur à 70 % ne donne droit à aucune majoration.

La chute ayant un coefficient I égal à 50 % est considérée comme une chute moyenne, donnant droit à une majoration égale à la moitié du maximum prévu.

La chute ayant un coefficient I inférieur à 20 % est considérée comme une très bonne chute, donnant droit à la majoration maximum.

Les valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire.

En cas de suspension du contrat dans le cadre de la loi n° 84-512 sur la pêche en eau douce, le calcul de la majoration de qualité est repris pour tenir compte des conditions réelles de production après redémarrage de la centrale.

### **3. Valeur de la majoration de qualité maximale**

La majoration de qualité maximale, exprimée en cEUR/kWh hors TVA, est égale à 1,68 cEUR/kWh. Cette valeur est indexée au 1er janvier de l'année de la demande de contrat d'achat par application du coefficient K défini à l'article 4 du présent arrêté.

Le contrat précise le pourcentage de la majoration de qualité maximale attribuée à l'installation du producteur pour chaque période quinquennale prévue.

# Annexe 6

## Synthèse des scénarios et de leurs impacts

# Annexe 7

## Présentation générale de la méthode d'analyse multicritère

# Présentation générale de la méthode d'analyse multicritère

## Qu'est ce qu'une analyse multicritère ?

L'analyse multicritère est une méthode qui permet d'orienter un choix sur la base de plusieurs critères communs. Cette méthode est essentiellement destinée à la compréhension et à la résolution d'un problème de décision. Elle est utilisée pour porter un jugement comparatif entre des projets ou des mesures hétérogènes.

Sur la base de plusieurs critères acceptés de tous, les décideurs sont en mesure d'intégrer, dans un cadre prospectif ou rétrospectif, la diversité des opinions concernant les projets. Cette méthode implique la participation des acteurs (décideurs, techniciens, bénéficiaires, etc.) et aboutit à des conseils opérationnels et à des recommandations.

Pour pouvoir être conduite, l'analyse multicritère nécessite de disposer d'un ensemble d'actions ou variantes en compétition. Pour ces actions l'analyse va successivement bâtir :

- une famille de critères, permettant de juger ces actions,
- un tableau de performance des actions par critère,
- une agrégation des résultats aboutissant à un classement par préférence.

L'analyse multicritère peut se faire à partir d'informations à la fois objectives et subjectives. Son but est d'aboutir à une solution par la simplification du problème, tout en respectant les préférences des acteurs.

## Quel est le contexte d'origine de l'analyse multicritère et quelles sont ses principales évolutions ?

A l'origine, cette méthode a été développée dans le cadre des sciences économiques et du génie industriel. L'analyse multicritère, également nommée « aide multicritère à la décision », connaît un développement très important depuis la deuxième moitié des années 1970 et peut être désormais considérée comme un outil scientifique à part entière.

Parallèlement au développement de l'outil, ses formes d'utilisation ont évolué. L'analyse est dorénavant principalement utilisée pour fournir aux décideurs le moyen de progresser dans la résolution de problèmes décisionnels faisant intervenir plusieurs points de vue, même s'ils sont contradictoires.

## Quelles sont les catégories principales de l'analyse multicritère ?

Il existe de nombreuses méthodes d'analyse multicritère qui peuvent se regrouper en 4 catégories distinctes :

- **Sans compensation.** Ces méthodes comprennent une hiérarchisation des critères et une définition de seuils binaires pour chaque critère. Elles conduisent lors de l'examen systématique des actions pour chaque critère, à leur exclusion ou à leur

maintien pour examen au regard du critère suivant et ainsi de suite. Les phases préliminaires d'évaluation des offres de candidats aux appels d'offres de la Commission européenne utilisent cette catégorie de méthodes : critère d'exclusion, puis critère de sélection, etc.

- **Agrégation complète.** Dans ces méthodes, un indice de synthèse permet de représenter l'agrégation de tous les critères. Ceci implique que les critères soient tous mesurables et que les préférences soient mathématiquement rationnelles. Dans cette catégorie d'analyses multicritère, les compensations peuvent se faire et toutes les variantes sont comparables. Cette catégorie de méthode s'applique aux situations simples et circonscrites. Les méthodes nommées : **moyenne pondérée**, Utilité Additives (UTA), Goal Programming, Analytic Hierarchy Process (AHP) et Multi Attribute Utility Theory (MAUT) font partie de cette catégorie. La plus simple de ces méthodes, la moyenne pondérée, analyse, par exemple, la moyenne obtenue par un élève lors d'un examen universitaire. Les critères correspondent aux matières, leur pondération aux coefficients et les performances aux notes par matière.
- **Agrégation partielle.** Ces méthodes se caractérisent par la prise en compte de situations d'incomparabilité en adoptant un système de préférence. L'analyse est conduite sur la base d'une comparaison entre des actions classées par couple et basée sur un indice de surclassement. Ces méthodes présentent l'avantage de pouvoir comparer des situations complexes, naturellement incomparables en incluant des critères de natures très différentes (objectifs et subjectifs). C'est dans cette catégorie que se trouvent les méthodes les plus connues comme **Electre**, Prométhée, Oreste, Macbeth etc.
- **Agrégation locale.** La particularité de cette catégorie de méthodes repose sur son caractère itératif, basé sur les préférences du décideur. Dans ce type de méthodes les décideurs sélectionnent une variante, élaborent une proposition de quelques alternatives puis reprennent l'analyse en boucle. Ces approches ne mettent en jeu qu'un petit nombre d'actions et nécessitent une grande implication des décideurs. Parmi ces méthodes figurent la programmation linéaire multiple, PREFCALC, UTA interactive, etc.

## Quels sont les avantages et les inconvénients de l'outil ?

### *Avantages*

L'avantage le plus important de l'analyse multicritère est sa capacité à pouvoir simplifier des situations complexes. Il est en effet admis qu'au-delà de quelques critères, la plupart des décideurs ne sont plus capables d'intégrer la totalité de l'information dans leur jugement. L'analyse multicritère permet alors en décomposant et en structurant l'analyse de procéder pas à pas vers la recherche d'une solution, en toute transparence.

Cette transparence est également un des atouts de la méthode. Même si les outils mathématiques ou cartographiques utilisés pour traiter l'information peuvent être complexes, la bases sur lesquelles s'effectuent les choix des critères et la notation des performances sont en revanche souvent simples, compréhensibles et mis au point par le groupe qui conduit l'analyse. De ce fait, les acteurs impliqués dans le processus ont une bonne visibilité de la démarche et des choix opérés successivement.

Grâce à une approche homogène et simultanée lors de l'évaluation d'un grand nombre d'objets, la méthode permet également une appréciation stable des différents éléments entrant dans l'analyse. En ce sens, elle rationalise le processus conduisant aux choix.

Du fait de ses avantages, l'analyse multicritère est devenue un outil très utilisé dans la résolution de problèmes complexes, dans des contextes conflictuels comme l'aménagement du territoire par exemple. La clarté de la méthode permet de "dépasionner" le débat et de surcroît, de développer la communication entre les acteurs. Elle constitue ainsi un outil de négociation utile aux débats entre les usagers.

### *Inconvénients*

Un minimum de points d'accord entre les acteurs est un préalable indispensable à l'analyse. Ainsi, par exemple, une analyse multicritère des objectifs opérationnels d'un programme ne peut être conduite que si les acteurs sont d'accord avec l'objectif global et si possible l'objectif spécifique du programme.

Les difficultés opérationnelles pour choisir les actions ou variantes à étudier, pour définir les critères de comparaison et pour produire les grilles de notation, ne sont pas à sous estimer. Les débats pour résoudre ces points essentiels à la réussite de l'exercice peuvent parfois être très longs et compliqués.

## Comment mettre en œuvre une analyse multicritère ?

### *Les étapes de l'analyse multicritère*

L'analyse multicritère est réalisée en suivant les étapes :

1. Choix du domaine d'application de l'analyse multicritère et identification de sa logique d'intervention
2. Choix du (ou des) groupe de négociation ou de jugement
3. Choix de l'équipe technique chargée d'appuyer le groupe de jugement
4. Etablissement de la liste des solutions potentielles, scénarios, variantes ou actions en concurrence à intégrer dans l'analyse multicritère
5. Identification et sélection des critères de jugement
6. Détermination du poids relatif de chaque critère
7. Jugement par critère
8. Agrégation des jugements

### *Identification et sélection des critères de jugement*

Cette étape est centrale dans l'analyse multicritère. Elle peut être très technique et doit au minimum répondre à certaines règles.

#### Les règles pour l'identification des critères

Les règles de base pour la définition des critères peuvent être résumées ainsi :

- les critères doivent être définis avant de réaliser l'analyse, à partir de règles connues de tous et acceptées par tous,
- ils doivent être **exhaustifs** et tenir compte de tous les points de vue exprimés par les membres du "groupe", (ex : préoccupations économiques de certains acteurs et écologiques par d'autres). Si deux actions ont la même évaluation pour tous les critères, alors elles sont indifférentes (on ne peut pas préférer l'une à l'autre). Dans le cas contraire, cela veut dire que certains éléments d'appréciation n'ont pas été pris en compte dans la famille des critères,
- ils doivent former un ensemble **cohérent** qui aboutit à des résultats plausibles et incontestables. L'exigence de cohérence se traduit par le fait que si une action A est

évaluée égale à une action B sur l'ensemble des critères sauf un critère pour lequel A est supérieure à B alors on peut affirmer que l'action A est à préférer à l'action B,

- ils ne doivent pas être redondants entre eux (ex : une même préoccupation ne doit pas être prise en compte dans plusieurs critères). L'exigence de **non-redondance** implique que la suppression d'un des critères conduit à une famille de critères ne satisfaisant plus une au moins des deux exigences précédentes.

Chacun des critères peut, si besoin, être décomposé en sous critères.

Il est important que l'ensemble des points de vue des différents acteurs soient intégrés d'une manière ou d'une autre dans le système de critères.

#### Les familles de critères

Les critères peuvent être très variés. Dans la bibliographie, il est courant de trouver les quatre familles de critères suivantes, facilement applicables à tous les domaines :

- économiques,
- environnementaux,
- sociaux ou organisationnels,
- légaux et politiques.

A ces familles, peuvent s'ajouter si nécessaire des critères technologiques liés en particulier à la fiabilité de certaines technologies et des critères d'utilité du programme.

#### *Détermination du poids relatif de chaque critère*

Une fois les critères établis, une des règles de l'analyse multicritère est de pondérer ces critères entre eux afin de prendre en compte leur importance relative aux yeux des acteurs.

Dans la plupart des cas, le poids des critères ne fait pas l'objet d'un consensus. Il est donc possible pour chaque acteur de donner un poids différent à chaque critère. Cette étape peut alors révéler, tout comme l'étape du choix des critères, d'importantes divergences d'opinion entre les acteurs.

#### Instauration de seuils de veto, d'indifférence et de préférence

Certains critères peuvent avoir une importance telle qu'ils ne peuvent être traités de la même manière que les autres. C'est le cas des critères pour lesquels peut s'appliquer la notion de seuil de veto. Ils peuvent être en valeur absolue ou relative, intervenir seuls ou en série, etc. selon les choix faits par le groupe. Des seuils de veto correspondant à des exigences réglementaires peuvent intervenir.

Les seuils de préférence et d'indifférence méritent également d'être définis, en fonction du degré de précision des données qui permettent de mesurer le critère.

#### *Jugement par critère*

Une fois les critères établis, il convient pour chaque acteur de juger chaque action à comparer au regard de chacun des critères. Dans le cadre de l'évaluation, cette étape est souvent construite en deux temps :

- dans un premier temps on étudie les impacts des actions au regard du critère,
- dans un second temps on procède au jugement des impacts.

#### Etude des impacts des actions au regard des critères

L'évaluation des impacts peut être réalisée par les techniciens.

#### Notation et jugement des actions par critère

La notation du groupe, et in fine le jugement, portée sur chaque action par rapport à chaque critère est le résultat du travail précédent.

Pour faciliter les calculs, si on n'a pas recours à des logiciels autorisant toutes les possibilités de l'analyse multicritère, la transformation des avis qualitatifs en valeur permet de simplifier la suite de l'analyse, même si cette opération conduit parfois à un appauvrissement de la qualité de l'information détenue.

Le traitement de la notion relative à l'opposition de la population, qui peut être moins forte pour une action, est délicate à transformer en valeur. Une façon de contourner cette difficulté est d'arriver à faire exprimer aux acteurs leur perception de l'écart entre deux situations. Le développement des outils informatiques d'aide à la réalisation d'analyse multicritère permet d'intégrer facilement ces notions de préférence, auxquelles aucune valeur absolue n'est attachée.

Une fois ces opérations faites, chaque action est dotée d'une note par critère. Cette notation permet de comparer à la fois les actions entre elles et les avis entre acteurs pour une même action.

### *Agrégation des jugements*

#### Les risques dans les méthodes de codage des données

C'est un point crucial de l'analyse et c'est loin d'être le plus facile à réussir. En effet, une fois les actions notées par critère, la tentation est grande d'appliquer les opérations mathématiques simples pour comparer les actions. Or il est nécessaire de maîtriser parfaitement les méthodes employées, sinon le risque est grand d'aboutir à des incohérences et à des résultats peu ou pas crédibles.

Ainsi **la somme pondérée** qui s'applique parfaitement à des mesures de valeurs réelles, comparables entre elles, devient vite incertaine lorsqu'elle cumule des valeurs de nature différentes. Il faut d'abord vérifier que toutes les données fonctionnent dans le même sens par rapport à la préférence des acteurs du groupe (ex : la surface d'un ouvrage est préférée lorsqu'elle est plus réduite). L'usage de notations par critère utilisant des classes (ex : classe de surface d'emprise) ou un rang (ex : action classée première sur tel critère) permettent de relativiser les écarts entre critères. Cependant, le risque d'aboutir à des résultats peu satisfaisants demeure. Il est important à ce stade de tester si plusieurs manières de conduire l'opération aboutissent ou non à des résultats similaires ou extravagants (ex : action classée première dans une grille et dernière dans l'autre en changeant juste une échelle sur un paramètre). Si la somme pondérée est maintenue par le groupe comme manière d'agréger les résultats, cela signifie que ceux-ci reconnaissent en fait que toutes les compensations sont possibles entre critère.

Le produit pondéré est également souvent utilisé. Malgré les risques mathématiques, son usage permet de mieux tenir compte des extrêmes. Il permet en cela de mieux considérer ce que certains membres du groupe pensent comme non ou mal compensable. Par ailleurs, le veto peut être exprimé ici par une valeur égale à zéro d'une note sur un critère.

D'autres approches mathématiques sont pratiquées pour tenter de retirer les biais comme ceux relevés dans l'exemple. Celles-ci peuvent être très techniques et requérir l'appui d'un spécialiste, en particulier pour connaître les limites de leur usage.

#### L'approche par le surclassement

Les spécialistes de l'analyse multicritère se sont rapidement heurtés à des difficultés lorsque les actions en compétition étaient peu, voire pas comparables entre elles. Dès lors trois concepts de base pour qualifier la préférence ont été développés dans les analyses multicritères plus récentes :

- la préférence, qui marque clairement le choix d'un acteur pour une action plutôt qu'une autre,

- l'indifférence, lorsque l'acteur n'arrive pas à distinguer de manière suffisamment nette deux actions,
- l'incomparabilité qui représente la difficulté que rencontre un acteur à comparer deux actions entre elles. La notion de surclassement est alors basée sur le fait qu'entre deux actions incomparables ou difficiles à comparer, un acteur va se prononcer sous la forme que l'action A est au moins aussi bonne ou pas pire que l'action B.

Les méthodes ayant recours à ces concepts très subtils, indispensables dans une analyse des préférences, sont toutes basées sur des logiciels qui facilitent grandement l'élaboration des résultats, du test de sensibilité, des démarches itératives, etc. et qui évitent les lourdeurs de calculs.

#### Le tableau de performance

Quelles que soient les méthodes retenues pour réaliser les calculs et les agrégations, l'analyse multicritère produit un (ou plusieurs) tableau de performance permettant de synthétiser les résultats obtenus par action pour chaque critère (éventuellement pour chaque acteur).

Si l'analyse multicritère est faite à partir d'une pondération propre à chaque acteur, alors une interprétation des tableaux de performance est nécessaire et éventuellement un retour vers le groupe pour pouvoir progresser à nouveau dans l'analyse.

Ce retour peut se faire à partir :

- d'une simple restitution au groupe des jugements de chaque membre du groupe si aucune négociation n'est liée à l'analyse multicritère,
- d'une recherche de la meilleure ou des meilleures solutions pour le groupe. Différentes techniques existent : en éliminant les actions les moins bonnes (celles qui ont les scores les plus bas ou le minimum de préférence) ou en essayant de trouver les meilleures (maximum de préférence). Ces techniques souvent itératives à ce stade ont pour but de tendre vers un certain consensus.

#### *Test de la sensibilité*

Il est important, lorsque l'on a construit avec le groupe l'ensemble du système préparant l'analyse, de tester sa sensibilité. Ce test consiste à observer l'effet de modifications des paramètres choisis par le groupe, sur les résultats de l'analyse. L'ensemble des règles fixées par le groupe peut ainsi être testé, afin de voir par exemple, si des variations de notation de performances par critère, de pondération, d'agrégation de sous critères dans un critère, de définition d'un seuil, etc. ont un effet excessif ou non sur les résultats de l'analyse. Dans les analyses longues et complexes des tests peuvent se faire à plusieurs étapes du processus.