

Conseil Général du Tarn

Volume 2 – Dossier d'autorisation de travaux

RETENUE DE SIVENS BASSIN DU TESCOU

Enquêtes publiques



Avril 2012



CACG / Chemin de l'Alette BP 449 / 65004 Tarbes cedex
Tél. : +33 (0)5 62 51 71 49 / Fax : +33 (0)5 62 51 71 30 / www.cacg.fr



Aménager les territoires et gérer l'eau

CHAPITRE I - EMLACEMENT DES OUVRAGES.....	1
CHAPITRE II - CARACTÉRISTIQUES DES OUVRAGES	5
1 – Caractéristiques du bassin versant du réservoir.....	5
1.1 – Caractéristiques géographiques et géologiques	5
1.2 – Le relief et les paysages	6
1.3 – Le régime hydrologique	7
1.3.1 – En étiage.....	8
1.3.2 – En hautes eaux.....	9
1.3.3 – Les crues exceptionnelles – crue de projet et crue de chantier	10
2 – Caractéristiques topographiques de la cuvette.....	13
3 – Caractéristiques géotechniques du site.....	15
3.1 – Les fondations	15
3.2 – Les matériaux d’emprunt	19
3.3 – Identification des zones d’emprunt	24
4 – Sismicité du site	25
5 – Stabilité des versants de la cuvette	26
6 – Contraintes particulières du site	26
7 – Choix du type de barrage	27
7.1 – Choix du type de barrage	27
7.2 – Caractéristiques dimensionnelles du réservoir.....	27
8 – Description des ouvrages	29
8.1 – Le noyau du barrage.....	29
8.2 – Etanchéité en fondation du barrage	29
8.3 – Filtre et transition dans le corps du barrage	30
8.4 – Recharges des talus amont et aval du barrage.....	30
8.5 – Les parements du barrage.....	31
8.6 – Le dispositif d’auscultation.....	31
8.7 – Ouvrage de prise et conduite de vidange.....	32
8.8 – Système de protection contre les crues	33
8.9 – Chambre des vannes et chenal de restitution	34
8.10 – Equipements de télégestion	35
8.11 – Stations de mesure.....	36
8.12 – Les travaux routiers et d’infrastructures	38
8.13 – Les rétablissements de réseaux.....	40
9 – Calcul de stabilité des ouvrages	40

10 – Organisation du chantier.....	41
11 – Synoptique.....	43
CHAPITRE III - RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE	45
CHAPITRE IV - EXPLOITATION DES AMÉNAGEMENTS.....	47
CHAPITRE V - DOCUMENT D’INCIDENCES.....	49
CHAPITRE VI - MOYENS DE SURVEILLANCE ET D’INTERVENTION	51
1 – Dispositions réglementaires	51
1.1 – Classement.....	51
1.2 – Etude de dangers	51
1.3 – Règles relatives à l'exécution des travaux et à la première mise en eau.....	51
1.4 – Règles relatives à l'exploitation et à la surveillance des ouvrages.....	51
2 – Dispositions relatives à la retenue de Sivens	52
2.1 – Classement et étude de danger	52
2.2 – Dispositions constructives	53
2.3 – Moyens de surveillance et d'intervention en phase de réalisation et de 1 ^{ère} mise en eau ..	54
2.4 – Moyens de surveillance et d'intervention en phase d'exploitation.....	54
3 – Synthèse.....	56
CHAPITRE VII - COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LE SDAGE ADOUR GARONNE	59
1 – Compatibilité du projet avec les orientations fondamentales du SDAGE	60
2 – Compatibilité du projet avec les objectifs du SDAGE.....	61
3 – Compatibilité du projet avec les dispositions du SDAGE	61
4 – Compatibilité du projet avec le programme de mesures associé au SDAGE.....	65
CHAPITRE VIII - PLANS ET ÉLÉMENTS GRAPHIQUES.....	67

MAITRE D'OUVRAGE : CONSEIL GÉNÉRAL DU TARN

SIÈGE SOCIAL : Conseil Général, Lices Georges Pompidou -81013 Albi cedex 9

Téléphone : 05 63 45 66 36

Télécopie : 05 63 45 64 43

REPRÉSENTÉ PAR : Monsieur THIERRY CARCENAC, Président

DEMANDEUR : COMPAGNIE D'AMÉNAGEMENT DES COTEAUX DE GASCOGNE (CACG)

SIÈGE SOCIAL : Chemin de l'Alette - BP 449 - 65 004 Tarbes Cedex

Téléphone : 05 62 51 71 49

Télécopie : 05 62 51 71 30

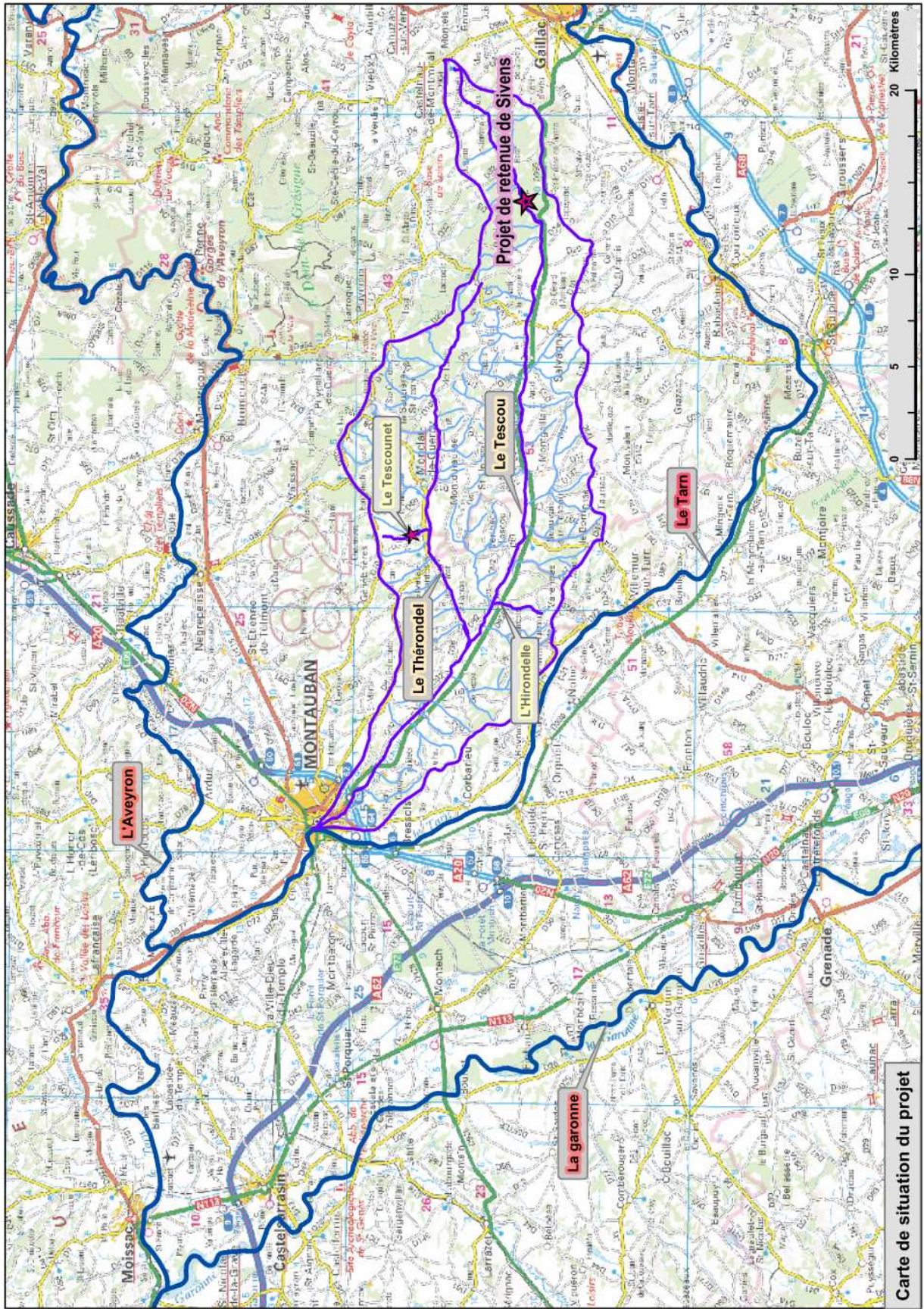
REPRÉSENTÉ PAR : Monsieur ALAIN VILLOCEL, Directeur

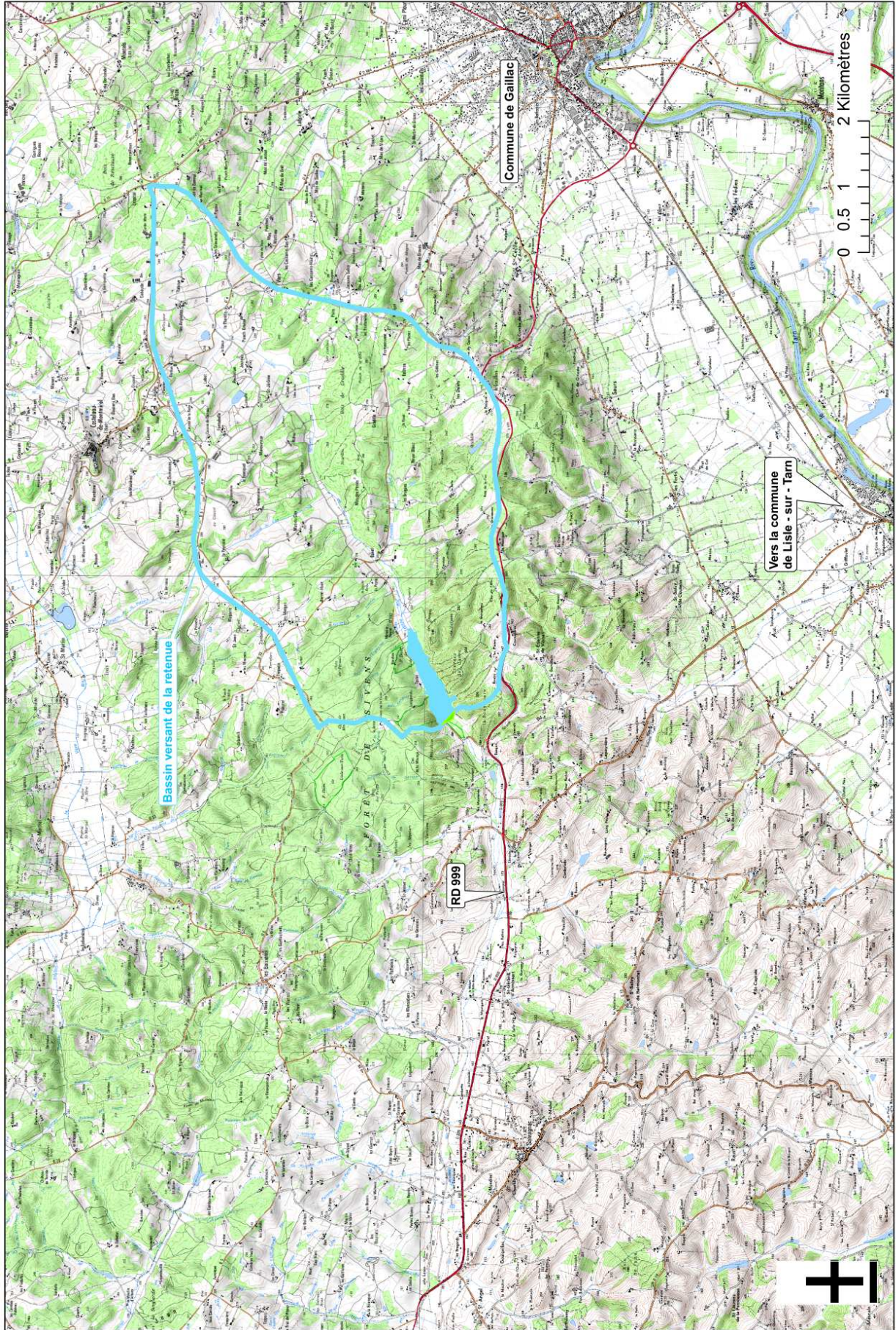
Nous invitons le lecteur à prendre connaissance, en préalable, du ***Volume 1 – Dossier d'Utilité et d'Intérêt Général*** car il explicite le contexte du projet et les objectifs de l'opération d'aménagement.

Chapitre I - Emplacement des ouvrages

Le projet de réservoir de Sivens est localisé administrativement sur la commune de Lisle-sur Tarn, dans le département du Tarn.

Les cartes suivantes situent le projet dans le département du Tarn et sur le bassin hydrographique du Tescou.





Chapitre II - Caractéristiques des ouvrages

Les caractéristiques des ouvrages présentées dans le dossier d'enquête sont issues du dossier d'avant-projet réalisé en 2009, suite aux études techniques préalables conduites depuis 1996¹, et modifié suite à l'instruction de l'étude de danger par l'Etat et les services du CEMAGREF.

Les caractéristiques dimensionnelles des ouvrages figurent dans le tableau de synthèse présenté en fin de chapitre. Les détails des ouvrages sont représentés dans les plans annexés au dossier d'enquête (cf volume 5 – dossier de plans).

1 – Caractéristiques du bassin versant du réservoir

1.1 – Caractéristiques géographiques et géologiques

Le bassin versant du Tescou repose sur des terrains sédimentaires datés du Tertiaire (Eocène et Oligocène), connus sous l'appellation générique de « molasses de l'Agenais ». Ces terrains se sont constitués à partir de matériaux provenant de l'érosion du Massif Central, ainsi que, localement, par bio-sédimentation à l'intérieur de milieux lagunaires ou lacustres lors des phases finales de comblement du bassin aquitain. Les molasses de l'Agenais présentent donc des faciès distincts :

- la géologie du bassin du Tescou en aval de Salvagnac est dominée par des alternances d'argiles et de limons, constituant une formation indifférenciée;
- l'amont du bassin, notamment dans la zone du projet de réservoir, présente au contraire une stratification différenciée avec en superposition (du bas vers le haut) des formations gréseuses (grès de La Sauzière), des accumulations de graviers et de galets inclus dans une gangue sableuse, des grès carbonatés, dont les affleurements sont visibles sur les pentes de la vallée du Tescou.

Suite à l'émergence des marges du Bassin Aquitain, l'action de l'érosion sur les formations molassiques a donné lieu à une formation particulière (les altérites de la forêt de Sivals) constituée de galets inclus dans une matrice argilo-sableuse. Cette formation se retrouve actuellement sur les sommets des collines dominant la vallée du Tescou.

Le fond de la vallée du Tescou est quant à lui occupé par des formations récentes issues de l'alluvionnement et du colluvionnement à partir des versants.

¹ Etude technique de faisabilité (1995/1996, 2001), études géotechniques complémentaires (2004, 2008-2009), étude de bilan besoins-ressources (2001 – préparation du PGE), étude d'actualisation du bilan et d'actualisation hydrologique (2008-2009), Avant Projet (2008-2009), étude de danger (2009).

Postérieurement à l'émergence du bassin Aquitain, l'érosion hydrique s'est facilement exercée sur les molasses argilo-limoneuses ; le ravinement de ces terrains par de nombreux cours d'eau et ruisseaux (dont le Tescou et ses affluents) a pratiquement fait disparaître les plateaux au profit d'un relief très vallonné, fait de collines imbriquées constituant le « pays de Monclar ».

Au niveau du site de la retenue projetée, la vallée du Tescou présente une orientation générale du Nord-Est vers le Sud-Ouest. Cette vallée est étroite (250 à 300 m de largeur) et nettement délimitée par des versants convexes qui débouchent sur des plateaux étroits entaillés par de nombreux talwegs secondaires. L'altitude du fond de vallée varie entre 180 et 190 m NGF, tandis que celle des versants s'élève jusqu'à environ 250 m NGF.

En amont du réservoir projeté, le bassin du Tescou s'inscrit pour l'essentiel dans l'unité morpho-pédologique des « coteaux et plateaux à argiles à graviers » ; les sols formés sur les dépôts molassiques ou les altérites sont des sols lessivés, acides, de texture limoneuse à limono-argileuse ; ils présentent fréquemment un niveau hydromorphe à moyenne profondeur.

Ces sols sont relativement peu profonds sur les pentes, où l'on peut localement constater l'affleurement des argiles à graviers ; ils s'approfondissent vers les bas des versants en raison des phénomènes de colluvionnement.

De façon générale, la mise en valeur de ces sols sur le site de Sivens présente d'assez fortes contraintes agronomiques (acidité, texture, faible profondeur, pierrosité) ; ils ont de ce fait assez peu été mis en culture, et sont largement occupés par le massif de la forêt de Sivens, et par des zones humides de prairies et d'aulnaies frênaies.

En aval du réservoir projeté, le bassin du Tescou s'inscrit dans l'unité morpho-pédologique des « coteaux moyennement accidentés sur marnes et argiles à graviers », à laquelle sont associés plusieurs types de sols en fonction de la position dans le relief : les sols du sommet des coteaux et du haut des versants sont fréquemment des boubènes (sols limoneux, acides, sensibles à la battance), et localement des sols bruns argileux hydromorphes ; en bas des versants, on rencontre au contraire des terreforts argilo-calcaires, plus épais et plus sains. De façon générale, les sols de cette unité ont de meilleures qualités agronomiques, et ont été très largement mis en culture. Ceci a participé à la régression des zones humides du bassin du Tescou, renforçant la valeur patrimoniale de celles rencontrées sur le site de Sivens.

1.2 – Le relief et les paysages

Le territoire de la vallée du Tescou se situe à l'interface de grandes unités paysagères : Le massif de la Grésigne au nord, le Plateau cordais au nord-est, la Plaine du Tarn et le Gaillacois respectivement à l'est et au sud. La zone du projet rattachée aux « coteaux de Monclar », se caractérise par des entités très caractéristiques :

- un paysage alternant petites vallées et collines,
- un réseau hydrographique très hiérarchisé où les petits ruisseaux découpent des vallons arrondis,
- une diversité des formes agricoles qui montre la cohabitation entre agriculture traditionnelle plus bocagère et agriculture mono spécifique,

- une ponctuation de bassins de retenues en amont des vallées de manière à pallier les sécheresses estivales
- des boisements dans les fortes pentes qui referment les vallons secondaires
- une forme d'habitat assez dispersé, souvent localisé à mi-pente

Le paysage de la vallée du Tescou forme une transition vers les zones au relief plus marqué, au nord.

De façon générale, le relief du département du Tarn est assez largement ouvert vers l'ouest, et au contraire fermé au sud par la Montagne Noire, à l'est par les Monts de Lacaune et d'Alban et au nord par le plateau du Ségala.

1.3 – Le régime hydrologique

Le département du Tarn est principalement placé sous l'influence climatique océanique, tandis que les influences méditerranéennes ou montagnardes sont au contraire atténuées.

L'influence montagnarde est surtout ressentie dans l'est du département. Elle se caractérise par l'augmentation sensible des quantités de pluie sur les contreforts du Massif Central, par la baisse des températures moyennes et par une réduction de l'insolation.

L'influence méditerranéenne explique la sécheresse et les fortes températures estivales, qui font du Tarn un des endroits les plus chauds de France les mois d'été. Elle s'exerce essentiellement sur les versants sud du relief tarnais et se traduit notamment par les phénomènes de pluies « cévenoles » qui provoquent les crues redoutables du Tarn et de l'Agoût.

Les principales composantes climatiques du secteur du projet peuvent être caractérisées à partir des enregistrements réalisés à la station météorologique d'Albi ; pour la période 1976-2000, ces dernières font apparaître :

- des températures douces (moyenne annuelle de 13°C), avec cependant de fortes chaleurs estivales (en moyenne, en juillet et en août, plus de 10 jours présentent une température maximale supérieure à 30 °C), et en moyenne annuelle, environ 40 jours de gel (principalement de décembre à février) ; au pas de temps annuel, l'amplitude thermique moyenne est de 10.5 °C ;
- une pluviométrie annuelle relativement abondante (754 mm par an), avec un maximum printanier (cumul moyen de 160 mm pour les mois d'avril-mai) et un déficit estival concernant essentiellement le mois de juillet (45 mm en moyenne).
- Les moyennes pluviométriques enregistrées aux stations d'Albi (vallée du Tarn) et de Salvagnac (vallée du Tescou, à 6 km en aval du site de la retenue projetée) sont très proches, et bien corrélées.
- un ensoleillement important (plus de 2 000 heures par an en moyenne) ;

- des vents dominants de secteur ouest, faibles à modérés, parfois relayés par le vent d'autan ; ce vent particulier au midi toulousain et au sud tarnais, est un vent de sud-est chaud et sec, qui se manifeste par rafales. En moyenne, l'autan souffle fort (plus de 60 km/h) 50 jours par an à Castres et dans le Sidobre, jusqu'à 90 jours sur le causse de Labruguière, et environ 10 jours à Albi.

Au droit du site, le Tescou draine un bassin versant de 28,7 km², en grande partie boisé (forêt de Sivens).

Alors que les débits du Tescou sont influencés par des prélèvements et des retenues en amont de St Nauphary, ils le sont très peu en amont du site de Sivens. On ne trouve en amont du barrage projeté que 2 retenues collinaires qui interceptent un bassin total de l'ordre de 1.3 km² soit environ 5% du bassin total au droit de la digue du barrage, pour un volume stocké de 120 000 m³ environ. L'incidence sur les écoulements peut être négligée.

Les débits du Tescou au droit de la digue du barrage projeté sont ainsi considérés comme assimilables à des débits naturels. Les débits naturels à St Nauphary ont été reconstitués sur la période 1974-1999 dès les études préalables à partir des débits mesurés à la station et des influences anthropiques. Les débits moyens mensuels et annuels du Tescou au niveau du barrage ont alors été calculés à partir des débits naturels moyens mensuels de St Nauphary sur la période 1974-1999, puis correction de bassin versant et correction permettant de tenir compte de l'évolution des débits naturels sur les années récentes².

Le Tableau suivant présente les **débits moyens mensuels naturels estimés au droit du barrage** :

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Débits l/s	181	247	194	192	158	73	43	27	29	53	80	165	119
Débits spécifiques l/s/km ²	6,3	8,6	6,8	6,7	5,5	2,5	1,5	1,0	1,0	1,8	2,8	5,8	4,1

Le module annuel est évalué à 120 l/s environ. Le 10^{ème} du module est de 12 l/s.

1.3.1 – En étiage

Les valeurs statistiques des débits caractéristiques d'étiage au droit du barrage proviennent de l'ajustement d'une loi de Gauss (loi normale) pour le débit annuel et de lois de Galton (loi log-normale) pour les autres débits caractéristiques, à partir également des débits naturels reconstitués à St Nauphary puis correction de bassin versant et intégration de la baisse hydrologique des dernières années.

² réduction de 6% appliquée à tous les mois de l'année car la moyenne des P-ETP annuelles (transcrivant la pluie efficace) sur la chronique partielle 1974-1999 est de 6% supérieure à celle de la chronique complète 1974-2007 [avec P = pluie à Salvagnac et ETP = évapotranspiration potentielle à Toulouse-Blagnac].

Les résultats obtenus sont les suivants (**débits caractéristiques d'étiage - en l/s**):

	QA (débit annuel)	QMM08	QMNA	VCN30	VCN10	VCN5
Année moyenne	119	28	18	15	10	8
Année sèche T=5ans	74	11	8	4	3	2
Année sèche T=10ans	50	8	6	3	2	1

QMM08 = Débit mensuel mesuré du mois d'août

QMNA = Débit mensuel minimal annuel

VCN X = débit minimal observé pendant X jours consécutifs

1.3.2 – En hautes eaux

Les débits de hautes eaux du Tescou au droit du projet ne sont pas ou très peu influencés par les prélèvements. Ils ont donc été directement déduits des mesures de St Nauphary par correction de surface de bassin versant.

Le tableau suivant présente les **valeurs caractéristiques de situations de hautes eaux (m³/s) au site de Sivens**:

	QCX10	VCX10
Moyenne	0,26	0,73
Période de retour T = 5 ans	0,37	1,1

QCX10 = seuil maximal au dessus duquel les débits sont restés durant 10 jours consécutifs

VCX10 = maximum annuel du débit moyen sur 10 jours consécutifs

Les crues les plus courantes ont été estimées à partir des valeurs annoncées au niveau de la station de St Nauphary, avec un débit de pointe calculé d'après la formule de Myer³ et un débit journalier évalué après correction de bassin versant.

Le tableau ci-après présente **les débits de crues courantes au site de Sivens (m³/s)** :

Période de retour	QJ débit journalier	QIX débits instantané max
2 ans	2,0	5,1
5 ans	3,4	8,6

La crue décennale constitue le point pivot de la méthode du gradex permettant d'évaluer les crues de fréquences plus rares, qui permettent de dimensionner les ouvrages de sécurité du réservoir. Plusieurs méthodes ont été utilisées dans l'étude d'avant projet pour caractériser la crue décennale, de façon la plus fiable possible (*formule de Myer, formule de CRUPEDIX, abaques SOGREAH*).

³ le débit de pointe est proportionnel à S^α où S est la surface du bassin versant et α est pris égal à 0,8

Le tableau ci-après présente le **débit de pointe de la crue décennale au site de Sivens**:

	Valeur probable (m ³ /s)
Formule de Myer	11,0 intervalle de confiance à 95% [9,5 ; 13,8]
Formule de Crupedix	11,5 intervalle de confiance à 70% [7,7 ; 17,3]
Abaques Sogreah	11 à 15

La valeur finalement retenue est de **Q_{p10} ≈ 15 m³/s** qui correspond à la fourchette haute des valeurs obtenues par les 3 premières méthodes.

En comparaison, les débits journaliers et de pointe de période de retour 10 ans à St Nauphary sont fournis dans la Banque HYDRO :

	Valeur probable (m ³ /s) [intervalle de confiance à 95%]
Débit moyen journalier de la crue décennale	44 [37 ;55]
Débit de pointe	69 [60 ; 87]

Afin d'évaluer la valeur du débit moyen décennal sur 24h, le ratio Q_p/Q_m (rapport du débit de pointe sur le débit moyen de 24h de la crue) doit être déterminé. Les hydrogrammes des 6 évènements les plus marquants observés à la station de St Nauphary ont été utilisés (15/04/1988 ; 11/03/2006 ; 14/12/1981 ; 04/02/2003 ; 15/03/1979 ; 23/02/1982). Les résultats sont les suivants :

Q _p débit de pointe	15 m ³ /s
Q _m débit moyen de 24h	6 m ³ /s
R _m ruissellement moyen sur 24h	18 mm
Ratio Q _p /Q _m à St Nauphary	1,6
Ratio Q _p /Q _m à Sivens	2,5

1.3.3 – Les crues exceptionnelles – crue de projet et crue de chantier

Le principe de la méthode du Gradex stipule qu'au-delà d'une certaine fréquence (généralement décennale, prise comme « point-pivot »), tout accroissement de pluie génère un accroissement de débit équivalent en volume écoulé. Au-delà de ce point pivot, la distribution des débits moyens de crue sur la durée de référence est ainsi supposée progresser avec la même pente que celle des pluies génératrices (pente appelée Gradex) dans un graphique de Gumbel.

Le volume ruisselé est calculé pour différentes périodes de retour à partir du point pivot appliquant le gradex des pluies. De là est déduit directement le débit moyen pendant 24h pour ces durées de retour, puis le débit de pointe par application du ratio Q_p/Q_m = 2,5 déterminé au niveau du barrage. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Période de retour (ans)	Ruissellement 24h (mm)	Qm24h (m3/s)	Qp (m3/s)
10 (point pivot)	18	6	15
20	30	10	26
100	59	20	49
1000	100	33	83
5000	128	43	107
10000	141	47	117

L'ouvrage « Petits barrages – recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi » réalisé par le Comité Français des Grands Barrages (édition 2002) recommande de retenir la période de retour selon la valeur du paramètre $H^2 \sqrt{V}$. Pour les caractéristiques du barrage de Sivens ($H = 12,8$ m et $V = 1,5$ Mm³), ce paramètre vaut 200. Pour les valeurs comprises entre 100 et 700, c'est la crue de **période de retour 5 000 ans** qui est recommandée comme crue de projet minimale. C'est donc celle que nous retenons pour le projet de Sivens.

La crue de projet du barrage ($T=5\ 000$ ans) a un débit de pointe évalué à 107 m³/s et un débit moyen de 24h de 43 m³/s. Les caractéristiques de la crue de projet figurent dans le tableau ci-dessous (après reconstitution de l'hydrogramme par 2 méthodes comparées).

	Crue de projet T = 5000 ans
Lame d'eau ruisselée (mm)	128
Volume de la crue (m ³)	3 683 000
Débit moyen sur 24 heures (m ³ /s)	43
Coefficient de pointe	2,5
Débit de pointe (m ³ /s)	107
Temps de montée (h)	6
Temps de base (h)	19

Les caractéristiques de la crue de chantier, basée sur une période de retour de 20 ans, figurent dans le tableau ci-dessous.

	Crue de chantier T = 20 ans
Lame d'eau ruisselée (mm)	30
Volume de la crue (m ³)	882 000
Débit moyen sur 24 heures (m ³ /s)	10
Coefficient de pointe	2,5
Débit de pointe (m ³ /s)	26
Temps de montée (h)	6
Temps de base (h)	19

L'hydrogramme de la crue de chantier a été calculé de la même façon que pour la crue de projet.

Dès lors que la période de retour prise en compte pour le calcul de la crue de chantier est réduite à une période de 2 mois en septembre octobre, période prévisionnelle pour la réalisation du remblai, la crue de chantier de fréquence 1/20, est réduite d'autant. Conformément à l'avis du CEMAGREF, le débit de pointe de la crue de chantier à considérer pour le projet est ainsi ramené à 5,2 m³/s.

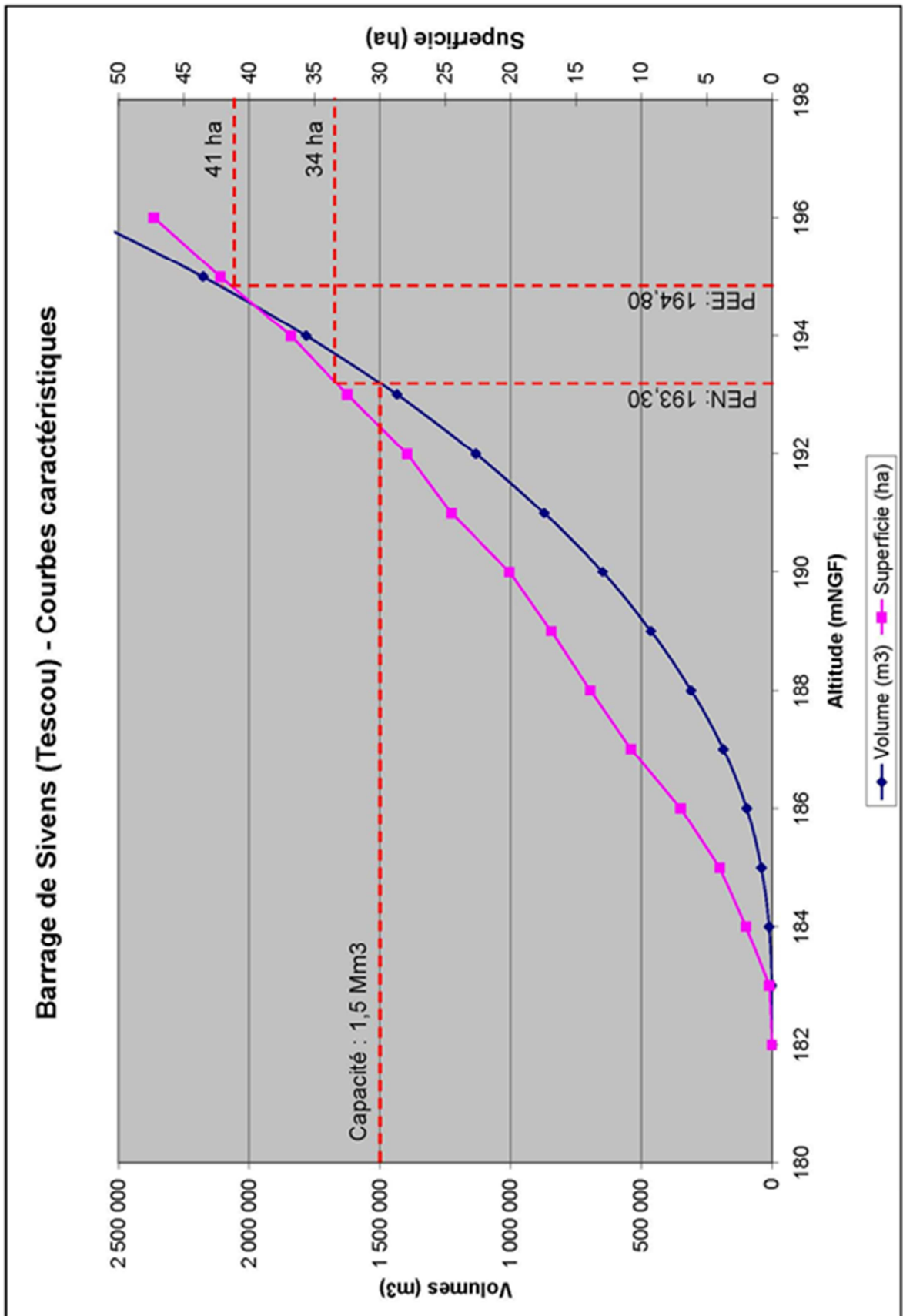
2 – Caractéristiques topographiques de la cuvette

La cuvette a fait l'objet d'un lever régulier au 1/2 500^{ème} en 1996, complété en 2001 et en 2008. Parallèlement, un lever régulier au 1/500 de la zone du site a également été réalisé. Les levés topographiques ont permis :

- de restituer l'altimétrie du site sur le fond cadastral,
- de préciser la géométrie de la cuvette et la position des ouvrages singuliers (routes),
- de caler les tranchées de reconnaissances géotechniques (en planimétrie et en altimétrie),
- de déterminer les principales caractéristiques de la retenue, pour les différents axes de digue étudiés, selon différentes hypothèses de volume objectif,
- de choisir l'implantation et le dimensionnement final du réservoir, selon les incidences foncières.

Les caractéristiques du site sont présentées ci-après, pour l'axe de digue choisi. Le rapport V_e/V_t (volume d'eau stockée / volume de remblai) est de 10,7. Cette valeur confirme l'intérêt du verrou où sera implantée la digue.

Caractéristiques topographiques de la cuvette		
Cote du plan d'eau (m NGF)	Volume stocké (m³)	Surface noyée (ha)
182	0	0,0
183	753	0,2
184	11 306	2,0
185	41 338	4,0
186	96 700	7,0
187	185 959	10,8
188	309 394	13,9
189	463 196	16,9
190	648 195	20,1
191	871 140	24,5
192	1 132 963	27,9
193	1 434 750	32,5
194	1 781 332	36,8
195	2 176 700	42,2
196	2 624 427	47,3



3 – Caractéristiques géotechniques du site

3.1 – Les fondations

Pour caractériser la zone de fondation du barrage, un ensemble de reconnaissances géologiques et géotechniques des fondations du barrage ont été effectuées :

- au cours de la première campagne de reconnaissance (juin 2001) à l'aide de 7 sondages réalisés à la pelle hydraulique et répartis sur l'axe du barrage ;
- au cours de la troisième campagne de reconnaissance (janvier 2009) à l'aide de 3 sondages réalisés également à la pelle hydraulique en fond de vallée ;
- au cours d'une campagne de reconnaissance profonde (décembre 2008 à février 2009) à l'aide de 8 principaux sondages et de 5 sondages accessoires et de 7 pénétromètres dynamiques. Les sondages accessoires ont été réalisés à l'issue des sondages principaux pour obtenir de meilleures conditions pour le déroulement des essais d'infiltration.

Reconnaisances des fondations	Sondages pelle 1 ^{ère} campagne	Sondages pelle 3 ^{ème} campagne	Sondages profonds	Sondages au pénétrömètre dynamique
Nombre de sondages	7	3	13	7
Profondeur atteinte (min-max)	4,8-5,5	3,5-4,4	7,0-21,1	3,9-10,3
Échantillons prélevés	18	11	12	-

Ces sondages ont été accompagnés d'essais sur site et d'analyses en laboratoire. Il en résulte des coupes lithologiques descriptives et interprétatives des sondages et la caractérisation de la fondation, présentés dans le rapport d'avant projet.

Les matériaux rencontrés peuvent être regroupés en **quatre grands types** :

- des limons plus ou moins argileux et plus ou moins sableux ;
- des graves grossières sableuses plus ou moins argileuses, aquifères, dont le diamètre maximal des éléments peut atteindre 100 mm ;
- des sables molassiques plus ou moins argileux ;
- des argiles carbonatées plus ou moins meubles et des marnes la plupart du temps indurées.

Les matériaux limoneux plus ou moins argileux ont été recoupés :

- dans les versants, jusqu'à des profondeurs variant entre 1,5 m et 3,5 m, et sont le résultat de l'altération et de la solifluxion des matériaux molassiques composant les croupes tant en rive gauche qu'en rive droite ;

- en fond de vallée, jusqu'à des profondeurs variant entre 1,7 m et 3,0 m, ces matériaux alluvionnaires sont plus ou moins sableux et reposent sur les graves sous-jacentes.

Les graves aquifères des alluvions modernes de fond de vallée ont été recoupées sur des épaisseurs de 0,4 m et plus de 2,4 m. Elles reposent indistinctement sur des sables ou des argiles d'altération sur place des marnes de la molasse.

Les sables plus ou moins argileux mal gradués sont, dans la plupart des cas, des sables molassiques dont les éléments inférieurs à 80 μm sont voisins de 30 %. Ces sables présentent des passées graveleuses avec des éléments dont le diamètre maximum peut atteindre 15 mm. Au sein de ces sables, de fines couches argileuses ont été recoupées.

Les sondages profonds de fond de vallée ont mis en évidence la présence de deux horizons sableux séparés par des argiles plus ou moins silteuses et sableuses d'une épaisseur variant entre 4,6 m à 2,2 m. Ces deux horizons sableux ont des piézométries différentes. En fond de vallée, la piézométrie de l'horizon inférieur est supérieure à la cote du terrain naturel. Celle de l'horizon supérieur est voisine de la surface du terrain naturel.

Au sein des limons alluvionnaires de fond de vallée se rencontrent des passées (couche ou poche) de sables d'épaisseurs variables.

Les argiles plus ou moins carbonatées résultant de l'altération sur place des marnes de la molasse et **les marnes** ont été recoupées par les sondages des versants à des profondeurs variant, suivant la localisation des sondages, entre 6 m et 12,2 m. Ces matériaux sont la plupart du temps, indurés et peuvent s'apparenter à des roches très tendres et tendres.

Afin de déterminer la **perméabilité des horizons sableux**, 10 cavités ont fait l'objet d'essais d'infiltration : 2 dans l'horizon inférieur, les 8 autres dans l'horizon supérieur.

Les essais d'infiltration ont été effectués, soit immédiatement après la fin de la perforation du sondage principal ou du sondage secondaire, soit ont été différés dans le temps. 8 des essais réalisés sont de type Lefranc et ont été conduits à charge constante à un seul palier. 2 essais ont été conduits à charge constante avec deux paliers. 6 essais ont été doublés par des essais à charge.

La perméabilité des sables de l'horizon supérieur varie entre $1,0 \cdot 10^{-5}$ et $2,6 \cdot 10^{-9}$ m/s avec une valeur médiane voisine de $2 \cdot 10^{-8}$ m/s. La perméabilité des sables de l'horizon inférieur (2 cavités testées) varie entre $3,5 \cdot 10^{-6}$ et $5 \cdot 10^{-6}$ m/s.

En fond de vallée, lors de la réalisation des sondages à la pelle et des sondages profonds, des venues d'eau importantes ont été constatées au droit des graves, mais compte tenu du type de reconnaissances effectuées et des conditions climatiques (zone saturée et parfois inondée) aucun niveau piézométrique de nappe phréatique n'a pu être mesuré. On peut toutefois estimer que ce niveau est très proche de la surface du sol.

Le tableau ci-dessous résume le type et le nombre d'**essais effectués en laboratoire** à l'issue des différentes campagnes de reconnaissance de la fondation :

Nbre d'essais réalisés sur matériaux de fondation	2001	2009
Teneur en eau naturelle	18	5
Analyse granulométrique par sédimentation	13	12
Analyse granulométrique complète	1	1

Limites d'Atterberg	5	
Taux de carbonates	13	12

Dans les versants, les matériaux argilo-limoneux de recouvrement ont des teneurs en eau naturelle variant entre 13 % et 21 %. Les limons argileux plus ou moins sableux de fond de vallée ont des teneurs en eau naturelle comprises entre 17 % et 29 % (médiane 24 %).

Les graves de fond de vallée sont saturées et aquifères. Les sables molassiques (2 échantillons) ont des teneurs en eau naturelle de 19,6 % et 25,7 %.

Les différents types de matériaux peuvent être caractérisés par les paramètres figurant dans le tableau ci-dessous.

Paramètres d'identification des matériaux de la fondation						
Nature	Inf 2 μm (%)	Inf 80 μm (%)	I_p (%)	I_c	Activité	CaCO ₃ (%)
Limons argileux des versants	26 (17-32) 4 valeurs	55 (36-63) 4 valeurs	27 1 valeur	1,0 1 valeur	0,6 1 valeur	0 4 valeurs
Limons de fond de vallée	28 (22-39) 4 valeurs	78 (70-88) 4 valeurs	24 (18-35) 3 valeurs	0,8 (0,7-1,0) 3 valeurs	0,8 (0,7-0,9) 3 valeurs	0 (0-1.7) 4 valeurs
Graves	25 1 valeur	39 1 valeur	-	-	-	-
Sables molassiques superficiels	(16-20) 2 valeurs	(43-44) 2 valeurs	-	-	-	-
Sables horizon supérieur	(5-16) 8 valeurs	(22-40) 8 valeurs	-	-	-	-
Sables horizon inférieur	(11-11) 2 valeurs	(32-53) 2 valeurs	-	-	-	-

Inf 2 μm (%) : Pourcentage des grains d'un diamètre < 2 microns par rapport à la fraction 0/5 mm du matériau
 Inf 80 μm (%) : Pourcentage des grains d'un diamètre < 80 microns par rapport à la fraction 0/5 mm du matériau
 I_p (%) : Indice de plasticité
 I_c : Indice de consistance
 Activité : Activité au sens de Skempton (I_p /inf 2 μm)
 CaCO₃ (%) : Taux de carbonate
 (17-32) : valeurs extrêmes

À l'issue de la 1^{ère} campagne de reconnaissance, 2 essais de cisaillement triaxial consolidé non drainé (CU) ont été réalisés sur des matériaux limoneux de fondation de fond de vallée (échantillons intacts prélevés par poinçonnement sur l'axe du barrage).

À la suite de la dernière campagne de reconnaissance : 3 essais de cisaillement triaxial non consolidé non drainé (UU) ont été réalisés sur des matériaux limoneux de fondation (échantillons intacts prélevés en pied aval du barrage), ainsi que 3 essais de cisaillement triaxial consolidé non drainé (CU). Le tableau ci-dessous résume les résultats de ces essais :

Caractéristiques mécaniques des matériaux limoneux de fondation				
Sondage	Cohésion intergranulaire effective c' (kPa)	Angle de frottement intergranulaire effectif φ' (°)	Cohésion apparente c_u (kPa)	Angle de frottement apparent φ (°)
F3 (1,2 m)	9	32	-	-
F4 (0,9 m)	11	32	-	-
F8 (1,0 m)	19	27	35	0
F9 (1,4 m)	7	35	22	0
F10 (1,4 m)	13	31	49	0

Au cours de la dernière campagne de reconnaissance, des essais au scissomètre de poche ont été réalisés sur les matériaux limoneux de fond de vallée, et les valeurs varient entre 65 kPa et 110 kPa.

Trois essais de compressibilité à l'œdomètre sur les matériaux limoneux de fond de vallée ont été effectués sur des échantillons intacts prélevés par poinçonnement, lors de la campagne de 2009. Les caractéristiques de compressibilité indiquent que ces matériaux sont relativement compressibles (indices de compressibilité compris entre 0,11 et 0,20) et qu'ils ne sont pas gonflants (indices de gonflement (Cs) compris entre 0,01, et 0,03). Les sables molassiques lors de leur extraction à la pelle hydraulique paraissent denses. Cette caractéristique est confirmée par les sondages au pénétromètre dynamique.

Répartis approximativement sur l'axe de la digue, 7 sondages au pénétromètre dynamique de type B ont été réalisés.

Dans le haut des versants, les résistances dynamiques de pointe voisines de 1 MPa sur les premiers mètres atteignent rapidement 3 et 10 MPa après 1 ou 2 mètres de profondeur pour atteindre des valeurs supérieures à 25 MPa à partir de 3,5 à 4 mètres de profondeur.

À mi-pente rive droite dès 1 mètre de profondeur, les résistances de pointe sont voisines de 3 MPa et sont supérieures à 15 MPa à partir de 6 mètres. À mi-pente rive gauche, les résistances de pointe d'environ 15 MPa sont atteintes à partir de 5 mètres.

En fond de vallée, les matériaux superficiels limoneux et sableux ont de faibles résistances de pointe (1 à 2 MPa). Les graves ont des résistances qui peuvent atteindre 10 MPa. Les sables molassiques présentent des résistances de pointe supérieures à 10 MPa dans la plupart des cas et le refus (résistance supérieure à 25 MPa) est rapidement atteint au-delà de 7 mètres de profondeur.

En conclusion,

Les caractéristiques mécaniques et de compressibilité des matériaux superficiels testés ainsi que l'aspect des sables plus profonds laisse augurer, pour un barrage en remblai et en enrochement, un comportement satisfaisant de la fondation, avec malgré tout des tassements significatifs des horizons superficiels limoneux.

3.2 – Les matériaux d'emprunt

La réalisation d'un réservoir de stockage nécessite de disposer de matériaux de remblaiement et d'une étanchéité de la cuvette suffisante. Les sondages géotechniques dans la cuvette et les analyses d'échantillons permettent de caractériser géo techniquement le site.

Le tableau ci-dessous résume les reconnaissances effectuées en 2001, 2004 et 2008-2009 à la pelle hydraulique dans la cuvette tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la future zone noyée.

Reconnaisances des emprunts				
	Sondages 2001	Sondages 2004	1^{er} Sondages 2009	2d Sondages 2009
Nombre de sondages	28	21	29	13
Prof. atteinte (min-max)	2,0-5,1	2,8-5,2	2,4-5,2	1,9-5,0
Échantillons prélevés	41	36	13	17

En 2004, les sondages à la pelle mécanique ont été effectués dans des zones qui n'avaient pas été explorées en 2001. Pratiquement tout le pourtour de la cuvette a ainsi été exploré. A l'issue de ces reconnaissances et devant l'extrême variabilité des matériaux, il n'a pas été jugé opportun de poursuivre les investigations à l'aide de sondages profonds. Cette décision était dictée par la présence très fréquente d'horizons marneux très indurés, inexploitable et par la présence aussi fréquente d'horizons sableux très humides, eux aussi inexploitable. Les données confirment les premières conclusions de 2001, à savoir qu'il n'y a pas d'horizons importants (tant en épaisseur qu'en extension horizontale) de matériaux argileux ou argilo-limoneux, aptes à être utilisés pour la réalisation d'une digue homogène en remblais meubles. Il a donc été décidé de réaliser d'assez nombreux essais d'identification géotechniques de laboratoire afin de valider définitivement la disponibilité des matériaux de surface reconnus pour une digue de type zoné.

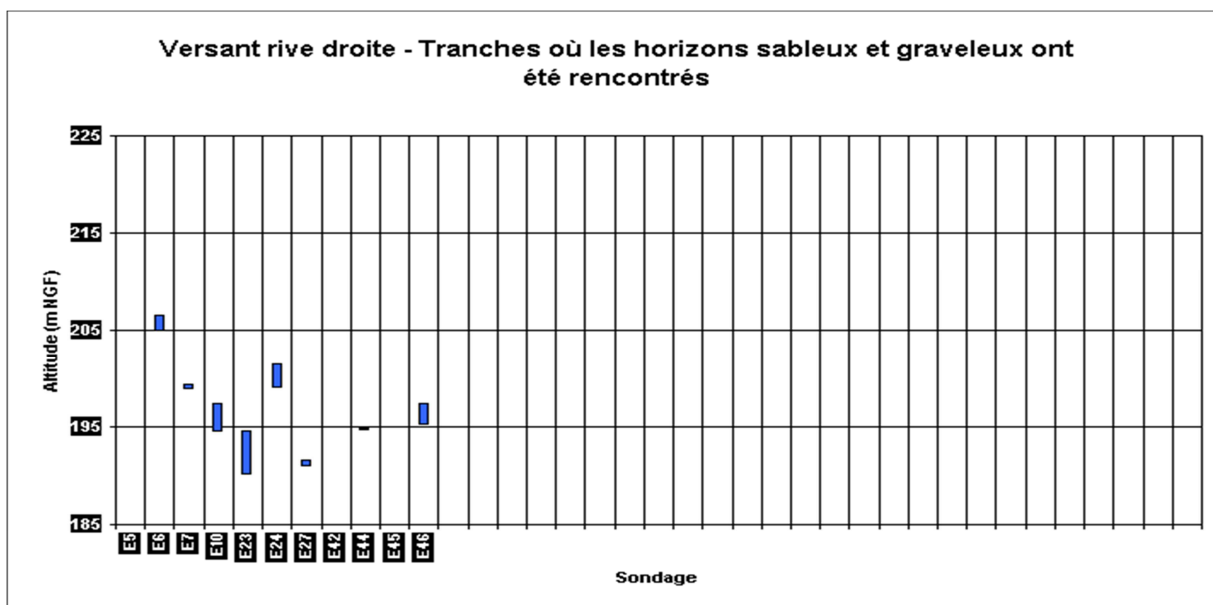
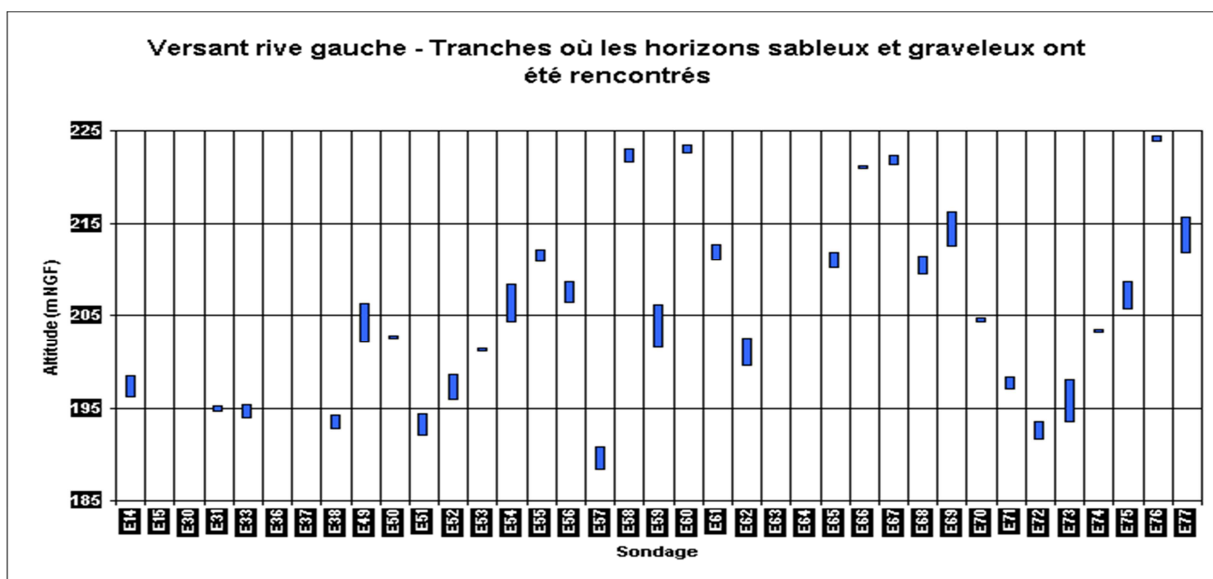
En 2008-2009, compte tenu des conclusions des précédentes études, les reconnaissances à la pelle hydraulique se sont déroulées en deux phases.

Durant la première phase, qui était destinée à augmenter la surface d'investigation en vue de rechercher des matériaux argileux de bonne qualité géotechnique et facilement exploitables, des sondages ont été réalisés hors cuvette dans les versants de la rive droite. Les profondeurs d'investigation varient entre 2,4 m et 5,2 m.

La seconde phase était destinée à resserrer le maillage des sondages précédemment réalisés en rive gauche au droit de la rupture de pente où avaient été reconnus des matériaux argileux. Durant cette phase, des sondages ont été réalisés avec des profondeurs d'investigation variant entre 1,9 m et 5,0 m.

Ces trois campagnes de reconnaissances des zones d'emprunt montrent :

- la position stratigraphique des argiles alternant avec des horizons graveleux et sableux ;
- la localisation des matériaux argileux au droit de la rupture de pente entre les versants de la cuvette et le fond de vallée ainsi qu'en fond de vallée.
- dans les zones non noyées de la future retenue, l'extrême variabilité spatiale des différents types de matériaux comme on peut le constater sur la figure montrant les tranches en cotes altimétriques NGF où les horizons sableux et graveleux ont été rencontrés ;



Le tableau ci-dessous résume le type et le nombre d'essais effectués en laboratoire à l'issue des différentes campagnes de reconnaissance.

Type et nombre d'essais en laboratoire réalisés sur les matériaux d'emprunt			
	2001	2004	2009
Teneur en eau naturelle	41	37	30
Analyse granulométrique par sédimentation	30	15	-
Analyse granulométrique complète	1	1	-
Limites d'Atterberg	10	5	-
Taux de carbonates	30	15	-

L'analyse des différents **paramètres d'identification** (campagnes 2001 et 2004) a permis de mettre en évidence 3 grandes familles de matériaux:

Nature	Inf 2 μm %	Inf 80 μm %	Ip* %	Ca CO3 %
Les limons argilo-sableux	27 (17-36)	6 (45-84)	20 (20-34)	~ 0
Les sables	12 (2-22)	33 (12-54)	-	~0
Les argiles marneuses	28 (14-40)	80 (64-100)	21 (11-27)	17 (6-25)

Inf 2 μm % : Pourcentage des grains d'un diamètre inférieur à 2 microns

Inf 80 μm % : Pourcentage des grains d'un diamètre inférieur à 80 microns

Ip : Indice de plasticité

Ca CO3 : Teneur en carbonate de calcium.

(17-36) : Valeurs extrêmes

Les caractéristiques d'identification des **limons plus ou moins argileux** de fond de vallée et de ceux rencontrés dans les ruptures de pente sont résumées dans le tableau ci-dessous, pour les 3 campagnes (2001, 2004, 2008-2009) :

Paramètres d'identification des matériaux limoneux plus ou moins argileux							
w _n (2001-2004) (%)	w _n (2008-2009) (%)	Inf 2 μm (%)	Inf 80 μm (%)	I _p (%)	I _c	Activité	CaCO ₃ (%)
17,8 (14-22) 35 valeurs	21,6 (18,6- 26,6) 12 valeurs	25 (16- 34)	58 (43- 76)	21 (17- 24)	1 (0,9- 1,2)	0,6 (0,5- 0,7) 6 valeurs	~0 (0- 0,4) 21 valeurs
		20 valeurs	21 valeurs	6 valeurs	6 valeurs		

Inf 80 μm (%) : Pourcentage des grains d'un diamètre inférieur à 80 microns par rapport à la fraction 0/5 mm du matériau

I_p (%) : Indice de plasticité

I_c : Indice de consistance

Activité : Activité au sens de Skempton (I_p/inf 2 μm)

CaCO₃ (%) : Taux de carbonate

(14-22) : Valeurs extrêmes pondérées (90 % des valeurs)

17,8 : Moyenne des 90 % des valeurs

La campagne 2008-2009 s'est déroulée durant et après une période très pluvieuse ce qui expliquerait les valeurs de teneur en eau naturelle (moyenne et extrêmes) plus élevées que celles des campagnes 2001 et 2004.

Indépendamment des autres paramètres géotechniques, les limons argilo-sableux et les argiles marneuses se prêtent bien à une utilisation d'un noyau étanche sous réserve d'une humidité compatible avec un bon compactage. Si la teneur en eau naturelle est trop importante les matériaux concernés doivent être traités par des moyens adéquats (épandage, séchage, malaxage, reprises, etc.) afin d'obtenir une humidité compatible avec un bon compactage.

Par contre, les matériaux de type **sableux ou sablo-graveleux** ne se prêtent pas à cette utilisation. Leur intégration dans un projet de digue entraînerait un mauvais zonage des remblais.

Cette différenciation des catégories de matériaux à la suite des essais d'identification géotechnique doit être utilisée avec beaucoup de discernement compte tenu de la très grande variabilité spatiale des matériaux qui rendra très difficiles les différenciations visuelles sur le terrain lors des travaux.

Concernant la teneur en eau naturelle des matériaux, on peut noter qu'elle est, en moyenne, de 19,5 % pour les limons argilo-sableux, et qu'elle est en moyenne de 4,5 % pour les argiles marneuses.

Compactage des matériaux

Les caractéristiques moyennes de compactage sont déduites des résultats des essais Proctor réalisés lors des campagnes de 2001 et de 2004, ainsi que d'une corrélation à tous les matériaux qui ont été analysés.

Concernant les **limons argilo-sableux**, les teneurs en eau optimales sont comprises entre 13 et 22 % avec une moyenne voisine de 15,5 %.

Compte tenu des teneurs en eau naturelle mesurées, cela conduit à des écarts entre teneurs en eau naturelles et teneurs en eau optimales compris entre - 1 et + 6,5 % environ, avec une moyenne de l'ordre de + 2,5 à + 3 %. De fait, un traitement d'assèchement sera nécessaire afin de diminuer la teneur en eau de 2 à 3 %. Statistiquement, ce traitement d'assèchement concerne environ 60 % des matériaux reconnus.

Les masses volumiques sèches maximales mesurées sur les essais Proctor sont comprises entre 1,61 et 1,87 g/cm³, avec une moyenne de 1,78 g/cm³, caractéristiques de matériaux assez fortement silto-sableux.

Concernant la seconde famille de matériaux utilisables classiquement, à savoir les **argiles marneuses**, les teneurs en eau optimales Proctor sont comprises entre 13,5 et 19,5 % avec une moyenne voisine de 16,5 %. Cela conduit à des écarts entre teneurs en eau naturelles et teneurs en eau optimales compris entre 0 et - 4 %, avec une moyenne voisine de - 2 %.

Les masses volumiques sèches maximales mesurées sont comprises entre 1,75 et 1,85 g/cm³, avec une moyenne de 1,8 g/cm³, caractéristiques de matériaux peu argileux.

Ces matériaux sont en fait assez peu différents des précédents, si ce n'est leur degré d'induration et de sécheresse qui limite leur exploitabilité dès qu'ils deviennent trop indurés et donc trop secs (marnes rocheuses). Ces matériaux difficiles à compacter devront être confinés à l'intérieur du remblai aval.

Lors la campagne 2008-2009, les essais visaient à analyser le comportement des **matériaux sableux** que l'on trouve en assez grande quantité dans les zones d'emprunt, dans le but éventuel de pouvoir les utiliser au sein d'un remblai zoné.

Sur ces matériaux sableux, les teneurs en eau optimales Proctor sont comprises entre 9,5 et 15 %, avec une moyenne voisine de 12,5 %.

Compte tenu des teneurs en eau naturelles mesurées, cela conduit à des écarts entre teneurs en eau naturelles et teneurs en eau optimales compris entre - 1,5 et + 10 %, avec une moyenne voisine de + 4 %. On se trouve ici confronté à une famille de matériaux à dominante sableuse mais en fait très hétérogènes selon la nature de la fraction non sableuse. Il en ressort des différences de comportement importantes mais une partie des matériaux sableux pourra être utilisée dans la constitution d'un remblai aval de barrage zoné.

En conclusion, les **matériaux limoneux** sont adaptés à la réalisation d'un **noyau étanche** de barrage ; l'excès moyen de teneur en eau est un peu élevé mais ce n'est pas rédhibitoire, et il ne devrait pas y avoir de problème majeur de mise en œuvre, si un tri correct des matériaux est réalisé dans les zones d'emprunt. Le tableau suivant résume ces caractéristiques (en valeurs pondérées) :

Paramètres de compactage des matériaux limoneux plus ou moins argileux							
Inf 2 μm (%)	Inf 80 μm (%)	I_p (%)	W_n (%)	W_{opn} (%)	$\square d_{OPN}$ (g/cm³)	$\square s$ (g/cm³)	W_n-W_{OPN}
21 (8-32)	52 (23-75)	23 (11-33)	17 (13-25)	15 (13-18)	1,8 (1,6-1,9)	2,7 (2,6-2,8)	1,3 (-3,3-4,9)
12 valeurs	12 valeurs	12 valeurs	12 valeurs	12 valeurs	12 valeurs	12 valeurs	12 valeurs

Caractéristiques mécaniques

Aucun essai mécanique n'avait été réalisé lors des campagnes de reconnaissance de 2001 et 2004.

Après les dernières campagnes 2008-2009, trois essais de cisaillement triaxial CU sur des matériaux compactés ont été réalisés. Ces résultats, ainsi que ceux concernant les matériaux de fondation permettent d'effectuer les calculs de stabilité du barrage.

Les résultats de ces essais triaxiaux figurent dans le tableau suivant :

Caractéristiques mécaniques des matériaux limoneux des emprunts				
Sondage	Cohésion intergranulaire effective c' (kPa)	Angle de frottement intergranulaire effectif ϕ' (°)	Cohésion apparente c_u (kPa)	Angle de frottement apparent ϕ_u (°)
E3 (0,75 m)	11	30	-	-
E5 (3,5 m)	11	30	-	-
E30 (1,0 m)	13	30	-	-

Les résultats sont très homogènes et caractéristiques de matériaux limoneux peu plastiques ; les valeurs sont très semblables à celles mesurées sur les matériaux limoneux de fondation ce qui est logique compte tenu de leur origine identique.

3.3 – Identification des zones d'emprunt

Compte tenu des impressions visuelles de terrain et des résultats des essais de laboratoire sur les campagnes de reconnaissance géotechnique 2008-2009, le site dispose de 3 types de matériaux: des limons argilo-sableux en général trop humides, des argiles marneuses en général trop sèches, des sables argilo-graveleux très hétérogènes.

L'hétérogénéité est la caractéristique principale de cette cuvette. Lors de l'exploitation des emprunts, cela impose de mettre en œuvre des sélections et des tris très importants, avec, comme conséquence, beaucoup de déchets et une augmentation substantielle du coût d'exploitation.

La répartition géographique de ces matériaux permet de sélectionner 4 zones potentielles d'emprunt :

- en rive droite vers l'amont (lieux-dits « Tescou » et « Vernhes »)

Dans cette zone, on trouve essentiellement des limons argilo-sableux et des marnes argileuses. On estime que cette zone de 2,0 hectares contient 40 000 m³ de matériaux potentiellement exploitables. Notons une très grande variabilité des faciès au droit du lieu-dit « Vernhes » qui risque de limiter ces potentialités;

- en rive droite (lieu-dit « Testet »)

Dans cette zone, on trouve essentiellement des limons argilo-sableux. On estime que cette zone d'1 ha contient 20 000 m³ de matériaux potentiellement exploitables ;

- en rive gauche vers l'amont (lieu-dit « Cote de Duranty »)

Dans cette nouvelle zone, on trouve des limons argilo-sableux et des marnes argileuses ; cette zone hétérogène de 0,75 hectare, au contour mal défini, peut contenir environ 15 000 m³ de matériaux exploitables ;

- en rive gauche vers l'aval (lieux-dits « La Bartasse » et « Bois de Touailles »)

Cette zone regroupe les deux secteurs « La Bartasse » et « Travers de Las Cazes ». La zone de 2,5 hectares peut contenir environ 50 000 m³ de matériaux exploitables. On y trouve des argiles marneuses et des limons argileux.

Ainsi, globalement, les études géotechniques ont permis de reconnaître 125 000 m³ de matériaux potentiellement exploitables. Compte tenu de l'hétérogénéité très marquée de la stratigraphie, encore renforcée par la campagne de 2004, il est nécessaire de tenir compte d'un coefficient d'abattement d'au moins 25 % ; Ceci conduit à un volume disponible reconnu d'environ 90 à 95 000 m³ de matériaux de remblais dont 50 000 m³ environ de matériaux argileux propices à une utilisation en noyau et étanchéité.

En conclusion, les 4 zones potentielles seront exploitées en triant au mieux les matériaux compte tenu de leur hétérogénéité.

4 – Sismicité du site

Le site est situé, d'après la nouvelle cartographie d'aléa sismique de la France établie en 2005, dans une zone de sismicité très faible avec une accélération inférieure à 0,7 m/s² qui est prise en compte dans les calculs de stabilité des ouvrages.

Ce zonage découpe la France métropolitaine en 4 zones d'aléas croissants, avec pour chaque zone, une plage d'accélération du sol :

- Aléa très faible : accélération < 0,7 m/s²
- Aléa faible : 0,7 m/s² < accélération < 1,1 m/s²
- Aléa modéré : 1,1 m/s² < accélération < 1,6 m/s²
- Aléa moyen : 1,6 m/s² < accélération < 3 m/s²

D'après l'ancien zonage sismique toujours officiellement en vigueur, le décret du 14 mai 1991 détermine 5 zones de sismicité croissante :

- Zone 0 : Sismicité négligeable mais non nulle,
- Zone Ia : sismicité très faible mais non négligeable,
- Zone Ib : Sismicité faible,
- Zone II : Sismicité moyenne,
- Zone III : Sismicité forte,

et établit un découpage cantonal du territoire.

Le département du Tarn se trouve en zone 0, dite de sismicité négligeable mais non nulle.

5 – Stabilité des versants de la cuvette

Les pentes des versants qui dominent la cuvette sont assez douces, au maximum de l'ordre de 18 ° (soit 3 H / 1 V). Elles peuvent localement culminer une cinquantaine de mètres au maximum au-dessus de la retenue. Ces pentes sont en grande partie boisées ce qui renforce leur stabilité. Compte tenu des matériaux qui les composent (complexe molassique), ces pentes sont globalement très stables.

Après déboisement localisé, les talus pourraient être fragilisés sous l'influence des variations du niveau du plan d'eau. Des glissements superficiels anciens (non observés) pourraient être réactivés. Toutefois, si un tel phénomène apparaissait, il sera d'extension très limitée (volume maximal de 50 000 m³) et de faible probabilité d'apparition (en référence à la création de plans d'eau dans des contextes géologiques similaires).

6 – Contraintes particulières du site

Nous présentons ci-dessous les principales contraintes d'infrastructures et foncières qui ont été prises en compte dans la définition du projet.

L'étude d'impact jointe au dossier d'enquêtes publiques s'attache à analyser précisément le site et les milieux naturels en place, les conséquences environnementales du projet, le choix du site final qui en découle, et à formuler des propositions d'insertion (*cf volume 3 – étude d'impact*).

En termes de contraintes techniques:

- Le CD132 qui emprunte le fond de cuvette en rive droite du Tescou, coupé sur une longueur de 1850 m, sera restitué selon les attentes des riverains et des élus locaux. Le Conseil Général, lors de l'élaboration de l'avant-projet, a accepté le principe du rétablissement routier en rive droite du futur plan d'eau, au plus près du réservoir pour limiter les incidences foncières du projet ;
- En association avec ce déplacement de voirie, une ligne électrique moyenne tension qui longe la route départementale sera également déplacée.
- Le site s'inscrit en bordure de la forêt de Sivens. Au niveau de la cuvette proprement dite, la proportion de parcelles boisées est de l'ordre de 60 %. L'exploitation des versants boisés emprunte aujourd'hui le fond de la vallée et le CD132. Afin de maintenir les conditions d'exploitations des parcelles forestières en rive gauche et leur désenclavement, un chemin d'exploitation sera créé en périphérie du plan d'eau sur la rive gauche.
- En termes de bâtiments, la cuvette du réservoir ne recouvre aucune habitation. Par contre le site jouxte 2 maisons: l'habitation du lieu-dit Testet en rive droite, et celle de la Métairie Neuve en amont (inoccupée et aujourd'hui propriété du Conseil Général du Tarn). Les choix techniques du projet ont été faits en fonction des impacts sur le lieu-dit Testet (positionnement de la digue et de la restitution routière, hauteur de plan d'eau) et de l'acceptabilité du projet par les propriétaires.

La réalisation du projet s'accompagnera du rétablissement de l'accès à l'habitation Testet depuis la restitution du chemin départemental CD132, ainsi que de travaux de mesures compensatoires ponctuels.

- Du fait de la présence d'un moulin restauré en amont du site du projet, les cotes maximales du plan d'eau ont été calées afin de ne pas influencer les écoulements hydrauliques à cet endroit.
- En termes fonciers, des vergers porte-graines de pins, propriété de l'Etat et gérés par un groupement d'Intérêt économique, sont implantés en rive droite et en amont de la cuvette. Des variantes d'implantation et de dimensionnement du projet ont été analysées pour limiter l'impact sur ces vergers⁴. Le projet final résultant d'un compromis entre un ensemble de contraintes techniques, foncières et économiques, l'impact foncier sur les vergers ne pourra être évité. Son évaluation est faite en concertation avec le Ministère de l'Agriculture.
- Il convient de signaler la présence d'au moins deux élevages en amont du site, dont un est localisé au lieu-dit Barat (environ 1 km de la queue de retenue) ; les impacts sur ces établissements en matière de parcours notamment, seront pris en compte dans les propositions de compensations foncières qui résulteront des négociations foncières.

7 – Choix du type de barrage

7.1 – Choix du type de barrage

En tenant compte des éléments topographiques, géotechniques du site, et d'éléments économiques, un **barrage en matériaux meubles de type zoné est envisagé**.

Cette solution de barrage, avec noyau argileux et recharge en enrochements, permet d'envisager une retenue de 1,5 Mm³ sur le site de Sivens, conforme aux objectifs de dimensionnement, tout en s'affranchissant de la faible quantité de matériaux d'emprunt argileux. Les matériaux constitutifs du barrage proviennent du site pour les argiles et les limons, et de l'extérieur du site pour les enrochements. Compte tenu de la taille modeste du barrage, il n'est pas envisageable d'ouvrir une carrière spécifique, et il faudra donc faire appel aux exploitations existantes (vallée de la Vère par exemple).

Concernant les matériaux filtrants de transition, nécessaires en assez grande quantité sur ce type de barrage, c'est probablement vers les gravières de la vallée du Tarn qu'il faudra s'orienter.

Le corps du barrage sera composé de deux recharges, l'une en enrochements, l'autre en matériaux limono-sableux, encadrant un noyau étanche en matériaux argilo-limoneux.

7.2 – Caractéristiques dimensionnelles du réservoir

Les principales caractéristiques dimensionnelles de ce barrage de classe B (en référence au décret du 11 décembre 2007) sont celles du tableau ci-dessous. Elles sont fondées sur:

- les études mécaniques des matériaux de fondation et des matériaux d'emprunt;
- des calculs de stabilité des talus pour vérifier la stabilité de l'ouvrage.

⁴ La mise en place de ces vergers par le Ministère de l'Agriculture s'est poursuivie alors que le projet avait déjà été identifié.

Caractéristiques dimensionnelles du barrage zoné	
Volume de la retenue (m ³)	1 500 000
Cote de la crête (m NGF)	195,8
Cote du plan d'eau normal (m NGF)	193,3
Cote du terrain naturel en pied aval (m NGF)	183
Hauteur du barrage (m)	12,8
Revanche entre PEN et crête du barrage (m)	2,5
Largeur de la crête (m)	5
Longueur en crête (m)	315
Largeur maximale en base de barrage (m)	75
Fruit du talus aval	2,75/1
Fruit du talus amont	1,6/1
Largeur risberme amont (m)	7,50
Cote risberme amont (mNGF)	186,50
Largeur risberme aval (m)	10,00
Cote risberme aval (mNGF)	185,00
Fruits aval et amont du noyau	0,4/1
Largeur en pied de la clé (m)	5
Fruits amont et aval de la clé	1/1
Volume total de matériaux (m ³)	145 000
Volume de matériau argileux (m ³)	50 000
Volume des recharges (m ³)	95 000
Surface noyée (ha) au PEN	34
Volume d'eau/volume remblai (Ve/Vr)	10,3
H ² V ^{0.5}	200
Retour de la crue de projet à prendre en compte (ans)	5 000

8 – Description des ouvrages

Le barrage sera du type à noyau étanche épais avec une recharge amont en matériaux granulaires de carrière et une recharge aval en tout-venant du site.

8.1 – Le noyau du barrage

Le noyau du barrage, implanté dans l'axe du barrage, sera réalisé avec les matériaux argilo-limoneux prélevés dans la cuvette quelle que soit la position stratigraphique de ces matériaux.

Le fruit de la limite amont et aval du noyau sera de 0,5/1, ce qui conduit à un noyau épais d'environ 15 m à la base en fond de vallée. La crête du noyau, de 3 m de large, sera au niveau de la cote du plan d'eau exceptionnel soit 194,8 m NGF.

Pour minimiser le gradient hydraulique en fondation, le noyau sera prolongé jusqu'au pied amont et sur une hauteur de 1,0 m, par un tapis argilo-limoneux constitué par des matériaux sensiblement identiques à ceux du noyau.

La réalisation du noyau et de la clé d'étanchéité s'effectuera par montée des remblais et compactage couche par couche, les couches ayant une épaisseur de 0,3 m foisonné.

8.2 – Etanchéité en fondation du barrage

Compte tenu de la présence d'une nappe alluviale de débit non négligeable et des sables molassiques supérieurs présentant des perméabilités pouvant atteindre $4 \cdot 10^{-6}$ m/s, les écoulements d'eau de l'amont vers l'aval au sein de la fondation en fond de vallée devront être arrêtés par l'intermédiaire d'une coupure étanche de type paroi souple d'environ 215 m de long dont la base devrait se situer à 7 m minimum sous le terrain naturel.

Dans les appuis rive droite et rive gauche, compte tenu de l'épaisseur conséquente des matériaux argileux ou marneux surmontant l'horizon supérieur des sables molassiques, une clé d'étanchéité classique, par substitution des matériaux impropres par des matériaux argileux, sera suffisante pour minimiser les écoulements amont-aval dans la fondation.

L'étanchéification des fondations sous la digue sera réalisée par l'intermédiaire :

- dans les rives, d'une clé d'étanchéité de 5 m de large à la base avec des fruits de 1/1. Cette clé devra recouper en totalité les sables et les graves et s'ancrer dans les marnes du substratum ;
- en fond de vallée, d'une paroi d'étanchéité sous forme d'une tranchée de 0,5 à 0,7 m de largeur, creusée à l'aide d'une pelle à bras rallongé (ou d'une benne preneuse de type « kelly »), en utilisant un coulis de foration autoturcissable (coulis bentonite – ciment). La profondeur de cette paroi sera d'environ 7,0 m sous le terrain naturel dont l'altitude de la base sera à 176 m NGF environ;

La paroi d'étanchéité permettra de recouper les graves et les premiers horizons sableux à faible perméabilité. Sa surface serait d'environ 1 850 m² (en fonction des matériaux extraits).

Cette paroi serait réalisée, après remblaiement du noyau dans la purge, depuis une plate-forme calée légèrement au-dessus du terrain naturel.

Une échancrure sera réalisée afin d'y situer la dérivation provisoire. Cette échancrure sera « bouchonnée » avec du remblai argileux dans l'épaisseur du noyau lorsque la conduite de vidange aura été mise en place. La conduite permettra, à partir de ce moment-là, le transit du débit de la rivière durant la montée de la digue.

8.3 – Filtre et transition dans le corps du barrage

La transition entre le noyau et les enrochements de la recharge amont, sera réalisée par la mise en œuvre de matériaux granulaires de granulométrie variable passant de très fins (vers le noyau) à plus grossiers (vers les enrochements). L'épaisseur de cette couche de transition sera d'environ 2 m.

Le noyau sera séparé des matériaux de recharge aval, par du matériau sableux filtrant sur 1 m d'épaisseur. Ce filtre pourra être réalisé à l'avancement dans le remblai du noyau par passes de 1,2 m environ. Le matériau utilisé pour la réalisation de ce filtre cheminée sera un sable de classe granulométrique 0/5 mm ayant :

- un coefficient d'uniformité inférieur à 6 ;
- un D₁₅ compris entre 0,200 mm et 0,380 mm ;
- moins de 4 % (en poids sec) d'éléments inférieurs à 80 µm ;
- moins de 20 % (en poids) d'éléments de nature carbonatée.

Afin d'évacuer les eaux de percolation pouvant traverser le noyau, le filtre cheminée aval sera prolongé à sa base vers le pied aval de digue par des bretelles drainantes réalisées en matériaux drainants (graviers de classe granulométrique 5/50 mm) entourés de géotextile.

Chaque bretelle débouchera dans un regard permettant la mesure des débits par empotement. Un collecteur en PEHD placé en pied de talus aval assurera l'évacuation des eaux entre les regards et débouchera dans le chenal d'évacuation.

8.4 – Recharges des talus amont et aval du barrage

À l'aval du noyau seront mis en œuvre les matériaux tout-venant de la cuvette (argiles et limons sableux, graves, sables) présentant un taux d'humidité compatible avec une mise en œuvre suivant les règles de l'art. L'utilisation des sables en remblai peut être envisagée dans des positions particulières au sein du remblai à condition de les mélanger, lors de la mise en œuvre, aux autres types de matériaux disponibles.

Le fruit du talus aval retenu est de 2,75/1, confirmé par l'étude de dimensionnement et de stabilité. Dans la continuité des remblais contigus du bassin de dissipation, une risberme de 10,00 de largeur calée à l'altitude 185,00 m a été rajoutée afin de protéger le pied du talus aval du remous susceptible d'être

généralisé par le pont et le remblai de la voirie existante en aval. Un complément par enrochement antibatillage de pied aval de la plateforme est envisagé jusqu'à la cote 184,00 mNGF.

La réalisation des recharges aval s'effectuera par montée des remblais et compactage couche par couche par un compacteur pied-de-mouton de type 825 de chez Caterpillar (ou par un compacteur vibrant lourd si les matériaux sont peu argileux), les couches ayant une épaisseur de 0,3 m foisonné.

La recharge amont en enrochements qui assure la stabilité de la digue aura un fruit extérieur de 1,6/1, avec une risberme de 7,50 m de large calée à l'altitude 186,50 m NGF (avant le démarrage du chantier, vérification sera faite en fonction des caractéristiques des enrochements fournis).

La mise en œuvre de la recharge amont s'effectuera par montée des enrochements et compactage couche par couche par un compacteur vibrant lourd (type V5), les couches ayant une épaisseur de 0,6 m.

8.5 – Les parements du barrage

Le parement amont sera fini par une couche d'aspect homogène de 0,35 m de cailloux de classe granulométrique 50/350 mm.

Sur le talus aval une couche de terre végétale enherbée protégera le talus contre les effets érosifs du ruissellement des eaux de pluie.

La crête de la digue aura une largeur de 5 m, compte tenu de la structure de la digue (noyau argileux + éléments de transition + enrochements). Un bombement de 0,30 m au maximum en partie centrale sera ménagé afin de compenser les tassements prévisibles.

8.6 – Le dispositif d'auscultation

Le dispositif d'auscultation permettra le suivi :

- des déformations du barrage ;
- des déformations des ouvrages de génie civil ;
- des pressions interstitielles dans les remblais argileux
- des percolations à travers le barrage ;
- de la piézométrie à l'aval immédiat du barrage.

Les déformations (tassements) du barrage et des ouvrages (évacuateur de crues) seront suivies par nivellement topométrique d'une douzaine de repères répartis sur la crête du barrage et en différents points des ouvrages de génie civil.

Afin de mesurer l'évolution des pressions interstitielles, 6 cellules de pression seront positionnées sur 2 profils en partie basse des remblais argileux (4 cellules dans le noyau et 2 dans le remblai aval).

Les percolations seront suivies par la mesure des débits aux exutoires des huit bretelles drainantes (regards de visite).

La piézométrie sera suivie par des mesures de niveau d'eau dans un certain nombre de piézomètres qui seront réalisés par forage en pied aval. Il en est prévu une dizaine avec 2 piézomètres de 15 mètres de profondeur pour contrôler la piézométrie profonde, et 8 piézomètres de 7 mètres de profondeur pour contrôler l'évolution des pressions dans les horizons supérieurs de la fondation.

8.7 – Ouvrage de prise et conduite de vidange

La conduite de vidange qui servira de dérivation durant la période des travaux, assurera la restitution aval en utilisation courante du réservoir et la vidange de sécurité. Elle sera constituée d'une conduite en acier, revêtue intérieurement de peinture époxy et extérieurement d'une protection en polyéthylène tricouche.

Cette conduite sera assemblée par soudure, mise en place dans une tranchée et enrobée de béton coulé pleine fouille. Une protection anti érosion interne sera réalisée par l'intermédiaire d'écrans transversaux bétonnés pleine fouille.

La conduite sera équipée à l'amont d'une crépine. La bride de la crépine sera calée à la cote 185,20 m NGF de façon à conserver un culot d'eau d'environ 55 000 m³ non vidangeable en exploitation normale. Une plaque pleine située en extrémité amont de conduite (182,50 m NGF) pourra permettre exceptionnellement la vidange totale de la retenue.

Dans un souci de sécurité afin de diminuer ou de supprimer les risques éventuels engendrés par la retenue en cas d'incident, l'ouvrage de prise et la conduite de vidange doivent permettre la vidange rapide du réservoir. Le critère de dimensionnement retenu vise à diminuer de moitié la poussée sur le parement amont de la digue en 7 jours. Le calcul conduit à un débit moyen à évacuer de 1,2 m³/s avec un plan d'eau bas à 190,81 m NGF. Ce débit sera évacué par la conduite et deux robinets-vannes papillon de diamètre nominal de 600 mm.

Notons que l'ouverture totale de ces vannes et de la conduite provoquerait la vidange totale de la retenue en 12 jours environ.

Pour l'utilisation courante du réservoir, le pré-dimensionnement de la vanne de restitution est calculé de telle sorte que le débit nominal⁵ de lâcher soit assuré jusqu'à une cote du plan d'eau représentant un faible volume d'eau restant (moins de 10 % de la capacité), tout en garantissant la stabilité de la digue (maîtrise des vitesses de descente du plan d'eau).

Avec une vanne de type « guillotine » installée en dérivation sur la conduite de vidange, d'un diamètre de 600 mm, un débit de 0,40 m³/s pourra être assuré jusqu'à une cote du plan d'eau de 182,83 m NGF (correspondant à une vidange de plus de 95 % du volume de la retenue).

Cette vanne ouverte en totalité provoquerait la vidange totale de la retenue en 12 jours.

⁵ Le plan d'exploitation prévisionnel de la retenue fixe le débit nominal des lâchers, en fonction notamment des débits à restituer en aval, selon les différents usages (salubrité, irrigations) et les périodes (été ou automne) où ils interviennent. Le plan d'exploitation prévisionnel est présenté dans le dossier d'Intérêt Général. Le plan d'exploitation qui sera validé permettra de confirmer le diamètre de la vanne de restitution.

Il a été vérifié aussi le fonctionnement hydrauliques de cette conduite et le risque vis-à-vis de l'aval durant le chantier. La période prévisionnelle pour la réalisation du remblai étant septembre à octobre, la période de retour prise en compte pour le calcul de la crue de chantier est réduite à 2 mois, La crue de chantier de fréquence 1/20, a été recalculée dans cette hypothèse.

Le débit de pointe de la crue de chantier entrante est ainsi ramené à 5,2 m³/s. La conduite de fond (diamètre 600 mm) permettra d'évacuer la crue de chantier, le débit de crue maximum laminé étant de 1,42 m³/s (laminage de 73%).

Dans cette configuration, la crue de chantier pourra être stockée lorsque le remblai de digue atteindra 186,15 mNGF. Cette cote qui représente une montée de remblai de 3,10 m, soit un volume de remblai de 37 000 m³ devrait être atteinte au terme de 12 jours de travaux de terrassement.

Dans le cas d'une rupture de la digue liée à une submersion au cours de cette phase initiale de chantier, le débit aval obtenu serait au maximum de 42 m³/s, ce qui correspond approximativement au débit de pointe d'une crue de fréquence 1/50.

Au vu de ces éléments, la capacité d'évacuation de la conduite 600 mm est suffisante pour garantir un risque aval acceptable pendant la phase de chantier

8.8 – Système de protection contre les crues

La crue de période de retour de 5 000 ans est considérée comme la crue de projet pour le réservoir de Sivens. Les caractéristiques sont résumées comme suit :

- temps de montée : 6 heures
- temps de base : 19 heures
- débit de pointe : 107 m³/s
- volume : 3 700 000 m³

La crue de projet est très importante ce qui entraîne des contraintes fortes vis-à-vis de la conception de **l'évacuateur de crues**. Les différents calculs de dimensionnement de l'évacuateur de crues montrent que les capacités de laminage du réservoir sont très faibles (écrêtement de 8%).

Les largeurs de seuil testées indiquent que pour les dimensions courantes d'ouvrages en béton armé (seuil de 8 à 15 m environ), les lames d'eau sur le seuil sont importantes, voisines de 2 mètres. Pour réduire les charges à des valeurs plus classiques (autour d'un mètre), il faut augmenter la longueur du seuil de l'évacuateur, pour atteindre des valeurs voisines d'une trentaine de mètres.

La **passerelle métallique piétonne**, permettant le franchissement de l'évacuateur de crue en crête, est calée à l'altitude 196,80 mNGF, ce qui permet avec la sous-face du tablier (196,10 mNGF) de disposer un tirant d'air de 2,00 m sur la côte de la ligne d'eau atteinte au débit de la crue de projet (194,10 mNGF). Elle repose sur une seule pile centrale procurant deux passages de 10,85 m satisfaisant à la contrainte d'écartement minimale de 10 m entre piles,

Les caractéristiques suivantes pour l'évacuateur de crues ont été retenues afin de diminuer la surélévation du plan d'eau en période de crues et de limiter la hauteur de la digue et donc le volume de matériaux à mettre en œuvre :

- cote de seuil : 193,3 m NGF (PEN)
- largeur du seuil : 30 mètres
- débit maximal évacué : 98,4 m³/s (soit un écrêtement de 8 %)
- lame d'eau sur le seuil : 1,5 m
- cote du plan d'eau au débit maximal : 194,8 m NGF (PEE)
- revanche absolue : 1,0 m
- cote de la crête de digue : 195,8 m NGF

Pour la crue de sûreté, de période de retour de 10 000 ans, la revanche absolue reste très acceptable avec 0,90 m.

L'évacuateur est conçu avec une implantation sur le remblai. Le seuil, l'entonnement et le coursier seront en béton armé et le bassin de dissipation, de 40 m de longueur, sera en enrochements liés au béton avec des endiguements latéraux et une plateforme latérale permettant de contenir le ressaut de la crue de projet.

Afin de protéger le barrage contre les crues aval, nous profiterons de la plateforme du talus aval du barrage, dont l'altitude sera 185,0 mNGF(*cf ci-dessus*), pour poser des blocs antibatillage sur le talus inférieur.

Pendant la phase de chantier, la conduite de fond (diamètre 600 mm) permettra d'évacuer la crue de chantier. Le débit de crue maximum laminé sera de 1,42 m³/s (laminage de 73%).

Dans cette configuration, la crue de chantier pourra être stockée lorsque le remblai de digue atteindra 186,15 mNGF. Cette cote qui représente une montée de remblai de 3,10 m et un volume de remblai de 37 000 m³, devrait être atteinte au terme de 12 jours de travaux de terrassement.

Dans le cas d'une rupture de la digue liée à une submersion au cours de cette phase initiale de chantier, le débit aval obtenu serait au maximum de 42 m³/s, ce qui correspond approximativement au débit de pointe d'une crue de fréquence 1/50. Au vu de ces éléments, la capacité d'évacuation de la conduite 600 mm est suffisante pour garantir un risque aval acceptable pendant la phase de chantier.

8.9 – Chambre des vannes et chenal de restitution

Une chambre des vannes, située à l'aval, contiendra les différents appareillages hydrauliques nécessaires à la gestion de l'eau de la retenue. Seront mis en place :

- un robinet-vanne papillon de sectionnement général (vanne de garde) de diamètre nominal 600 mm ;
- un robinet-vanne papillon de diamètre nominal 600 mm pour la vidange rapide avec débouché dans le bassin de dissipation ;
- une vanne de régulation de diamètre nominal 600 mm pour le débit de restitution, motorisée avec débouché dans le canal de mesure ;
- un by-pass et une vanne de réglage du débit réservé en période de remplissage du réservoir.

Le chenal de mesure comportera un seuil bétonné comportant un déversoir équipé d'un seuil triangulaire métallique en acier inoxydable.

Un local de commande situé contre la chambre des vannes contiendra les organes de commande.

Le réglage de l'ouverture de la vanne de restitution pourra être réalisé :

- sur le site même du réservoir,
- à partir d'un poste de commande relié au réservoir par le réseau téléphonique grâce aux équipements de télégestion décrits ci-après.

En complément, en vue d'assurer l'alimentation hydraulique de la zone humide située en aval de la digue, un dispositif de d'infiltration sera réalisé pour rétablir les flux interceptés par la digue.

2 bassins d'infiltration seront créés (un sur chaque rive) en pied de digue. Les bassins seront creusés après avoir réalisé un profil pédologique permettant de déterminer les différents horizons et leur perméabilité. Il est préférable d'exploiter le maximum de longueur disponible de part et d'autre du Tescou. Le fond des bassins sera imperméabilisé par un mélange de bentonite et de sables argileux. L'ensemble sera surmonté par une épaisseur d'au moins 30 cm de granulats 20/60 lavés et protégés par un géotextile.

L'ensemble de l'aménagement sera complété par un dispositif de suivi : mesure des débits entrée / sortie (seuils jaugeurs ou canal venturi), échelle limnimétrique pour les bassins, piézomètres, pluviomètres et le suivi de la dynamique de végétation sur la zone humide.

8.10 – Equipements de télégestion

Ces équipements auront pour objectif d'optimiser l'efficacité des lâchers. Ceux-ci seront éclatés en deux ensembles :

- d'une part, un poste local permettant d'assurer le réglage à distance du débit délivré.
- d'autre part, une station de contrôle des écoulements à l'aval de la réalimentation en amont de la confluence avec le Tescounet.

L'équipement en télémessures du seuil en pied de barrage et d'un seuil de mesure à réaliser au point de contrôle aval, est intégré au projet. Mentionnons aussi qu'un seuil en amont de la retenue sera réalisé pour suivre les débits entrant dans le réservoir (*cf volume 5 – dossier de plan*).

Les principes généraux du système de régulation sont présentés ci-après :

Une consigne de hauteur d'eau dans le chenal en pied de digue –et donc de débit– sera définie au poste central du gestionnaire du Tescou en fonction des niveaux d'eau de la rivière à l'aval (au point de contrôle aval), du volume disponible dans la retenue et de la demande potentielle de prélèvements. Elle sera transmise vers la station locale en pied de digue. Un système de régulation local permettra l'asservissement de la vanne afin d'obtenir la hauteur désirée.

Un émetteur-récepteur sur le site recevra la consigne par l'intermédiaire du réseau Télécom auto commuté depuis le poste central. Il la transmettra à un automate programmable assurant la commande de la vanne motorisée, par des ordres temporisés d'ouverture et de fermeture. Une fois la hauteur mesurée dans le chenal de restitution -par l'intermédiaire d'une sonde capacitive- égale à la hauteur requise, la manœuvre est arrêtée ; le système permet également la transmission de la mesure du niveau d'eau dans la retenue (mesure effectuée par une sonde piézométrique). L'autre unité (transmetteur relié à la sonde capacitive) transmettra la mesure du niveau d'eau dans le canal de restitution, à titre de contrôle de la bonne exécution des opérations de manœuvre de la vanne.

De plus, le Tescou fera l'objet d'une analyse spécifique jusqu'au point de contrôle aval comprenant les deux étapes suivantes :

- modélisation mathématique de la rivière
 - détermination des paramètres hydrauliques caractéristiques du Tescou et calage sur une loi connue pour caractériser leur évolution en fonction du débit,
 - modélisation des écoulements en rivière selon les paramètres hydrauliques précédemment calculés et selon les points remarquables de la rivière qui auront été recensés.
- construction du mode de régulation

La rivière Tescou ainsi modélisée doit être régulée afin que les débits des lâchers commandés depuis le barrage soient modifiés automatiquement en fonction des débits effectivement enregistrés à l'aval. La commande est corrigée en réponse à des perturbations. Le mode de correction imposé est ajusté en prenant en compte certains facteurs de régulation (rapidité de la réponse, période d'échantillonnage des données, lissage des perturbations...). L'architecture de régulation construite doit ensuite être testée sur logiciel pour être validée.

Un suivi attentif de la régulation est nécessaire lors de la première campagne de gestion en temps réel. Le comportement en milieu réel du régulateur choisi doit en effet être analysé ; les possibilités d'amélioration du calage des paramètres hydrauliques, la validation de critères techniques (temporisation imposée avant la stabilisation du débit au niveau des organes de commande...) doivent aussi être envisagées.

L'ensemble de ces prestations est indispensable pour la mise au point des logiciels de gestion en temps réel des ouvrages.

Enfin, le projet prévoit la mise en place d'un équipement de téléalarme de crues. Pour cela, une sonde de niveau sera placée sur le seuil de l'évacuateur de crue.

8.11 – Stations de mesure

Seuil de mesure en aval du Tescou en amont de la confluence avec le Tescounet

Afin de gérer de façon optimale les débits lâchés depuis le réservoir en projet dans le bassin du Tescou, la mise en place d'un seuil de mesure de débits à l'amont de sa confluence avec le Tescounet est

intégrée au projet de Sivens. Ce point de mesure est considéré comme un point de gestion (débits de référence de 30 l/s à 75 l/s).

Suite à une visite de terrain avec les services de la police de l'eau de la DDT du Tarn, l'emplacement du seuil proposé se situe à 2 m à l'aval du pont de la D37.

Le dispositif de mesure doit permettre d'effectuer des mesures de débits précises dans une gamme de faibles débits (de l'ordre de 20 à 100 l/s) tout en ayant un impact limité sur les forts écoulements. Le seuil de mesure sera réalisé en palplanches.

Afin de créer une section de contrôle satisfaisante et de permettre une meilleure stabilité des mesures, la hauteur de pelle sera de 30 cm calée au-dessus du radier naturel.

La largeur de l'échancrure est déterminée au regard de la sensibilité de la mesure dans la gamme de faibles débits. Une largeur d'échancrure de 1,50 m donne ainsi une bonne sensibilité (8 l/s pour 1 cm de hauteur).

Afin de limiter l'impact de l'ouvrage pour de plus forts débits, la hauteur d'échancrure est limitée à 20 cm (soit une arase totale de 50 cm).

L'ancrage des palplanches sur les berges est prévu jusqu'en haut de celles-ci. Un confortement des berges à l'amont et à l'aval du seuil est prévu avec de l'enrochement.



Vues aval du pont de la D37

Seuil de mesure en amont de la retenue du Tescou

Afin de mesurer les débits entrant dans la retenue, le projet intègre l'équipement d'un dispositif de mesures en amont du plan d'eau. Après visite de terrain avec les services de l'Etat, il est prévu:

- d'équiper un seuil de mesures en béton, sur le Tescou à 20 m en aval du pont de la D32, avec appui sur un muret existant en rive gauche. L'échancrure du seuil sera de 1 m x 25 cm permettant de contrôler une gamme de faibles débits (inférieurs à 100 l/s).
- d'équiper l'ouvrage busé qui contrôle le ruisseau de Grate, confluent dans le Tescou en aval du pont de la D32. Cet ouvrage se situe sur le franchissement routier du ruisseau. Une plaque sera disposée sur deux rails verticaux au débouché du passage busé, de 1,5 m x 10 cm.



Tescou - vue aval du pont de la D32

Ruisseau de Grate
Vue aval passage busé – chemin des Caumonts

8.12 – Les travaux routiers et d'infrastructures

Les travaux du **rétablissement du CD n°132** en rive droite du plan d'eau, consistent à réaliser une plateforme de 9 mètres en remblai / déblai au-dessus des plus hautes eaux (194,80 m NGF) sur une longueur minimum de 1 650 mètres.

La chaussée d'une largeur de 5 m sera protégée par un revêtement tricouche sur un empierrement de 50 cm et sera bordée d'accotements de 1,50 m. Un fossé latéral et des passages busés assureront le drainage de la voirie côté plan d'eau, avec récupération des eaux de la chaussée dans des bassins de décantation avant rejet dans le milieu. Un fossé en haut du talus routier, côté versant, permettra de séparer les eaux du versant et les eaux de ruissellement.

Les remblais des talwegs franchis ainsi que les remblais réalisés sous les plus hautes eaux seront protégés par un enrochement antibatillage. Les ouvrages hydrauliques seront équipés de tête d'ouvrage en béton préfabriqués.

Les mesures d'insertion paysagère et environnementale le long de la restitution routière sont présentées dans l'étude d'impact.

Dimensionnement des bassins de décantation :

Le dimensionnement des bassins de décantation est défini à partir de la surface active de ruissellement équivalente (surface qui engendre le ruissellement = surface totale x coefficient d'apport). Les coefficients d'apports sont de 1 pour la surface routière revêtue considérée étanche, et de 0.3 pour les accotements et les talus, non revêtus.

Afin de tenir compte tenu du profil en long de la voirie et de la nécessité de donner une pente pour la collecte des eaux pluviales, nous avons adopté un dispositif d'assainissement avec 2 bassins de décantation répartis autour d'un point haut situé au lieu-dit Testet, l'un à l'extrémité Ouest de la route et l'autre à l'extrémité Est (cf – volume 5 dossier de plans – plan de masse)

Surfaces	Chaussée	Accotement + Fossé	Talus (ruisselant vers le fossé pluvial)	Total impluvium CD n°132
Ouest	4541	3635	3722	11898
Est	2894	2316	1326	6536
Part Est/Total	0.39	0.39	0.26	0.35
Surfaces actives				

Ouest	4541	1090	1117	6748
Est	2894	695	398	3987
Total	7435	1785	1514	10735

Les 2 bassins seront régulés par des conduites de vidange de diamètre 50 mm, jugé acceptable vis-à-vis des contraintes d'entretien des ouvrages. Avec ce dispositif, sous 0,5 m de charge utile, le débit de fuite par bassin est de 3 l/s.

Le dispositif de stockage des eaux pluviales est dimensionné par application de la méthode des pluies basée sur les paramètres de la pluviométrie locale pour une période de retour de 10 ans. On obtient les volumes utiles suivants :

Bassin	Ouest (aval)	Est (amont)
Débit de fuite (l/s)	3	3
Surface active (m ²)	6748	3987
Volume décennal (m ³) = volume des bassins	278	135

Les bassins seront des ouvrages étanches par géomembrane en fond et parois, munis d'une surverse de sécurité au niveau de l'ouvrage de sortie.

La régulation du débit de fuite se fera par une conduite de vidange calibrée, calée environ 30 cm au-dessus du fond du bassin, de façon à ménager une hauteur d'eau permanente favorisant la décantation des eaux pluviales routières.

Le volume total des ouvrages sera donc composé du volume utile (dimensionné ci-avant) et du volume permanent équivalent à 30 cm sur la surface du bassin en fond. Les caractéristiques des bassins sont donc respectivement de 28m x 10m x 1,3m (hauteur), et 14m x 10m x 1,3m.

Les travaux de **désenclavement forestier** en rive gauche du plan d'eau consistent à réaliser une plateforme d'emprise réduite de 4 mètres en remblai / déblai au dessus du plan d'eau normal mais si possible en dessous des plus hautes eaux (194,80 m NGF) sur une longueur minimum de 1 500 mètres.

La chaussée de 3 m sera traitée au liant hydraulique sur 50 cm d'épaisseur. Un fossé latéral et des passages busés assureront le drainage de la plateforme.

Les remblais des talwegs franchis ainsi que les remblais réalisés sous les plus hautes eaux seront protégés par un enrochement antibatillage.

Les ouvrages hydrauliques seront équipés de tête d'ouvrage en béton préfabriqués.

Un gué permettant le raccordement vers le CD n°132, équipé de conduites DN 500 protégées par des enrochements bétonnés sera réalisé à l'aval du barrage.

Les mesures d'insertion paysagère et environnementale le long du chemin forestier sont présentées dans l'étude d'impact.

Une **passerelle** (non routière) sera réalisée en amont du plan d'eau en limite de l'emprise du projet pour permettre le franchissement du Tescou.

Comme précisé dans les contraintes d'infrastructure, le chemin d'accès à l'habitation du lieu-dit « Testet » sera modifié. Celui-ci aura une largeur de 3 mètres et recevra un revêtement tricouche.

Des travaux de terrassement sont prévus pour la réalisation d'une plateforme inclinée devant la maison et la création d'un jardin potager, ainsi que des plantations.

Parmi les autres travaux, un assainissement autonome sera réalisé et les branchements des divers réseaux seront modifiés.

8.13 – Les rétablissements de réseaux

Dans le cadre de l'aménagement, les réseaux aériens (électricité et téléphone) seront rétablis en tranchée dans l'accotement du rétablissement du CD n°132. Le réseau AEP sera placé aussi dans l'accotement de la voirie. Le raccordement des réseaux enterrés nouveaux aux réseaux existants se feront au carrefour en aval immédiat du barrage.

9 – Calcul de stabilité des ouvrages

Les calculs de stabilité ont été effectués en partant de la conception et des profils pressentis, sur la base des caractéristiques mécaniques des matériaux d'emprunt et de fondation provenant des différents essais réalisés.

Les principales caractéristiques mécaniques prises en compte dans les calculs, sont récapitulées dans le tableau suivant :

Caractéristiques mécaniques prises en compte dans les calculs de stabilité				
Zone	ph (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	r _u
Enrochements amont	16	0	40	0
Filtre et drains	18	0	35	0
Noyau limoneux	20	10	30	0,4
Tout venant aval	20	10	30	0,4
Fondation limoneuse	19	10	30	0,4
Fondation graveleuse	17	0	30	0
Fondation sableuse	18	0	35	0

Compte tenu du faible risque sismique, on utilise une approche classique de calcul avec prise en compte d'une accélération horizontale de 0,1 g. Les principaux résultats peuvent se résumer ainsi :

- Talus aval en fin de construction : $F_{min} = 1,44$ ($F_{séisme} = 1,08$)
- Talus aval en régime permanent : $F_{min} = 1,88$ ($F_{séisme} = 1,38$)
- Talus amont en fin de construction : $F_{min} = 1,32$ ($F_{séisme} = 1,04$)
- Talus amont en vidange totale : $F_{min} = 1,42$ ($F_{séisme} = 1,16$)

F : coefficients de sécurité = rapport des forces stabilisatrices sur les forces déstabilisatrices

F_{min} : coefficient de sécurité minimal sans prise en compte du séisme

F_{séisme} : coefficient de sécurité minimal avec prise en compte du séisme

Par rapport aux projets classiques de barrage en remblai homogène, dans lesquels le dimensionnement du talus aval dépend des conditions de fin de construction, et le dimensionnement du talus amont des conditions en vidange totale, la structure zonée du barrage de Sivens entraîne des conditions différentes de dimensionnement des talus. Ainsi, la stabilité du talus amont, malgré sa structure en enrochements, est conditionnée par le noyau et le tapis limoneux, ce qui conduit à mettre en œuvre une butée de pied afin d'obtenir un coefficient de sécurité acceptable pour ce talus.

Il faut également noter que les conditions de stabilité en fin de construction, qui dans le cas du barrage de Sivens détermine les pentes des talus, dépendent très étroitement du coefficient de pression interstitielle r_u qui est fortement conditionné par les conditions de mise en œuvre des remblais. La pose de cellules de mesure des pressions interstitielles, en partie basse du noyau, dans le tapis amont, et dans le massif aval permettra de suivre l'évolution des pressions interstitielles pendant la montée des remblais, et de contrôler le non-dépassement des hypothèses de calcul du projet (r_u inférieur ou égal à 0,4).

Comme prévu, les conditions sismiques peu contraignantes n'entraînent pas de problème particulier de dimensionnement des talus.

10 – Organisation du chantier

Quelle que soit la date de démarrage des travaux, la réalisation nécessitera une durée de 2 ans, à laquelle il convient de rajouter un cycle de premier remplissage - première vidange.

Le planning prévisionnel des travaux de la première année (préférentiellement de juin à novembre) est le suivant :

Préparation du chantier et installation de chantier	: 1 mois
Travaux préparatoires (déboisements et décapages partiels)	: 1 mois
Travaux de terrassement liés à la paroi d'étanchéité	: 0,5 mois
Réalisation de la paroi d'étanchéité	: 2,5 mois
Travaux routiers (simultanément à la paroi d'étanchéité)	: 2 mois
Travaux préparatoires (suite des déboisements hivernaux)	: 2 mois
<i>Total délai global de la première année</i>	<i>: 6 mois</i>

Le planning prévisionnel des travaux de la deuxième année (préférentiellement de mai à décembre) est le suivant :

Préparation du chantier et installation de chantier	: 0,5 mois
Travaux préparatoires (suite des décapages)	: 0,5 mois
Travaux de terrassement liés à dérivation provisoire	: 0,5 mois
Remblais de 1 ^{ère} phase et mise en place cellules pression	: 1 mois
Mise en place de la conduite de vidange	: 0,5 mois
Remblais de 2 ^{ème} phase	: 3 mois

Réalisation de l'évacuateur de crues et ouvrages restitution	: 3 mois
Réalisation des piézomètres et plots d'auscultation	: 1 mois
Travaux piste rive gauche et travaux annexes	: 1 mois
<i>Total délai global de la deuxième année</i>	<i>: 8 à 9 mois</i>

La CACG maître d'œuvre assurera, conformément à ses pratiques, une surveillance à pied d'œuvre pendant toutes les périodes critiques du chantier, notamment en phase de montée du remblai.

11 – Synoptique

Données générales :

- Département : Tarn
- Ville la plus proche : Castelnau de Montmirail
- Commune concernée : Lisle sur Tarn
- Cours d'eau : Le Tescou
- Destination de l'ouvrage : Renforcement de la ressource en eau sur le bassin du Tescou

Données hydrauliques :

- Superficie du bassin versant : 28,7 km²
- Pente moyenne : 0,012 m/m
- Pluie moyenne annuelle : 720 mm
- Volume de la crue de chantier (20 ans) : 882 000 m³
- Volume de la crue de projet (5 000 ans) : 3 700 000 m³
- Débit de pointe de la crue de projet entrante : 107 m³/s

Caractéristiques principales de la retenue :

- Cote en pied amont de la digue : 183,0 m NGF
- Cote du plan d'eau normal : 193,3 m NGF
- Cote du plan d'eau exceptionnel : 194,8 m NGF
- Cote de la crépine : 185,2 m NGF
- Surface au plan d'eau normal : 34 ha
- Volume total créé : 1 500 000 m³
- Surface au plan d'eau exceptionnel : 41 ha
- Volume au plan d'eau exceptionnel : 2 100 000 m³
- Longueur de la retenue (Fetch) : 1 500 m

Caractéristiques des ouvrages :

- Type : barrage zoné à noyau argileux
- Cote de la crête : 195,8 m NGF
- Cote du déversoir : 193,3 m NGF
- Revanche sur PEN : 2,5 m
- Cote minimale en pied aval : 183 m NGF
- Hauteur au-dessus du terrain naturel : 12,8 m
- Longueur en crête : 315 m
- Largeur en crête : 5 m
- Fruit du parement amont : 1,6/1
- Fruit du parement aval : 2,75/1
- Largeur de la risberme amont : 7,50 m

▪ Cote de la risberme amont	: 186,50 m NGF
▪ Largeur de la risberme aval	: 10,00 m
▪ Cote de la risberme aval	: 185,00 m NGF
▪ Volume total de la digue	: 145 000 m ³
▪ Volume de remblai hors sol	: 115 000 m ³
▪ Volume de décapage et purges	: 25 000 m ³
▪ Volume de matériaux du site	: 102 000 m ³
▪ Volume de matériaux de carrière	: 43 000 m ³
▪ V_e/V_t (total)	: 10,3
▪ $H^2V^{0,5}$: 200
▪ Type d'évacuateur de crues	: central bétonné sur remblai
▪ Longueur développée du seuil	: 30 m
▪ Débit de la crue de projet après laminage (pointe)	: 98,4 m ³ /s
▪ Diamètre de la conduite de vidange	: 600 mm
▪ Débit nominal de restitution	: 400 l/s
▪ Débit maximal de vidange	: 1 900 l/s
▪ Débit réservé cours d'eau	: 12 l/s
▪ Débit réservé « zones humides »	: 3 l/s

Chapitre III- Rubriques de la nomenclature

Les travaux et ouvrages de l'opération d'aménagement, par leur nature, nécessitent une demande d'autorisation de Travaux (*articles L214-1 et suivants du code de l'environnement*).

La Nomenclature fixant la nature et les seuils des installations – ouvrages – travaux déclenchant une demande d'autorisation est annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 *et ses textes modificatifs*, repris sous l'article R214.1 et suivants du code de l'environnement.

Les rubriques de la Nomenclature concernées pour cet aménagement sont récapitulées dans le tableau suivant :

COMPOSANTE DU PROJET	RUBRIQUES VISÉES	REMARQUE
Au titre des impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique		
Ouvrages dans le lit mineur d'un cours d'eau	Rubrique 3.1.1.0 : « installations, ouvrages, remblais et épis dans le lit mineur d'un cours d'eau constituant 1° un obstacle à l'écoulement des crues 2° un obstacle à la continuité écologique entraînant une différence de niveau supérieur ou égale à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage »	⇒ autorisation
Ouvrages dans le lit mineur d'un cours d'eau	Rubrique 3.1.2.0 : « installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau... sur une longueur de cours d'eau — à 100 m »	⇒ autorisation
Ouvrages dans le lit mineur d'un cours d'eau	Rubrique 3.1.3.0 : « installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur — 100 m »	⇒ autorisation
Travaux de déblais remblais en lit majeur	Rubrique 3.2.2.0 : « installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau : Surface soustraite — 10 000 m ² »	⇒ autorisation
Plans d'eau	Rubrique 3.2.3.0 : « plans d'eau permanents ou non dont la superficie est — 3 ha	⇒ autorisation
Barrages et retenues	Rubrique 3.2.5.0 : « barrage de retenues et digues de canaux de classe A, B ou C »	La retenue de Sivens est de classe B ⇒ autorisation
Mise en eau	Rubrique 3.3.1.0 : « Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant — 1 ha »	⇒ autorisation
Au titre des rejets		

<p>Modification du régime des eaux</p>	<p>Rubrique 2.2.1.0 : « Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux... la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant — 10 000 m³/j »</p>	<p>⇒ autorisation</p>
<p>Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces</p>	<p>Rubrique 2.1.5.0 : « Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles, la surface totale du projet augmentée de la surface correspondant à la partie de bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant — 1 ha et < 20 ha</p>	<p>Ceci concerne les eaux de ruissèlement sur le CD132 interceptées dans des bassins de décantation et rejetées dans le milieu. ⇒ déclaration</p>

Chapitre IV - **Exploitation des aménagements**

Les modalités de gestion prévisionnelle de l'aménagement sont présentées dans le dossier d'Intérêt Général joint. Nous invitons le lecteur à s'y reporter [cf volume 1 – DUP et DIG].

Dès l'aboutissement de la procédure d'enquêtes publiques, un règlement d'eau intéressant l'aménagement sera arrêté par Messieurs les Préfets du département du Tarn et du Tarn-et-Garonne. Il détaillera notamment les modalités d'exploitation de la retenue qui devront être respectées par le futur gestionnaire.

Chapitre V- Document d'incidences

Compte tenu des caractéristiques du projet, une étude d'impact sur l'environnement est nécessaire.

Lorsqu'une étude d'impact est exigée en application des articles R.122-5 à R.122.9 du code de l'environnement, elle est jointe au document d'incidences, qu'elle remplace si elle contient les informations demandées.

Nous renvoyons donc pour ce chapitre « incidences sur le milieu aquatique » à l'étude d'impact jointe au dossier (*cf volume 3 – étude d'impact*).

Chapitre VI - Moyens de surveillance et d'intervention

1 – Dispositions réglementaires

Cadre : décret 2007-1735 du 11/12/2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.

1.1 – Classement

L'article R 214-112 du code de l'environnement définit les classes de barrages de retenue et des ouvrages assimilés selon :

- la hauteur maximum H au-dessus du terrain naturel, exprimée en mètre,
- le paramètre $H^2.V^{0.5}$, V étant le volume de la retenue, en millions de m³

Le tableau de classement est reproduit ci-après :

Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques
A	$H \geq 20$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H^2.V^{0.5} \geq 200$ et $H \geq 10$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H^2.V^{0.5} \geq 20$ et $H \geq 5$
D	Ouvrage non classé en A, B, ou C et pour lequel $H \geq 2$

Article R 214-114 : le Préfet peut par décision motivée, modifier le classement d'un ouvrage s'il estime que le classement résultant de l'article R 214 –112 n'est pas de nature à assurer la prévention adéquate des risques qu'il crée pour la sécurité des personnes et des biens.

1.2 – Etude de dangers

Référence : Articles R 214 –115 à R 214 –117. Elle est demandée pour les barrages de retenues de classe A ou B.

1.3 – Règles relatives à l'exécution des travaux et à la première mise en eau

Référence : Articles R 214-119 à R 214- 121

1.4 –Règles relatives à l'exploitation et à la surveillance des ouvrages

Référence : Articles R 214-122 à R 214- 136

2 – Dispositions relatives à la retenue de Sivens

2.1 – Classement et étude de danger

Compte tenu de ses caractéristiques dimensionnelles (Hauteur du barrage supérieure à 10 mètres et inférieure à 20 mètres ; $H^2V^{0.5} = 200$), le barrage de Sivens relève de la classe B.

Le projet du barrage de Sivens doit faire l'objet d'une étude de dangers. Cette étude de dangers se réfère au dossier technique d'avant projet de l'ouvrage ainsi qu'à l'étude de l'onde de rupture du barrage. Elle a été réalisée en 2009, présentée aux services de l'Etat préalablement à l'instruction du dossier d'enquêtes publiques, et validée. Un résumé est présenté ci-dessous pour information du public.

L'étude de dangers respectant l'arrêté du 12/06/2008 a été réalisée par la CACG et J2C Services spécialisé en analyse de risques.

En résumé de l'étude de danger :

Le barrage de Sivens présentera après sa construction, comme tous les barrages de même nature, un risque lié à une hypothétique rupture de l'ouvrage.

La conception du projet, conforme aux règles de l'art en vigueur aujourd'hui, les préconisations de suivi de sa construction, et les préconisations de suivi pendant son exploitation, visent à réduire au maximum les risques de désordres sur les ouvrages.

Cependant, on ne peut exclure certains phénomènes exceptionnels, ou certaines combinaisons de circonstances défavorables qui pourraient provoquer désordres sur l'ouvrage ; toutefois, la probabilité d'occurrence de ces éventuels accidents, même si elle est très difficilement quantifiable, est extrêmement faible et reste de l'ordre de celle admise implicitement pour toutes constructions humaines importantes (ouvrages d'art importants, etc.).

Malgré ce niveau de risque très faible (à la limite de l'imaginable), la gravité de cet accident potentiel a été examinée par le biais de la simulation de l'onde de crue dans la vallée du Tescou, provoquée par la rupture du barrage. Il ressort de cette simulation que les enjeux d'un tel accident seraient de l'ordre d'une trentaine de maisons d'habitation riveraines et d'une trentaine de bâtiments agricoles divers, répartis sur la quarantaine de kilomètres de la vallée du Tescou, entre le barrage et sa confluence avec le Tarn, à Montauban. La route départementale RD 999 serait coupée en trois endroits différents. Par contre, il est ressorti de cette simulation que cette crue accidentelle ne provoquerait pas de dommage significatif dans la ville de Montauban puisqu'elle resterait circonscrite à l'intérieur des endiguements qui protègent la zone de Sapiac située dans la confluence du Tescou et du Tarn.

Compte tenu de la spécificité de cette étude de dangers réalisée sur un ouvrage en projet, les principales mesures prises pour réduire les risques concernent surtout les préconisations de suivi pendant la construction, et de suivi pendant l'exploitation de l'ouvrage.

2.2 – Dispositions constructives

Pour un barrage, les risques à considérer résultent essentiellement de la libération de tout ou partie de l'eau de la retenue, suite à une rupture partielle ou totale de l'ouvrage, à un dysfonctionnement d'un de ses organes, ou à une manœuvre d'exploitation.

L'étude de danger identifie les risques générés par une dégradation ou une défaillance des fonctions techniques assurées par les différentes composantes du barrage.

Les barrières de sécurité pour un projet de retenue sont essentiellement de deux types : des **actions de prévention** et des **actions de surveillance**. Lorsque des anomalies sont constatées, des **actions correctives** spécifiques doivent être décidées.

Par exemple, pour réduire le risque d'apparition d'une rupture par effet renard en pied de digue, des actions de préventions (reconnaissance géotechnique), des actions correctives (substitution de matériaux en phase de réalisation) et des actions de surveillance en phase d'exploitation (observation visuelle, piézométrie et topographie) sont mises en place.

Nous présentons ci-après les moyens constructifs, de surveillance et d'intervention proposés pour ce projet.

Les calculs relatifs à la sécurité des ouvrages suivent les *Recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi des petits barrages*⁷ (Editions du CEMAGREF, 1997).

Ce document, rédigé à l'initiative du Comité Français des Grands Barrages (CFGB)⁸ par un groupe de travail réunissant services de l'Etat, bureaux d'études, grands maîtres d'ouvrages, organismes de recherche et d'enseignement supérieur, ne crée pas de normes au sens légal du terme, mais constitue une référence habituelle pour les maîtres d'œuvre et les services de l'Etat.

Les *Recommandations* relient les dispositions constructives au paramètre $H^2V^{0.5}$ qui représente le « risque intrinsèque » de l'ouvrage. Cet indicateur du « potentiel de risque à l'aval » est ainsi repris dans le décret 2007-1735 du 11/12/2007 comme l'un des critères de classement des barrages.

Par exemple, les *Recommandations* relatives à la stabilité des digues ainsi qu'aux conditions de vidange d'urgence ont été appliquées au projet de retenue de Sivens et conduisent aux caractéristiques détaillées au chapitre II du présent dossier.

De même, conformément aux *Recommandations*, les calculs de stabilité du barrage sont effectués avec les valeurs de caractéristiques géotechniques (angle de frottement interne, cohésion) données par les études préalables puis avec des valeurs dégradées. Les résultats satisfont aux conditions de stabilité recommandées.

⁷ Le terme de "petit barrage" s'applique dans ce document à des ouvrages de 5 m à 25 m de hauteur.

⁸ renommé Comité français des Barrages-Réservoirs (CFBR)

2.3 – Moyens de surveillance et d'intervention en phase de réalisation et de 1^{ère} mise en eau

La maîtrise d'œuvre de ce projet est assurée par la CACG, Société d'aménagement régionale. Elle réalise depuis 1960 pour son propre compte ou le compte de tiers, les missions de conception et de contrôle d'exécution de nombreux ouvrages hydrauliques, barrages (dont 8 dans la classe A des grands barrages et 32 de classe B), réservoirs, canaux, galeries, réseaux.

Après les opérations de réception de la conformité des ouvrages, le premier cycle de remplissage et de vidange fait l'objet d'un suivi sous la responsabilité de la maîtrise d'œuvre. Lors du premier cycle remplissage/vidange, il appartient au Maître d'œuvre d'effectuer un contrôle renforcé des installations. En effet, la première mise en eau constitue une phase essentielle et particulière de la vie d'un barrage. La vitesse de montée des eaux sera limitée. Le premier remplissage sert d'épreuve et doit permettre de déceler d'éventuelles anomalies. La surveillance des ouvrages pendant cette période doit être continue.

Le protocole est le suivant :

- Mesure initiale des plots d'auscultation topographique ;
- Suivi régulier des niveaux, des débits des drains, des piézomètres;
- Mise à disposition sur site d'un personnel qualifié, connaissant les ouvrages, en mesure de porter un premier diagnostic en cas de désordres, et d'alerter la maîtrise d'œuvre (contrôle visuel et contrôle du bon fonctionnement des organes de sécurité);
- En fin de vidange, inspection détaillée des ouvrages;
- Auscultation topographique à réservoir vide ;
- Remise du dossier des ouvrages exécutés et du rapport de premier cycle de mise en eau et vidange dans les six mois suivant l'achèvement de cette phase. Les consignes envisagées en cas d'anomalies seront établies.

Les actions de maîtrise des risques en phase de réalisation sont listées au § 3 – synthèse.

2.4 – Moyens de surveillance et d'intervention en phase d'exploitation

Pendant le premier cycle de remplissage-vidange, la CACG assume la surveillance des ouvrages. Le Conseil Général du Tarn retiendra ensuite un exploitant pour assurer la continuité de ces tâches de contrôle et de surveillance.

Surveillance

Le maître d'ouvrage et son exploitant, ont l'obligation d'effectuer les opérations de surveillance suivantes, en relai des obligations du maître d'œuvre :

- Inspection visuelle mensuelle du barrage et des abords : suintement, glissement, fissuration des talus, qualité de l'eau,
- Mesure topographique des tassements (en principe retenue vide) ;

- Visite technique approfondie des ouvrages tous les cinq ans à réservoirs vides, conformément aux prescriptions relatives aux barrages de classe B.

Entretien

En matière d'entretien des ouvrages, sont prévus :

- Fauche annuelle du parement pour faciliter l'observation visuelle et empêcher le développement de végétation arbustive ;
- Dégagement et vérification des ouvrages (repères d'auscultation, vannes de vidange...);
- Maintien et entretien des protections (caillebotis, panneaux, échelles...);

Dossier et registre

L'exploitant tient à jour le dossier comprenant :

- le dossier des ouvrages exécutés, complété des travaux réalisés depuis la mise en exploitation ;
- la description de l'organisation en place pour assurer la surveillance des ouvrages en toutes circonstances ;
- les consignes écrites précisant les instructions de surveillance ;
- les rapports d'entretien ;
- les rapports d'auscultation ;

L'exploitant consigne sur un registre tous les faits relatifs à la vie des ouvrages : observations, anomalies, mesures d'auscultation, interventions.

Rapport d'entretien et surveillance

L'exploitant fournit au Préfet le rapport (compte rendu) de visite approfondie effectuée tous les cinq ans. Il fournit aussi le rapport d'auscultation et de contrôle une fois tous les cinq ans. Ce rapport décrit les faits consignés dans le registre et leur évolution dans le temps.

Disposition concernant les interventions

Deux cas d'alerte peuvent être distingués :

- état de vigilance renforcée : pendant la durée du premier cycle, ou en cas de constatation de faits anormaux importants concernant la tenue de l'ouvrage ;
- état de préoccupations sérieuses :
 - soit lorsque les mesures techniques prises n'améliorent pas les faits anormaux précédemment constatés ;

- soit lors d'évènements extérieurs pouvant mettre en danger l'ouvrage (pluie dépassant 250 mm en 15 heures ⁽⁹⁾ survenant retenue pleine, niveau d'eau atteignant -0,40 m sous le merlon de crête, ...);

L'exploitant informe les services du Préfet de l'état d'alerte et des évolutions constatées.

L'exploitant prend l'initiative de demander l'autorisation d'une vidange d'urgence, ou de la déclencher préventivement s'il l'estime nécessaire.

Vidange technique

Une vidange technique non urgente peut être demandée par l'exploitant à l'occasion d'une visite technique approfondie (si la consommation de l'année n'a pas suffisamment vidé la retenue) ou pour effectuer des travaux de grosse maintenance. Cette vidange fait l'objet d'une demande d'autorisation spécifique.

3 – Synthèse

Le tableau suivant présente les actions préventives (A PR), de surveillance (A SU), voire correctives (A CO) prévues pour ce projet, de façon à réduire les risques sur le barrage de Sivens.

Actions	Type	Lieu	Périodicité	Moyen de contrôle	Enregistrements
Analyse du débit	A SU	Gestionnaire	6 fois/an	Enregistrement et analyse de la mesure	Graphe
Analyse mesure piézomètre	A SU	Gestionnaire	6 fois/an	Enregistrement et analyse de la mesure	Graphe
Analyse mesure pression	A SU	Gestionnaire	6 fois/an	Enregistrement et analyse de la mesure	Graphe
Analyse mesures topographique après évènement significatif	A SU	Gestionnaire	Après séisme	Enregistrement et analyse de la mesure	Graphe et feuille de bord
Analyse relevé topographique	A SU	Gestionnaire	2 fois/an	Enregistrement et analyse de la mesure	Graphe
Analyse relevé topographique	A SU	Gestionnaire	Phase vidange	Enregistrement et analyse de la mesure	Graphe
Appréciation visuelle de zones d'humidité côté aval-Turbidité-Débit	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Appréciation visuelle du talus aval – Turbidité - Débit	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Contrôle chantier d'exécution	A PR	Barrage	1 fois	Suivi des prescriptions techniques de mise en œuvre du béton	Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)
Contrôle chantier d'exécution	A PR	Barrage	1 fois	Contrôle des matériaux. Contrôle de la géométrie et du compactage	DOE
Contrôle chantier d'exécution des remblais	A PR	Barrage	1 fois	Tri des matériaux. Contrôle et mesures de compactage	DOE
Contrôle chantier d'exécution des	A PR	Barrage	1 fois	Contrôle et mesures de	DOE

⁹ Par référence à la pluie catastrophique génératrice des crues ayant frappé le Gers le 7 et 8 juillet 1977, et qui reste la valeur enveloppe connue dans l'ouest, hors zone montagnaise.

remblais				compactage	
Contrôle systématique par plongeur	A SU	Barrage	1 fois tous les 5 ans	Contrôle visuel par plongeur	Rapport d'inspection
Détection d'un débit de fuite (oui/non).	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel. Cochage de case	Feuille de bord
Inspection caméra	A PR	Barrage	1 fois après 25 ans	Caméra	Film
Mesure des deux débits de chaque rive	A SU	Barrage	6 fois/an	Mesure manuelle	Fiche de relevé
Mesure par piézomètre	A SU	Barrage	6 fois/an	Mesure manuelle	Fiche de relevé
Mesure pression par cellule	A SU	Barrage	6 fois/an	Lecture sur afficheur	Fiche de relevé
Observation visuelle	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle après événement significatif	A SU	Barrage	Après séisme	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle de déformations du parement amont et de la crête	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle de déformations, fissures sur l'évacuateur. Présence et comptage d'embâcles	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle de fissures, lentilles et présence d'eau sur le remblai aval	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle de lentilles de glissement autour de la retenue	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle de résurgence aval	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle de tassements ou de fissures	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle des enrochements amont (désordres...)	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle du pied de digue	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle du pied de digue amont en phase de vidange	A SU	Barrage	Phase vidange	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle d'un écoulement à l'aval	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Observation visuelle particulière en période de crue et/ou de dépassement de seuil du niveau d'eau dans le déservoir,	A SU	Barrage	Période de crue	de Contrôle visuel	Rapport si événement exceptionnel (crue centennale par exemple) et évaluation des embâcles.
Observation visuelle particulière en période de crue. Détection de désordres dans l'enrochement ou érosion du chenal	A SU	Barrage	Période de crue	de Contrôle visuel	Rapport si événement exceptionnel (crue centennale par exemple)
Observation visuelle zone humide ou résurgence côté aval	A SU	Barrage	1 fois/mois	Contrôle visuel et observation écrite	Feuille de bord
Reconnaissance géotechnique selon contexte géologique : 20 m pour le Tescou	A PR	Barrage	1 fois	Carottes. Pénétrètres. Essai d'eau. Trous à la pelle méc.	Rapport géologique pris en compte dans le dimensionnement (AVP et projet)
Reconnaissance géotechnique selon contexte géologique: 20m pour le Tescou	A PR	Barrage	1 fois	Carottes. Pénétrètres. Essai d'eau. Trous à la pelle mécanique.	Rapport géologique pris en compte dans le dimensionnement (AVP et projet)
Relevé topographique	A SU	Barrage	2 fois/an	Matériel de levé	Fiche de relevé
Relevé topographique	A SU	Barrage	Phase	Matériel de levé	Fiche de relevé

Relevé topographique après évènement significatif	A SU	Barrage	vidange Après séisme	Matériel de levé	Fiche de relevé
Substitution de matériaux en phase de réalisation	A CO	Barrage	1 fois	Contrôle visuel	Levé de fond de fouilles
Test de maintenance systématique des vannes	A SU	Barrage	1 fois/an	Suivi de procédure de contrôle du dispositif de vidange	Feuille test de contrôle et de maintenance annuelle des vannes
Tests de réception de la conduite	A PR	Barrage	1 fois	Contrôle des soudures. Contrôle visuel de l'étanchéité extérieure	DOE

Chapitre VII - **Compatibilité du projet avec le SDAGE Adour Garonne**

Ce chapitre reprend très largement la rédaction textuelle du SDAGE Adour Garonne.

Le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) est le document de planification pour la gestion équilibrée des ressources en eau et des milieux aquatiques pour l'ensemble du bassin Adour-Garonne. Il précise en particulier les dispositions à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs qualitatifs et quantitatifs qu'il fixe pour l'ensemble des milieux aquatiques, dont le bon état des eaux.

Le SDAGE 2010/2015 a été adopté le 16 décembre 2009. Il remplace celui qui est mis en œuvre depuis 1996. Il s'inscrit dans le cadre du Code de l'Environnement qui a intégré la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA) et les préconisations de la directive cadre sur l'eau européenne (DCE) d'octobre 2000. Il prend en compte la loi Grenelle 1 et les orientations du livre bleu du Grenelle de la mer. Il a une durée de 6 ans et devra être révisé en 2015 pour la période 2016/2021.

Un programme de mesures (PDM) est associé au SDAGE. Il traduit ses dispositions sur le plan opérationnel en listant les actions à réaliser au niveau des territoires pour atteindre ses objectifs.

Le SDAGE qui est opposable à l'ensemble des actes administratifs, notamment les autorisations de travaux en rivière, c'est pourquoi la compatibilité du projet avec le SDAGE est ici présentée.

L'objectif du SDAGE d'obtenir 60% des masses d'eau en bon état écologique¹⁰ en 2015 « nécessite d'agir en priorité sur la réduction des pollutions diffuses et la restauration du fonctionnement de tous les milieux aquatiques et humides. Maintenir des débits suffisants dans les cours d'eau en période d'étiage reste incontournable » (p7 SDAGE).

Le projet de création de la retenue de Sivens s'inscrit totalement dans l'objectif général de maintenir des débits suffisants dans les cours d'eau.

Afin d'obtenir plus rapidement des résultats sur la qualité des masses d'eau, le SDAGE propose de concentrer les moyens sur trois priorités : protéger et restaurer le fonctionnement naturel de tous les milieux aquatiques, résorber les pollutions diffuses de toute nature, résorber les déficits en eau. Le projet de Sivens participe à cette troisième priorité : « Les prémices des changements climatiques semblent creuser ces déficits et, malgré une gestion encore plus rationnelle et plus efficiente, notamment en économisant l'eau, la construction de nouvelles réserves s'avèrera sans doute nécessaire pour réduire les aléas, en particulier dans les secteurs déjà identifiés comme déficitaires dans le SDAGE et dans lesquels les économies d'eau ne seraient pas, à elles seules, suffisantes ».

¹⁰ Le bon état écologique est obtenu lorsque les pressions des activités humaines (pollutions, modifications de la morphologie, prélèvements d'eau en été,...) restent à un niveau compatible avec un fonctionnement équilibré des écosystèmes, compte tenu des conditions environnementales naturelles (altitude, climat, distances aux sources,...). Ce bon état écologique des eaux superficielles est normé par des valeurs concernant les indicateurs biologiques et de qualité des eaux, par comparaison à un état de référence.

1 – Compatibilité du projet avec les orientations fondamentales du SDAGE

Le SDAGE rappelle au titre des enjeux pour le bassin, que les déficits structurels en eau persistent sur le bassin Adour Garonne, voire se creusent du fait de l'évolution climatique. D'importants volumes en réserves sont mobilisés mais ils restent insuffisants et un déficit de l'ordre de 250 millions de m³ persiste.

Parallèlement, les caractéristiques du bassin, notamment les pressions de pollutions, les perturbations morphologiques et l'hydrologiques des milieux aquatiques, ainsi que les déficits structurels estivaux et automnaux de ressources en eau, constituent des entraves à l'atteinte du bon état des eaux. La restauration des fonctionnalités des cours d'eau est un enjeu principal sur le bassin, associé à la volonté de développer une approche territoriale de l'eau pour réduire les risques d'inondations et préserver les zones humides.

Parmi les 6 orientations fondamentales du SDAGE nous retiendrons les orientations suivantes à laquelle répond le projet de Sivens :

- Maîtriser la gestion quantitative de l'eau dans la perspective du changement climatique :
« Concilier le développement des activités économiques, la préservation des milieux aquatiques et la protection contre les inondations au travers d'une gestion quantitative équilibrée de la ressource en eau reste un enjeu majeur, notamment dans la perspective du changement climatique. En effet, les perspectives de réchauffement climatique et la tendance observée sur l'augmentation de la durée des périodes de sécheresse laissent penser que le maintien d'un débit suffisant dans les cours d'eau sera une des clefs pour atteindre l'objectif de bon état des eaux. Pour limiter la sévérité des étiages, il conviendra, dans le nouveau cadre réglementaire,
 - *de mettre en œuvre de façon opérationnelle des PGE ou SAGE pour favoriser les économies d'eau ;*
 - *utiliser au mieux les ouvrages existants ; ajuster les prélèvements à la ressource disponible,*
 - *créer les nouvelles réserves en eau qui seraient nécessaires. »*
- Réduire l'impact des activités sur les milieux aquatiques :

Il s'agit de limiter au maximum les impacts des activités humaines sur les milieux aquatiques pour atteindre les objectifs environnementaux et notamment le bon état des eaux. Cela passe notamment par la restauration de la continuité écologique sur les cours d'eau (transport solide, migrateurs,...) et la restauration de régimes hydrologiques plus naturels aval des ouvrages hydroélectriques notamment.

- Préserver et restaurer les fonctionnalités des milieux aquatiques :

Pour atteindre les objectifs du SDAGE, il convient de mettre en œuvre une politique de préservation, de restauration et de gestion adaptée aux territoires : des fonctionnalités des milieux aquatiques, notamment par des plans de gestion de cours d'eau et de leurs zones humides) dans le cadre de l'aménagement de l'espace rural.

A travers la vocation de l'aménagement et à travers les mesures qui seront prises notamment au titre de son insertion environnementale et des mesures compensatoires, le projet vise à respecter ces orientations du SDAGE.

2 – Compatibilité du projet avec les objectifs du SDAGE

Les objectifs du SDAGE sont résumés ci-après :

- « *agir préventivement pour ne pas dégrader l'état actuel des masses d'eau¹¹* ». Le projet de Sivens s'inscrit dans cet objectif car il participe à la reconquête du bon état du Tescou ;
- « *justifier les dérogations aux objectifs : des exemptions à l'objectif de bon état des eaux en 2015 (objectif moins strict) ou des reports de délais d'obtention (2021, 2027) sont possibles* ». C'est le cas du Tescou pour lequel l'objectif global de bon état est fixé à 2021 du fait d'une dégradation actuelle des conditions naturelles biologiques (étiages prononcés et mauvaise qualité des habitats) ;
- « *pouvoir déroger à l'objectif de non détérioration de l'état des eaux ou du non respect des objectifs du fait de nouvelles modifications apportées par l'homme, dans le cadre de projets d'intérêt général* ». Le projet de Sivens n'entre pas dans ce cadre-là (le projet vise au contraire l'amélioration de l'état actuel du Tescou à travers la composante hydrologique) ;
- « *Protéger et restaurer les milieux à forts enjeux environnementaux* ». Le bassin du Tescou n'est pas un territoire identifié à ce titre. Toutefois, les milieux naturels (zones humides, prairies) impactés par le projet représentent un intérêt patrimonial au niveau du bassin ; la compensation des incidences sur ce patrimoine constitue un des objectifs du projet ;
- « *Eviter les tensions et les crises. Les autorisations de prélèvements seront ajustées au volume prélevable compatible avec les débits d'objectifs d'étiage. En outre la gestion quantitative des eaux du bassin doit être désormais mise en œuvre dans un cadre global anticipatif et concerté pour préserver l'avenir* ». Le projet de Sivens répond pleinement à cet objectif, dans le cadre du PGE du Tescou, en mobilisant une ressource nouvelle qui sera affecté au soutien des débits d'objectifs d'étiage et à la compensation de prélèvements d'irrigation.

3 – Compatibilité du projet avec les dispositions du SDAGE

Le projet de Sivens s'inscrit dans l'**orientation E du SDAGE** « **maîtriser la gestion quantitative de l'eau dans la perspective du changement climatique** » qui s'appuie sur « des mesures pour concilier la préservation des milieux aquatiques, la protection contre les inondations et le développement des activités économiques, en prenant en compte la perspective du changement climatique ».

¹¹ On entend par non détérioration le fait que l'état d'une masse d'eau ne descende pas en-dessous de la limite inférieure de sa classe d'état évaluée au début de la mise en œuvre du SDAGE ou de sa classe objectif lorsqu'elle l'a atteinte.

Le projet de Sivens se rattache aux dispositions suivantes du SDAGE visant à « rétablir durablement les équilibres en période d'étiage » :

1. Répondre aux besoins socio-économiques dans le respect des objectifs environnementaux

Les dispositions du SDAGE auxquelles répond le projet Tescou sont les suivantes :

- *E1 : Définition des conditions de référence.*

Les DOE et DCR ont été définis par le PGE Tescou et sont intégrés au SDAGE. Le projet du Tescou participe à la satisfaction de ces débits de référence. Le tableau E1 du SDAGE indique ainsi « *Tescou ; station de St Nauphary ; DOE 0,15 m³/s (0,10 m³/s sont visés dans l'attente de la mise en service de Sivens) ; DCR 0,05 m³/s* »

- *E2 : Définition des zones de répartition des eaux.*

Le Tescou est inscrit en zone de répartition des eaux. A ce titre, tout prélèvement d'eau supérieur à 8 m³/h doit faire l'objet d'une autorisation administrative.

2. Restaurer durablement l'équilibre dans les bassins déficitaires

- *E4 : Gérer les ressources à l'équilibre en mettant en place une gestion opérationnelle de l'eau pour satisfaire les DOE et éviter le déclenchement de la gestion de crise par l'Etat.*

Le PGE Tescou prévoit à cet effet, une gestion coordonnée entre les différents ouvrages du bassin du Tescou pour satisfaire aux débits de référence.

- *E5 : Faciliter la gestion équilibrée par des démarches concertées de planification. Dans le cas de Plans de Gestion des Etiages (PGE), les collectivités formalisent : les règles et les modalités de gestion collective et opérationnelle des ressources et des prélèvements, le calendrier de mise en œuvre des solutions précitées retenues, l'évolution vers un ou plusieurs SAGE.*

Le PGE Tescou validé en 2003 identifie la création de la retenue de Sivens comme un des moyens structurants pour atteindre l'équilibre socio-économique et environnemental du bassin.

3. Favoriser la gestion rationnelle et économe de l'eau

- *E13 : Généraliser l'utilisation rationnelle et économe de l'eau et quantifier les économies d'eau*

Le futur gestionnaire de la retenue de Sivens mettra en place les outils et les aménagements permettant une valorisation optimale des stocks mobilisés. Les mesures plus générales d'économie d'eau sur le bassin, relèvent du PGE et des partenaires identifiés.

- *E14 : Généraliser la tarification incitative*

Le gestionnaire de la retenue de Sivens mettra en place les contrats d'eau avec les usagers préleveurs, avec une tarification incitative pour maîtriser les prélèvements, et qui assure l'équilibre financier et durable de l'aménagement.

4. Créer les réserves en eau nécessaires

- *E18 : Créer de nouvelles réserves en eau. Dans les bassins où le déficit reste important en tenant compte des économies d'eau réalisées, de nouvelles réserves en eau d'intérêt collectif sont créées, si cette solution est envisageable au regard du maintien ou de l'atteinte du bon état des eaux.*

Elles sont justifiées au regard des coûts/bénéfices sur les aspects environnementaux et économiques, elles s'appuient sur les SAGE ou PGE, elles doivent permettre effectivement la résorption des déficits et l'atteinte des objectifs environnementaux. Pour les retenues de soutien d'étiage, le volume affecté au soutien des débits permet la satisfaction des DOE.

Le projet de Sivens répond à cette disposition (inscription dans le PGE Tescou, affectation d'un volume de salubrité permettant la garantie du DOE, le dossier de DUP et DIG analyse les bénéfices du projet au regard de l'économie et de l'environnement).

Le projet de Sivens s'inscrit également dans l'**orientation C du SDAGE « gérer durablement les eaux souterraines, préserver et restaurer les fonctionnalités des milieux aquatiques et humides »**. Les dispositions du SDAGE qui concernent directement le projet de Sivens se rattachent à la préservation des milieux à fort enjeux environnementaux¹².

Les milieux à forts enjeux environnementaux identifiés dans le SDAGE sont les cours d'eau à enjeu pour les poissons migrateurs amphihalins, les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau en très bon état écologique et/ou jouant le rôle de réservoirs biologiques, les zones humides, les habitats abritant des espèces remarquables menacées.

Les dispositions visées sont les suivantes :

1. Préserver et restaurer les poissons grands migrateurs amphihalins, leurs habitats fonctionnels et la continuité écologique

- *C30 : Préserver les milieux aquatiques à forts enjeux environnementaux.* Pour toute opération soumise à autorisation ou à déclaration sur un milieu aquatique à forts enjeux environnementaux, le document évaluant son impact sur l'environnement doit notamment préciser les incidences sur les paramètres qui ont conduit à l'identification du milieu dans le SDAGE et qui figurent sur les listes du SDAGE.

L'étude d'impact du projet de Sivens tient compte de l'enjeu migrateur (anguille) sur le Tescou et de la présence de zones humides.

- *C34 : Pour les migrateurs amphihalins, préserver et restaurer la continuité écologique et interdire la construction de tout nouvel obstacle.* La restauration de la libre circulation des poissons migrateurs amphihalins s'applique en priorité sur les cours d'eau de la liste C34 et la carte indicative associée. Cette liste inclut les cours d'eau et portions de cours d'eau de la zone d'action prioritaire du plan national Anguille.

¹² Les dispositions de l'orientation C relatives aux petits chevelus hydrographiques en tête de bassin ne concernent pas le projet de Sivens. Les dispositions relatives aux petits plans d'eau ne concernent pas non plus ce projet. En effet, les caractéristiques dimensionnelles du projet de Sivens, sa vocation et son implantation, le rattachent à une retenue de soutien d'étiage sur cours d'eau principal (ouvrage dit structurant).

Le Tescou ne figure pas sur la carte C34 du SDAGE des cours d'eau prioritaires. Toutefois, ce cours d'eau figure sur la carte C32 des axes à enjeu pour les migrateurs amphihalins et à ce titre il figure dans la liste des axes à grands migrateurs amphihalins susceptibles d'être classés au titre de la continuité écologique (Art L214-17-I liste 2, ex art L.432-6). Le projet de classement – en cours- intègre le Tescou depuis l'aval jusqu'au barrage.

2. Stopper la dégradation des zones humides et intégrer leur préservation dans les politiques publiques

- *C46 : Eviter, ou à défaut, compenser l'atteinte grave aux fonctions des zones humides.* Dans le cas de projets susceptibles de nuire aux fonctions des zones humides, déclarés d'utilité publique et sans alternative au maintien des zones humides, des mesures de compensation proportionnées aux atteintes portées aux milieux, à la charge du maître d'ouvrage, seront exigées après concertation avec les collectivités territoriales concernées et les acteurs de terrain.

L'étude d'impact du projet de Sivens identifie la répercussion du projet sur les parcelles identifiées en zones humides et propose un programme spécifique de mesures de compensation « zones humides ».

- *C50 : Instruire les demandes sur les zones humides en cohérence avec les protections réglementaires.* Le préfet délimite avant 2013, en priorité au sein des enveloppes qui seront délimitées (*cf mesure C44 - cartographie des principales zones humides du bassin*) et en concertation avec les acteurs locaux, « *les zones humides d'intérêt environnemental particulier* » pour lesquelles il définit des programmes d'actions. Il arrête la délimitation des zones humides dites « *zones stratégiques pour la gestion de l'eau* ».

Aujourd'hui les zones humides d'intérêt environnemental particulier ou stratégique pour la gestion de l'eau ne sont pas délimitées. Le SDAGE fixe une échéance à 2013 pour réaliser cette délimitation. Le projet de Sivens n'est donc pas localisé dans un tel périmètre « officiel » mais les zones humides du secteur de Sivens ont bien été considérées comme d'intérêt patrimonial particulier, et à ce titre font l'objet d'un programme spécifique de mesures de compensation.

4 – Compatibilité du projet avec le programme de mesures associé au SDAGE

Le tableau suivant extrait du SDAGE explicite les mesures relatives à l'unité hydrographique « Tarn aval » qui couvre le bassin du Tescou.

Mesures de l'UHR Tarn aval			
Modification des fonctionnalités			
Fonc_1_04	Entretien, préserver et restaurer les zones humides (têtes de bassins et fonds de vallons, abords des cours d'eau et plans d'eau, marais, lagunes...) : - interdire le drainage ou l'envoyage des zones humides abritant des espèces protégées ou des zones humides inventoriées pour leurs fonctionnalités hydrologique et/ou biologique, - procéder à des acquisitions foncières dans les zones humides, - développer le conseil et l'assistance technique aux gestionnaires de zones humides	Pouvoirs publics-APNE	I C R
Fonc_2_02	Entretien des berges et abords des cours d'eau ainsi que les ripisylves	Agriculteurs-Collectivités-APNE	C
Fonc_2_03	Réaliser des études et des travaux visant à traiter les problématiques "seuils" et maintien des faciès d'écoulement	Collectivités	I C R
Fonc_2_05	Déterminer les espaces de mobilité des cours d'eau	Collectivités	C
Fonc_2_07	Accompagner et sensibiliser les acteurs sur les interventions sur les milieux (techniciens rivières, guides techniques,...)	Pouvoirs publics-APNE	I C
Fonc_4_02	Aménagement des ouvrages pour favoriser le transport solide	Collectivités-Gestionnaire ouvrage-AAPPMA	C
Fonc_4_03	Améliorer les ouvrages et leur gestion (vannes de chaussées, de barrages...) pour : - garantir les débits des cours d'eau et les niveaux d'eau des marais, - limiter l'impact de ces ouvrages sur la faune et la flore aquatiques	Gestionnaire ouvrage	C
Prélèvements, gestion quantitative			
Pre1_1_02	Augmenter la ressource en eau disponible à l'étiage sur les bassins déficitaires par la construction de retenues supplémentaires	Pouvoirs publics	C
Pre1_2_01	Adapter les prélèvements aux ressources disponibles	Pouvoirs publics	C R
Pre1_2_02	Favoriser les économies d'eau : sensibilisation, économies, réutilisation d'eau pluviale ou d'eau de STEP, mise en œuvre des mesures agroenvironnementales (amélioration des techniques d'irrigation, évolution des assolements...)	Agriculteurs-Industriels-Collectivités-Particuliers	C
Inondations			
Inon_1_01	Elaborer et mettre en œuvre les préconisations du schéma de prévention des crues et des inondations	Pouvoirs publics	C R
Inon_1_02	Développer les aménagements de ralentissement dynamiques	Collectivités	C R

Le projet de Sivens concrétise la mesure « pre1_1_02 : augmenter la ressource en eau disponible ».

Les mesures d'insertion environnementale et compensatoires du projet ont été définies selon les objectifs de l'axe « modification des fonctionnalités » de ce programme : restaurer les zones humides, procéder aux acquisitions foncières, réaliser les études et travaux visant à traiter les problématiques « seuils » et maintien des faciès d'écoulement, favoriser le transport solide, limiter les impacts sur la faune et la flore aquatique.

Chapitre VIII - Plans et éléments graphiques

Le **Volume 5 – Plans** présente les données graphiques du projet. Nous invitons le lecteur à s'y référer.