

# PROGRAMME D' ACTIONS DE PREVENTION DES INONDATIONS N°3 GARDONS



## Pièce n°7 - Analyse coût bénéfice



Porteur de projet :  
Établissement Public Territorial de Bassin Gardons

Version 21/01/2020



Poste préparation PAPI financé par le FEDER



**EPTB Gardons**

6, avenue Général Leclerc • 30000 NÎMES • Tél. : 04 66 21 73 77  
eptb.gardons@les-gardons.fr • www.les-gardons.fr

## SOMMAIRE

<b>I. Principe de l'analyse de la pertinence des projets</b> .....	<b>2</b>
<b>II. Opération de sécurisation du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge</b> .....	<b>2</b>
II.1. Comparaisons des solutions de confortement .....	2
II.2. Evaluation économique de l'effacement du barrage .....	4
II.3. Analyse multicritère de comparaison des solutions de confortement et de reconstruction.....	5
II.4. Justification des travaux .....	6
II.5. Synthèse .....	7
<b>III. Aménagement du système d'endiguement de Comps</b> .....	<b>7</b>
III.1. Présentation du projet .....	7
III.2. Variantes étudiées.....	7
III.3. Justification du projet.....	8
<b>IV. Système d'endiguement d'Alès – Tranche 1 - Travaux de protection des risbermes</b> .....	<b>9</b>
IV.1. Présentation du projet .....	9
IV.2. Justification du projet .....	9
<b>V. Système d'endiguement d'Alès – Tranche 2 - Travaux d'aménagement des parties privées d'ouvrage et gestion foncière</b> .....	<b>10</b>
<b>VI. Travaux de création du système d'endiguement de La Grand'Combe</b> .....	<b>10</b>
VI.1. Présentation du projet .....	10
VI.2. Justification du projet .....	10

## I. Principe de l'analyse de la pertinence des projets

La pertinence socio-économique des travaux d'aménagement et de confortement des ouvrages de protection hydraulique et de gestion des écoulements doit être démontrée pour toutes les opérations des axes 6 et 7.

Le cahier des charges national PAPI 3 impose la réalisation d'une Analyse Coûts-Bénéfices (ACB) simple pour les opérations comprises entre 2 et 5 millions d'euros, et une Analyse Multi-Critères (AMC) au-delà de 5 millions d'euros.

Pour les opérations d'un montant inférieur à 2 millions d'euros, il est nécessaire de présenter une justification économique.

## II. Opération de sécurisation du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge

Les travaux projetés dans le cadre de l'opération de sécurisation du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge sont le résultat d'un **long processus décisionnel**.

De **nombreuses variantes ont été étudiées**. Un comité de révision spécial dont les principaux membres sont le Préfet du Gard et le Président du Conseil départemental du Gard a eu à se prononcer sur le choix de la solution à retenir.

L'ensemble de la réflexion et des résultats d'études qui ont été produites sur le sujet sont synthétisés dans une note disponible en annexe du dossier de labellisation.

Dans la suite de ce chapitre, un résumé des analyses multicritères est fourni.

### II.1. Comparaisons des solutions de confortement

À la suite des premières études, il a été décidé de concentrer la recherche d'une solution de confortement à l'aide d'un évacuateur de crue de surface. À ce stade, **5 variantes** ont été retenues pour être comparées.

Il s'agit des solutions suivantes :

- ➔ réalisation d'un nouveau barrage en Béton Compacté au Rouleau (BRC),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue sur le corps de l'ouvrage et carapace en béton compacté au rouleau (EVC sur BCR),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue en béton armé sur le corps de l'ouvrage (EVC sur remblai),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue en béton armé en rive droite du barrage (EVC RD),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue en béton armé en rive gauche du barrage (EVC RG).

Une **analyse multicritère** a été déterminée pour comparer ces solutions. Les critères sont les suivants :

- ➔ sûreté une fois les travaux achevés,
- ➔ sûreté en phase travaux,
- ➔ coût des travaux,
- ➔ délais de réalisation,

- ➔ aléa technique en phase travaux,
- ➔ sécurité au droit de la route nationale 106 qui passe en rive gauche du barrage,
- ➔ impact environnemental,
- ➔ intégration paysagère.

Une note sur 100 a été attribuée pour chaque critère à chaque solution à comparer :

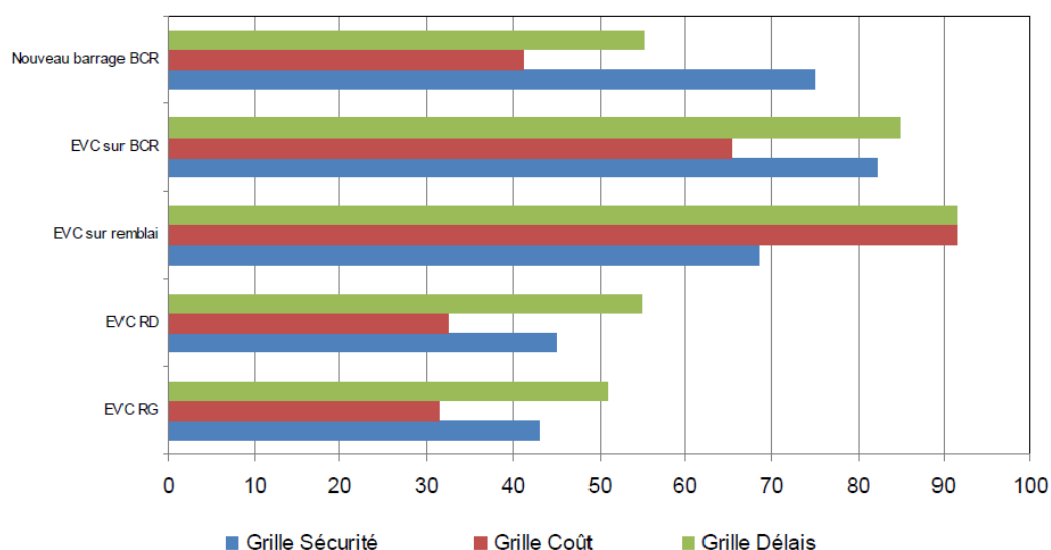
	EVC RG	EVC RD	EVC sur remblai	EVC sur BCR	Nouveau barrage BCR
Aléa technique en phase travaux	33	33	67	67	50
Sureté en phase travaux	100	100	83	67	100
Sureté en phase définitive	44	44	47	90	100
Coût	17	15	100	50	19
Délais	68	73	100	93	50
Intégration paysagère	0	0	100	100	50
Sécurité de la RN106	0	33	100	67	33
Impact environnemental	0	0	100	75	0

Ces critères ont été pondérés selon **3 grilles de lecture** :

- ➔ la grille sécurité : poids prépondérant de la sureté une fois les travaux achevés,
- ➔ la grille coût : poids prépondérant du critère coût des travaux,
- ➔ la grille délais : poids prépondérant du critère délais.

Une fois cette méthodologie en place, il a été possible de **comparer les différentes solutions** en utilisant différentes visions.

Le graphique ci-dessous synthétise ces résultats :



La réalisation d'un nouveau barrage et la réalisation de l'évacuateur au béton compacté au rouleau présentent l'avantage de réduire fortement le risque de rupture en cas de surverse généralisée de l'ouvrage pour un événement qui dépasserait les capacités de l'évacuateur de crue. C'est la raison pour laquelle ces 2 solutions se positionnent en tête selon le critère « sécurité ».

En termes de délais et de coût, les 2 solutions qui présentent les meilleurs résultats sont l'évacuateur au béton compacté au rouleau et l'évacuateur de crue sur remblai en béton armé. Cette dernière présente un avantage notable au niveau du coût.

En croisant l'ensemble de ces éléments, il apparaît que **la solution la plus pertinente en regard des 3 grilles d'analyse est la solution de l'évacuateur de crue au béton compacté au rouleau.**

La solution la moins onéreuse est écartée pour des raisons de sécurité.

## **II.2. Evaluation économique de l'effacement du barrage**

À la demande des services de l'État, un effacement du barrage a été étudié.

**3 scénarios** ont été déterminés :

- ➔ **démontage du pertuis** pour augmenter la capacité d'évacuation – aggravation des inondations en aval et mesures compensatoires déterminées,
- ➔ **démontage du pertuis et de la majeure partie du corps du barrage** (maintien d'un petit barrage) – aggravation des inondations en aval et mesures compensatoires déterminées,
- ➔ **démontage intégral du barrage** – aggravation des inondations en aval et mesures compensatoires déterminées.

Ces trois scénarios ont été ensuite comparés à une situation avec le barrage tel qu'il est avant travaux.

Une **approche économique** a été mise en œuvre selon les techniques d'analyse coût bénéfice classique. Des simulations hydrauliques ont été menées pour déterminer les modifications de conditions d'inondation causées par la suppression du barrage.

Les calculs montrent que **les 3 solutions aggravent la situation** : le coût des dommages est en augmentation de 130 k€/an pour la solution 1 et 530 k€/an pour les 2 autres.

Pour réduire ces impacts négatifs, **des mesures compensatoires ont été déterminées** : rehaussement de digue, confortement de pont, de berge...

Le barrage assure aussi un rôle de soutien d'étiage. De mesures liées à la production d'eau potable ont également été chiffrées.

Les calculs d'analyse économique ont été repris en tenant compte de ces mesures supplémentaires.

Pour le scénario 1, elles permettent de proposer un niveau de protection relativement équivalent à celui du barrage : coût des dommages diminué de 3 k€/an.

Pour les scénarios 2 et 3, les mesures réduisent l'impact négatif mais ce dernier reste important : le coût des inondations est aggravé de 300 k€/an.

La **rentabilité de ces scénarios a été recherchée à une échéance 50 ans** comme il est demandé au niveau national.

**Les 3 scénarios présentent une valeur actualisée nette (VAN) extrêmement négative** : de l'ordre de **moins 70 millions d'euros**. Pour qu'un projet soit jugé économiquement rentable, il faut que cette valeur soit positive.

Les coûts très importants et l'aggravation de la situation en aval du point de vue des inondations ont conduit à **écarter cette solution d'effacement du barrage.**

## II.3. Analyse multicritère de comparaison des solutions de confortement et de reconstruction

L'analyse de l'effacement du barrage a montré que cette solution ne peut pas être retenue du fait de son coût très important et des impacts négatifs qu'il présente.

Une nouvelle analyse multicritère a alors été réalisée pour **comparer les solutions de confortement de l'ouvrage et les solutions de construction d'un nouveau barrage.**

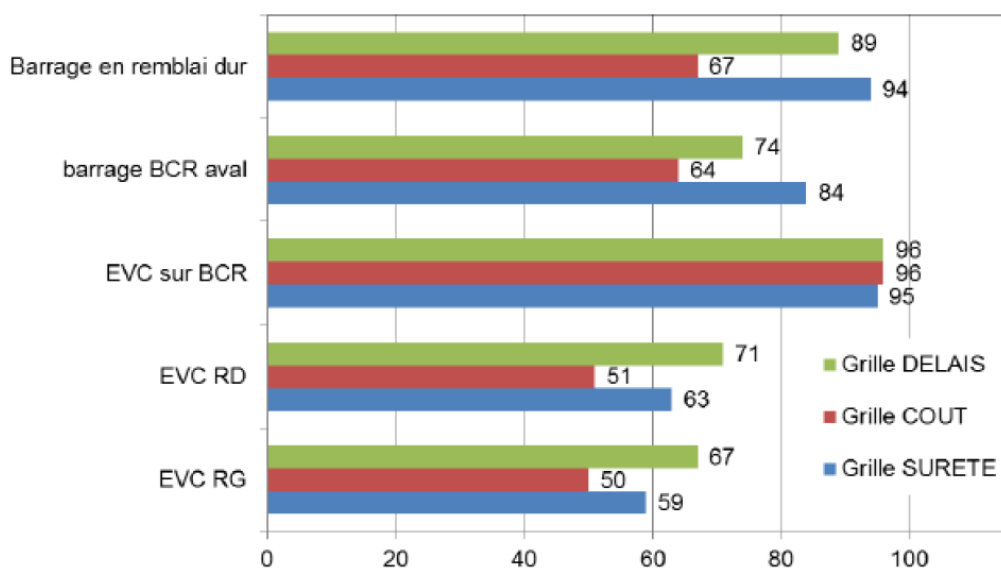
Cette analyse présente la même méthodologie que l'analyse multicritère présentée précédemment.

Les 5 partis d'aménagement retenus sont les suivants :

- ➔ réalisation d'un barrage en remblai dur par déconstruction du barrage et reconstruction sur le même site (barrage en remblai dur),
- ➔ réalisation d'un nouveau barrage au béton compacté au rouleau (barrage BCR aval),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue sur le corps de l'ouvrage et une carapace au béton compacté au rouleau (EVC sur BCR),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue en béton armé en rive droite (EVC RD),
- ➔ réalisation d'un évacuateur de crue en béton armé en rive gauche (EVC RD).

Les **critères d'évaluation** et les **3 grilles de lecture** ont été à nouveau mis à profit pour comparer les 5 solutions.

Le résultat des calculs est synthétisé dans l'histogramme suivant :



**Cette analyse permet de montrer que la solution d'un évacuateur de crue en béton compacté au rouleau se classe première selon les 3 grilles d'analyse.**

La seconde solution qui serait la plus intéressante est la réalisation du barrage en remblai dur. Celle-ci présente un coût largement supérieur (plus du double) que la solution de l'évacuateur de crue en béton compacté au rouleau mais également l'inconvénient de supprimer la protection apportée par le barrage durant les travaux.

À l'issue de ce long processus décisionnaire, la solution de l'évacuateur de crue sur le corps du barrage et sa carapace en béton compacté au rouleau a été retenue.

Les 3 précédents chapitres sont un résumé de la note de compréhension qui est jointe en annexe du dossier de labellisation.

Les rapports d'étude d'analyse coût-bénéfice de l'effacement du barrage et l'analyse multicritère des solutions de confortement et d'ouvrages neufs sont également disponibles en annexe.

## **II.4. Justification des travaux**

Le risque de rupture du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge est de 10% pour une crue de période de retour 2 000 ans et de 100% pour une crue de période de retour 100 000 ans.

Ces probabilités ne sont pas acceptables aux vues des normes actuelles et des enjeux présents en aval du barrage concernés par une rupture et présentés ci-dessous (source « étude de danger du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge 2014 »).

De plus, la rupture du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge entraîne la rupture du barrage des Cambous situé à l'aval immédiat de ce premier. Cela constitue un facteur aggravant.

Dans la vallée, entre Sainte-Cécile-d'Andorge et Alès, la population potentiellement touchée par une inondation se regroupe essentiellement dans les villages de La Grand-Combe, Saint-Martin-de-Valgalgues et Alès. Elle a été estimée à **28 000 personnes** par le Conseil Départemental.

La **zone du quart-d'heure** est définie comme celle comprise entre le barrage et la limite atteinte par le front de l'onde de rupture en moins de 15 minutes. Pour le barrage de Ste-Cécile d'Andorge, elle s'étend sur environ 9 km et **englobe la totalité de la Grand'Combe. La ville d'Alès est atteinte en une heure.**

L'emprise de la zone inondée extraite de l'étude d'onde de submersion inclut :

- ➔ **26 écoles** (La Grande-Combe (3), Les Salles du Gardon (2), Alès (21)),
- ➔ **6 collèges** (La Grande-Combe (2), Alès (4)),
- ➔ **5 lycées** (La Grande-Combe (1), Alès (4)).

L'analyse du PCS de la Grand'Combe permet de compléter cette liste par les établissements suivants : **1 gymnase, 3 églises, 1 mosquée et 1 temple protestant, 1 supermarché.**

La vallée est également occupée par des **zones industrielles et commerciales**, notamment au niveau des secteurs de la Grand-Combe, et d'Alès.

De **nombreuses voies de communications** sont susceptibles d'être entièrement ou partiellement coupées en cas de rupture du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge combinée à celle du barrage des Cambous.

Par ailleurs, des ponts et ouvrages traversants sont présents sur le linéaire de la rivière. Les principaux sont **les ponts de la RD357, de la RN106, de la Grand'Combe sur la RD234, de la traversée d'Alès.**

## II.5. Synthèse

Le Département du Gard est **dans l'obligation de mettre aux normes** le niveau de sûreté du barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge.

Pour cela, de nombreuses solutions techniques ont été abordées.

La **déconstruction complète de l'ouvrage** a été envisagée. L'analyse coût-bénéfice réalisée a montré la **très faible pertinence** d'une telle disposition : elle présente un déficit de 70 millions d'euros à l'horizon 50 ans.

Le **maintien en l'état de l'ouvrage est inacceptable** en termes de sûreté d'ouvrage vis-à-vis des 28 000 personnes concernées par le risque de rupture de barrage. Cette option est écartée.

Il convient alors de rechercher **la meilleure solution qui permettra de disposer du niveau de sûreté requis**. Pour ce faire, plusieurs variantes ont été étudiées. **Elles ont été comparées** selon des grilles d'analyse multicritère comme cela est exposé dans les chapitres précédents.

**La solution d'un évacuateur de crue central et d'une carapace réalisés au béton compacté au rouleau s'est imposée.**

Ainsi, il est possible de considérer que **la démarche entreprise par le département du Gard permet d'identifier la solution la plus adaptée en termes d'actions à réaliser** sur le barrage de Sainte-Cécile-d'Andorge et que le risque pour les biens et les personnes sera ramené à un niveau acceptable.

Compte tenu des spécificités du dossier de sécurisation du barrage de Sainte Cécile d'Andorge et des études détaillées qui ont conduit à retenir le projet d'aménagement, il a été demandé à l'Etat une exonération quant à l'application du cahier des charges national définissant les modalités de réalisation d'une analyse multicritère.

Sur la base des études disponibles et de la démarche entreprise par le Département du Gard, l'Etat a accepté la demande.

## III. Aménagement du système d'endiguement de Comps

### III.1. Présentation du projet

Le système d'endiguement est ancré dans le canal de l'ASA de Beaucaire. Celui-ci est abandonné. Il convient de prendre en compte cette situation pour garantir un niveau de protection du village de Comps tel que prévu lors de la conception des digues.

Pour cela, il est prévu de **combler le canal** au droit du raccordement avec les digues existantes et de prévoir également un complément en aval pour éviter les remontées du Rhône. **Un chenal est prévu au droit de la digue en retour amont** afin d'évacuer les eaux qui continuent à transiter par cet ouvrage. Un pont sous la route départementale est prévu avant le rejet au Gardon. Enfin, la digue en retour aval est prolongée au niveau du canal.

### III.2. Variantes étudiées

Deux variantes au projet ont été étudiées. Elles cherchent à éviter l'obstruction du canal en intégrant la rive gauche de cet ouvrage au système d'endiguement.



La première prévoit d'intégrer au système d'endiguement 1,8 km de la berge rive gauche. La seconde cherche à réduire ce linéaire (1,1 km au lieu de 1,8 km) en transformant la digue en retour aval en digue de premier rang. Cela implique des travaux supplémentaires

Les 2 variantes ont été écartées pour des raisons de coûts d'investissement et d'entretien. Les contraintes foncières sont plus importantes. Elles présentent l'inconvénient d'augmenter fortement le linéaire de digue.

### **III.3. Justification du projet**

Le canal de Beaucaire dispose d'une prise d'eau sur la commune de Remoulins. Il parcourt ensuite plus de 10 km en rive droite du Gardon avant de traverser la commune de Comps.

Ce linéaire d'ouvrage est à l'abandon. Il est susceptible de subir une dégradation conduisant à l'intrusion d'eau non contrôlée dans le canal à l'occasion d'une crue du Gardon. Cette eau va ensuite traverser la commune de Comps puis franchir un tunnel avant de rejoindre le Rhône au niveau de l'ouvrage de décharge de la Coquillade.

Une crue du Rhône est également à prendre en compte car elle peut générer un rehaussement de la ligne d'eau du Gardon jusqu'à la commune de Montfrin mais aussi s'introduire dans le canal en aval du tunnel sur la commune de Beaucaire.

Dans le cas d'une défaillance des berges du canal dans la traversée du système d'endiguement de la commune de Comps, l'eau pourrait alors se répandre dans le village.

Ce scénario devient de plus en plus probable compte tenu de l'évolution de la situation du canal.

Pour maintenir le niveau de protection apporté par les digues de Comps tel que prévu lors de leur création, il convient de procéder aux aménagements décrits ci-avant.

L'approche simplifiée de l'analyse de la pertinence du projet est proposée ci-dessous :

**Investissement : 600 000 € HT**

**Coût/habitant : 1 010 €/habitant**

L'ensemble des enjeux qui bénéficient de ces travaux en portant le niveau de protection jusqu'à la cote 14,4 mNGF (niveau approximatif centennal d'une crue du Gardon ou du Rhône – zone de confluence) sont les suivants :

**Nombre d'habitants concernés : 594**

**Nombre de logements : 250**

**Nombre d'entreprises et commerces : 13 dont le hangar d'une ébénisterie**

**Bâtiments publics : la mairie, les locaux des services techniques, une station d'assainissement des eaux usées, une église, les arènes**

**Autres équipements : équipements sportifs (terrain de tennis, de foot), cimetière**

Le coût ramené au nombre d'habitants est un coût très modeste. La prise en compte des activités économiques et des autres équipements permet de lever tout doute quant à la pertinence de ces travaux.

## IV. Système d'endiguement d'Alès – Tranche 1 - Travaux de protection des risbermes

### IV.1. Présentation du projet

Le Gardon a été aménagé dans sa traversée de la ville d'Alès par des quais et des digues. D'une manière généralisée, le niveau du lit du Gardon s'est abaissé durant les dernières décennies à la faveur de l'extraction des matériaux pratiquée jusqu'à leur interdiction suite à la loi sur l'eau de 1992.

Les fondations des quais et des digues ont été établies sur la base du niveau historique du lit du Gardon. Son enfoncement génère une menace pour la stabilité des ouvrages.

La crue de septembre 2002 a généré d'importantes érosions. Un **programme de stabilisation des risbermes** a été mis en œuvre sur la majeure partie du linéaire. Seul le tronçon situé en aval de la rocade n'en a pas bénéficié.

À défaut d'aménagement, les érosions ont progressé jusqu'à présenter un état préoccupant. Un suivi de la largeur des risbermes a été mis en place. **Les travaux de confortement sont devenus indispensables.**

### IV.2. Justification du projet

Le secteur bénéficiant des travaux correspond à une partie du système d'endiguement d'Alès. Il s'agit de la digue de la prairie et celle du quai du Mas d'Hours.

En l'absence des travaux, le Gardon va poursuivre l'érosion des risbermes jusqu'à mettre à nu les fondations des digues puis générer leur rupture. Dans un tel scénario, une vague va pénétrer la zone protégée inondant de très nombreux enjeux.

Le projet permet de réduire très fortement ce risque de rupture.

L'approche simplifiée de l'analyse de la pertinence du projet est proposée ci-dessous :

**Investissement : 1 100 000 € HT**

**Coût/habitant : 2 546 €/habitant**

L'ensemble des enjeux qui bénéficient de ces travaux sont les suivants :

**Nombre d'habitants concernés : 432**

**Nombre de logements : 188**

**Superficie d'entreprises et commerces : 56 716 m<sup>2</sup> correspondant à 41 bâtiments**

**Surface de serres agricoles : 55 700 m<sup>2</sup> correspondant à 19 emplacements**

**Axe routier : rocade sud d'Alès – lien entre les quartiers d'Alès de la rive gauche et ceux de la rive de droite du Gardon.**

## V. Système d'endiguement d'Alès – Tranche 2 - Travaux d'aménagement des parties privées d'ouvrage et gestion foncière

Le système d'endiguement d'Alès est parfois établi sur des terrains privés. La maîtrise foncière de ces terrains est indispensable pour en assurer l'entretien, la surveillance et la remise en état. Le projet vise donc à mettre en place **les servitudes ou les acquisitions** nécessaires puis de mettre en œuvre **les travaux d'aménagement** pour créer les cheminements et remettre en état les ouvrages (dévégétalisation, aménagement des clôtures, évacuation de dépôts...).

La population protégée par ces ouvrages est de l'ordre de 18 070 habitants. Le montant de l'opération est estimé à 450 000 €, soit **25 €/habitant**.

## VI. Travaux de création du système d'endiguement de La Grand'Combe

### VI.1. Présentation du projet

Dans le cadre de l'activité minière de la vallée du Gardon d'Alès, la commune de La Grand'Combe s'est développée. Un ouvrage a été créé constituant une digue surmontée d'une route pour protéger les constructions les plus proches du Gardon.

L'EPTB Gardons a lancé un diagnostic de cet ouvrage afin de constituer un système d'endiguement. Il est apparu indispensable de mettre en œuvre des clapets anti-retours afin de garantir un niveau de protection en lien avec l'importance de la digue.

Par ailleurs, une restauration de l'ouvrage est à prévoir : reprise de fissures, de joints, d'érosions ponctuelles, dévégétalisation...

La maîtrise foncière est également à établir pour accéder à l'ensemble de l'ouvrage y compris les parties en terrain privé et mener à bien les travaux de restauration.

### VI.2. Justification du projet

Le système d'endiguement de la Grand'Combe vise à protéger une population de 1 680 habitants. En l'absence des travaux prévus, les eaux du Gardon en crue peuvent pénétrer la zone protégée rendant ainsi inopérant la digue. Ils sont donc indispensables à la constitution du système d'endiguement.

L'approche simplifiée de l'analyse de la pertinence du projet est proposée ci-dessous :

**Investissement : 400 000 € HT**

**Coût/habitant : 238 €/habitant**

L'ensemble des enjeux qui bénéficient de ces travaux sont les suivants :

**Nombre d'habitants concernés : 1 680**

**Un collège**

**Une gendarmerie**

**Nombre de bâtiments : 123 bâtiments dont 11 bâtiments de logement collectif de grande capacité, de très nombreux logements en copropriété plus modeste, des maisons de ville.**

**Les bâtiments du syndicat de distribution de l'eau**

**Des équipements techniques du Département – gestion des routes**

**2 entreprises**

**Une salle polyvalente**

**Un stade de foot et ses équipements**

**Une école de musique intercommunale – une école de danse**

*EPTB*  
*Gardons*

