

# Coût des protections contre les inondations fluviales





# Préface

Les ouvrages de protection constituent très souvent un point critique du dispositif de prévention du risque inondation : leur comportement conforme aux performances attendues est crucial dans la gestion d'une crise et ils représentent souvent une part importante des efforts financiers.

Juger de la pertinence socio-économique d'un programme d'actions de protection requiert de disposer de méthodes d'analyse et d'éléments chiffrés de connaissance, pour estimer le coût des mesures et apprécier les bénéfices escomptés. À cette fin, le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), en relation avec la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR), a entrepris une réflexion globale sur les analyses socio-économiques étayant la prise de décision sur ces projets de protection.

Le présent guide s'inscrit dans cette démarche en traitant de l'évaluation du coût des projets de protection contre les inondations fluviales par :

- la présentation d'une méthodologie de calcul du coût global actualisé d'un ouvrage,
- une synthèse des coûts observés sur divers parcs d'ouvrages en France au cours des dix dernières années.

Dans une conjoncture économique difficile, et face aux difficultés d'organisation de la gestion des ouvrages, nous espérons que ce document aide les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre et les experts à optimiser les dépenses d'investissement, d'entretien et de gestion et qu'en définitive il contribue à la meilleure protection possible avec les moyens techniques et financiers mobilisables par chacun des acteurs concernés.

Le directeur, par intérim

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Olivier Piet'.

Olivier Piet



**Auteurs :**

Marc Igigabel (CETMEF), Virginie Chaouch (CETMEF), Mohamed El Fadili (CETMEF)

**Contributeurs :**

Cédric Peinturier (CGDD), Natacha Crespín (CGDD), Michel Pinhas (AD Isère Drac Romanche), Patrick Argentier (AD Isère Drac Romanche), Thibaut Mallet (SYMADREM), Nicolas Auger (DREAL Centre), Clément Coulais (DREAL Centre), Jean Maurin (DREAL Centre), Claude Toublanc (DREAL Centre)

**Relecteurs**

Anne Souquière (CETMEF), Yann Deniaud (CETMEF), Jean-Jacques Trichet (CETMEF), Thibaut Mallet (SYMADREM), Clément Coulais (DREAL Centre), Nicolas Auger (DREAL Centre), Sébastien Patouillard (DREAL Centre), Emmanuel Didon (DREAL Centre), Michel Pinhas (ADIDR), Olivier Manin (SYMBHI), Natacha Crespín (CGDD), Doris Nicklaus (CGDD)

**Remerciements :**

Cette étude a été financée par le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD).

Tous les services ayant contribué au recueil des données sont vivement remerciés. Leur liste est présentée ci-après.

Communauté de Commune de Miribel et du plateau (CCMP) - 01

Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Bléone (SMAB) – 04

Ville de Givet – 08

Les Direction des Territoires et de la Mer des Bouches du Rhône, Calvados et du Pas-de-Calais

Syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance (SMAVD) – 13

Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Dignes du Delta du Rhône et de la Mer (SYMADREM) – 13

Les Conseils Généraux du Calvados, de la Gironde, des Landes, de la Loire-Atlantique et de la Seine-Maritime

Communauté de Communes Coeur Côte Fleurie (CCCCF) – 14

Commune de Daoulas (29)

Syndicat Intercommunal des Jalles de Lande la Garonne (SIJALAG) – 33

Les Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Bretagne, Centre, Pays de la Loire

Association Départementale Isère Drac Romanche (ADIDR) – 38

Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI) – 38

Institution Adour – 40

Direction des Territoires (DDT) du Loiret - 45

Institution Aménagement Vilaine – 56

Syndicat Intercommunal du Bassin Versant de la Nonette – 60

Voies navigables de France (VNF) – 62

Les contributions de la DREAL Centre, du SYMADREM, de l'ADIDR et du SYMBHI ont été particulièrement appréciées, tant dans le recueil des données que dans la phase de relecture.

## Résumé

Le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) a engagé une démarche globale relative à l'analyse multicritères dans le but d'éclairer la prise de décision portant sur les aménagements de protection contre les inondations. La présente étude est destinée à servir de référence pour l'évaluation des coûts des ouvrages dans le domaine fluvial. Deux autres études sont consacrées aux ouvrages littoraux et de montagne.

La première partie du rapport précise le mode de calcul du coût global actualisé de la création d'un ouvrage en indiquant à quelles sections le lecteur peut se référer pour l'estimation des différentes composantes (coûts initiaux et coûts d'entretien et de gestion)

La seconde partie présente les coûts liés aux **investissements, à l'entretien et à la gestion** des ouvrages. Les estimations reposent sur les chiffres recueillis auprès de trois grands parcs d'ouvrages : la Loire, le Rhône et l'Isère.

Les parties suivantes sont destinées à éclairer sur le **coût des interventions**. Les estimations reposent sur le recueil et l'analyse des prix observés lors de travaux réalisés au cours des dix dernières années en France métropolitaine sur les ouvrages fluviaux (140 opérations recensées).

La variété de ces ouvrages impose d'adopter une nomenclature en relation directe avec leur forme générale (digue, protection de talus, soutènement, épi, bassin...). Cette typologie ainsi que la nomenclature des types d'intervention – définis par le croisement des composants affectés et des techniques utilisées – permettent une classification des opérations de travaux pour l'obtention de populations homogènes.

Les produits de sortie de l'analyse sont multiples : coûts linéaires sur des types d'intervention et coûts surfaciques, volumiques ou massiques sur les techniques employées. Cette approche plurielle permet de répondre d'une part au besoin de connaître les coûts globaux des opérations (qui peuvent intégrer d'autres fonctionnalités que la seule protection contre les inondations) et d'autre part de connaître la décomposition du coût d'une intervention, ce qui offre la possibilité de produire sur cette base des estimations pour une opération future. En complément, deux études spécifiques sont menées sur les coûts des terrassements et des maçonneries, domaines dont la complexité ne pouvait être appréhendée par la méthodologie générale.

Les coûts observés sur chaque type d'ouvrage sont présentés par trois valeurs : basse, moyenne et haute, la valeur moyenne n'étant pas systématiquement à retenir. Un tableau synthétique présentant les chiffres essentiels est suivi d'une analyse détaillée où sont exposés les facteurs déterminants.

Les chiffres résultant des observations par type d'intervention sont présentés ensuite de façon transversale (tous ouvrages confondus) à des fins de comparaison ce qui permet d'affiner les estimations et de mieux apprécier les incertitudes en considérant l'évolution du coût dans des environnements variables.

Enfin des annexes présentent les tableaux d'analyse des marchés de travaux.

**Mots-clefs** : inondation, coût, ouvrage, fleuve, digue.

## Abstract

The Sustainable-development division (CGDD) of the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy engaged a global approach relative to the multicriteria analysis to help the decision making concerning flood protection structures. The present study is intended to serve as reference for the evaluation of costs in the riverine domain. Two other studies are dedicated to shores and to mountains.

The first part specifies the mode of calculation of the present global cost for the creation of a structure by indicating to which part of the section the reader can refer for the estimation of the various components (initial costs and maintenance and operation costs)

In its second part the study presents the investment, maintenance and operation costs at a global scale. Estimations are based on data provided by the levee managers of the Loire, Rhône and Isère rivers.

The following parts detail the work costs for different kinds of interventions. Estimations are based on the collection and the analysis of prices observed in construction contracts during the last ten years in metropolitan France on river works (140 operations). The variety of these works imposes to adopt an analysis in direct relation with the general shapes of the structures: dike, bank protection, retaining structure, groyne, bassin. This typology, as well as the interventions types – defined by the crossing of the affected components and the techniques – allow a classification of the operations to obtain homogeneous populations.

The outputs of the analysis are multiple: linear costs for intervention types and surface, volume or mass costs for techniques. This plural approach allows on one hand to cope with the need to know the global costs of the operations (which can integrate other concerns that the only flood protection) and on the other hand to know the decomposition of the cost of an intervention. This offers the possibility of producing on this base estimations for a new operation. These investigations are extended by two specific studies on the costs of earth works and masonries, the complexity of which could not be addressed by the general methodology.

The observed costs are presented by three values: low, average and high. (The average value should not be systematically adopted.) A synthetic board presenting the essential numbers is followed by a detailed analysis where the determining factors are presented.

Then costs are presented in a transversal way to compare them and to consider their evolutions in many contexts. This allows to refine the estimations and to determine more precisely the uncertainties.

Lastly appendices present the analysis boards of construction contracts.

**Key-words** : flood, cost, work, river, levee.

# Table des matières

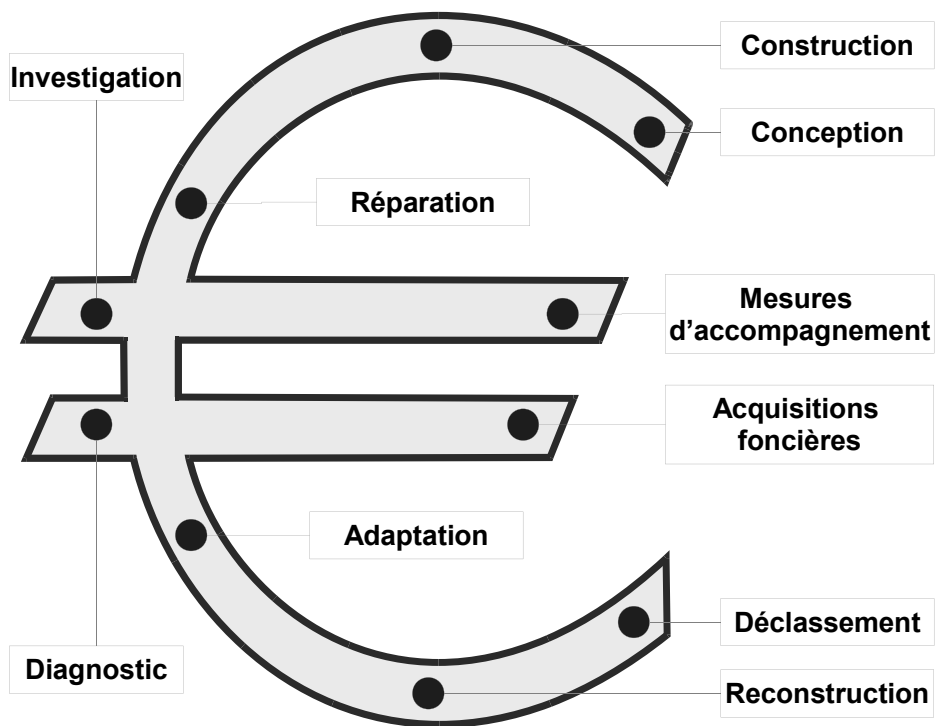
Préface.....	1
Résumé.....	4
Abstract.....	5
Présentation générale de l'étude.....	11
Objectifs de l'étude.....	11
Forme de restitution de l'étude.....	12
Destination de l'étude.....	14
Mode d'élaboration de l'étude.....	14
1 Évaluation du coût global actualisé de la création, réfection ou du renforcement d'un ouvrage.....	16
1.1 Principe de calcul du coût global actualisé.....	16
1.2 Séquence de calcul du coût global actualisé.....	18
2 Dépenses observées à l'échelle des parcs (investissement, entretien, gestion).....	22
2.1 Spécificités des ouvrages et terminologie liée aux dépenses.....	23
2.2 Méthodologie pour l'estimation des dépenses à l'échelle des parcs.....	25
2.3 Étude des dépenses sur trois grands parcs français.....	27
2.3.1 Dépenses recensées sur la Loire.....	27
2.3.2 Dépenses recensées sur l'Isère, le Drac et la Romanche.....	29
2.3.3 Dépenses recensées sur le Delta du Rhône.....	33
2.4 Comparaison des dépenses observées sur les parcs.....	36
2.4.1 Comparaison des dépenses globales annuelles.....	36
2.4.2 Comparaison des dépenses annuelles rapportées au linéaire d'ouvrages.....	38
3 Composition des ouvrages et autres facteurs influençant les coûts d'intervention.....	40
3.1 Typologie des ouvrages et facteurs déterminants essentiels.....	40
3.1.1 Typologie.....	40
3.1.2 Les facteurs essentiels déterminant le coût.....	40
3.2 Forme, composition et fonction des ouvrages.....	42
3.2.1 Digue.....	42
3.2.2 Perrés.....	44
3.2.3 Murs et ouvrages de soutènement.....	45
3.2.4 Épis.....	47
3.2.5 Dispositifs de rétention.....	48



3.3 Influence de la forme et la composition des ouvrages sur le coût.....	49
3.3.1 Analyse du coût des digues.....	49
3.3.2 Analyse du coût des perrés.....	51
3.3.3 Analyse du coût des murs et ouvrages de soutènement.....	52
3.4 Coût des mesures opérationnelles et d'accompagnement.....	52
3.4.1 Coût des contraintes opérationnelles.....	53
3.4.2 Coût des mesures d'accompagnement.....	54
3.5 Composition du coût d'une intervention.....	55
4 Méthodologie relative aux coûts des marchés de travaux.....	57
4.1 Les produits de sortie de l'analyse.....	57
4.1.1 Recherche des coûts des opérations et des techniques.....	57
4.1.2 Recherche des coûts des matériaux.....	58
4.2 Organisation des données d'entrée.....	60
4.2.1 Premier aiguillage : type d'ouvrage.....	61
4.2.2 Second aiguillage : type d'opération.....	61
4.2.3 Troisième aiguillage : type d'intervention.....	61
4.3 Mode opératoire de traitement des données.....	61
4.3.1 Conventions utilisées pour l'analyse.....	62
4.3.2 Actualisation des prix.....	63
4.3.3 Données enregistrées et données issues des calculs.....	63
4.4 Forme de la restitution des résultats.....	66
4.4.1 Ordonnancement des résultats de l'analyse.....	66
4.4.2 Les chiffres retenus et leur expression.....	66
4.4.3 Les facteurs explicatifs explicites et implicites.....	67
5 Coûts observés sur les digues.....	69
5.1 Synthèse des coûts observés sur les digues.....	69
5.2 Détail des coûts observés sur les digues.....	71
5.2.1 Construction.....	71
5.2.2 Reconstruction et réfection.....	73
5.2.3 Travaux sur le corps d'ouvrage.....	76
5.2.4 Travaux sur les talus.....	80
5.2.5 Travaux en pied de talus.....	84
5.2.6 Réfection de chemin de digue.....	90
6 Coûts observés sur les perrés, murs et ouvrages de soutènement.....	92
6.1 Synthèse des coûts observés.....	92
6.2 Détail des coûts observés sur les perrés.....	93
6.3 Détail des coûts observés sur les murs de soutènement.....	95

7 Coûts observés sur les épis et les dispositifs de rétention.....	97
7.1 Synthèse des coûts observés sur les épis et les dispositifs de rétention.....	97
7.2 Détail des coûts observés sur les épis.....	98
7.3 Détail des coûts observés sur les dispositifs de rétention.....	100
7.3.1 Bassin de rétention à l'air libre.....	100
7.3.2 Bassin de rétention enterré.....	102
8 Analyse transversale des coûts des interventions et des techniques.....	103
8.1 Principe, méthode et bénéfices escomptés.....	103
8.1.1 Principe de l'analyse transversale.....	103
8.1.2 Méthode proposée.....	103
8.1.3 Bénéfice escompté de l'analyse transversale.....	104
8.2 Analyse des coûts globaux.....	104
8.2.1 Interventions sur l'ensemble de l'ouvrage.....	105
8.2.2 Interventions sur les talus.....	106
8.2.3 Interventions sur le corps d'ouvrage.....	107
8.2.4 Interventions en crête d'ouvrage.....	107
8.2.5 Interventions en pied d'ouvrage.....	108
8.3 Analyse du coût des techniques – coûts surfaciques.....	109
8.3.1 Valeurs observées sur les matelas de gabions.....	109
8.3.2 Valeurs observées sur les palplanches et les parois au coulis de ciment.....	110
8.3.3 Valeurs observées sur le béton de propreté.....	111
8.3.4 Valeurs observées sur les maçonneries.....	111
8.3.5 Valeurs observées sur les réfections de piste.....	111
8.3.6 Valeurs observées sur les dispositifs de rétention.....	112
8.4 Analyse du coût des techniques – coûts volumiques.....	113
8.4.1 Valeurs observées sur les terrassements.....	113
8.4.2 Valeurs observées sur le béton armé et les gabions.....	114
8.5 Analyse du coût des techniques – coûts massiques.....	115
9 Étude spécifique sur les terrassements.....	116
9.1 Objet de cette étude spécifique.....	116
9.2 Synthèse des coûts observés sur les terrassements.....	117
9.3 Détail des coûts observés sur les débroussaillages, déblais, dépôt, évacuation.....	118
9.3.1 Débroussaillage (+ abattage et dessouchage si non distingué dans DE).....	118
9.3.2 Déblais (y compris mises en dépôt).....	118
9.3.3 Évacuation déblais.....	118
9.4 Détail des coûts observés sur les remblais et les aménagements de surface.....	119
9.4.1 Remblai par réutilisation des matériaux déblayés.....	119
9.4.2 Remblai par matériaux provenant d'une zone d'emprunt.....	121
9.4.3 Remblai par matériaux « d'apport » (ou de carrière).....	121
9.4.4 Géotextile anti-contaminant.....	122
9.4.5 Géotextile biodégradable.....	122

9.4.6 Terre végétale.....	124
9.4.7 Ensemencement d'une végétation rase.....	124
10 Étude spécifique sur les maçonneries.....	125
10.1 Objet de cette étude spécifique.....	125
10.2 Synthèse des coûts observés sur les maçonneries.....	125
10.3 Détail des coûts observés sur les maçonneries.....	126
10.3.1 Réfection de maçonnerie avec matériaux réutilisés.....	126
10.3.2 Réfection de maçonnerie avec matériaux fournis.....	126
10.3.3 Rejointoiement, ragréage de cavités et injections de fissures.....	126
11 Références.....	127
ANNEXE A : Tableau des opérations de travaux relatives aux digues – en complément étude spécifique aux terrassements.....	129
ANNEXE B : Tableaux des opérations de travaux relatives aux perrés et murs de soutènement – en complément étude spécifique à la maçonnerie.....	151
ANNEXE C : Tableaux des opérations de travaux relatives aux épis et dispositifs de rétention.....	155



# Présentation générale de l'étude

## Objectifs de l'étude

Cette étude vise à apporter une assistance dans l'estimation des coûts des ouvrages de protection contre les inondations fluviales.

Bien que les digues soient le type d'ouvrage largement prédominant dans le domaine fluvial, l'étude aborde tous les ouvrages courants qui contribuent à la protection contre l'inondation par des actions de retenue, de canalisation ou de stockage. La typologie adoptée est la suivante :

- les digues (ouvrages en surplomb),
- les perrés (protection de talus),
- les murs et ouvrages de soutènement,
- les épis (ouvrages transversaux),
- les bassins de rétention et d'infiltration.

Ont été exclus du périmètre d'étude les ouvrages particuliers pour lesquels il ne peut être tiré de conclusion généralisable. En particulier les barrages écrêteurs de crue et à plus forte raison les barrages hydro-électriques n'ont pas été étudiés.

Les chiffres présentés visent à éclairer sur les coûts initiaux des interventions majeures de création, renforcement et réparation lourde, ainsi que sur les coûts qui s'étendent sur la durée de vie de l'ouvrage, en entretien ou en gestion. Sur les durées de vie très longues des ouvrages, les coûts d'entretien et de gestion peuvent être considérés comme équivalents voire supérieurs aux coûts initiaux. Pour rendre compte de cette réalité, l'étude aborde les coûts suivant deux perspectives :

- une approche globale destinée à apprécier sur un parc d'ouvrages les coûts d'investissement, d'entretien et de gestion. Cette approche est basée sur les dépenses observées sur les trois principaux parcs d'ouvrages (Loire, Rhône et Isère, Drac, Romanche),
- une approche relative au coût d'une intervention au travers de l'étude des marchés de travaux. Cette approche est basée sur les prix figurant dans les marchés de 140 interventions menées au cours des dix dernières années en France métropolitaine. Ces interventions peuvent relever de travaux de construction, de reconstruction, de confortement, de réparation, voire de maintenance.

Dans le cadre de la première approche, précisons que les coûts présentés correspondent aux dépenses effectuées avec les ressources financières mobilisables et qu'il ne s'agit pas des dépenses qu'il faudrait idéalement mobiliser. Les chiffres présentés reflètent les dépenses annuelles rapportées au kilomètre de digue. Ils varient en fonction de la composition et de l'état du parc et des objectifs de protection, tant en investissement pour son amélioration, qu'en entretien et gestion pour garantir le maintien de ses performances.

Dans le cadre de la seconde approche, les estimations sont données pour chaque type d'intervention de façon globale (coût total de l'intervention) et de façon partielle (coût des techniques et matériaux employés). Il va de soi que pour utiliser les chiffres de cette étude, il est nécessaire de disposer d'une première définition du projet de travaux, définition qui dépend des conditions géotechniques, hydrauliques, géomorphologiques, environnementales mais aussi du mode d'intervention. L'utilisation de cette étude ne prendra donc tout son sens que dans la mesure où le projet fait l'objet d'une réflexion globale et que la définition en phase d'étude préalable de l'intervention tient compte *minima* des contraintes les plus fortes du site.

L'étude présente les coûts observés sur chaque type d'ouvrage avec trois valeurs : basse, moyenne et haute. (La valeur moyenne ne doit pas être systématiquement retenue.) Dans certains cas, les fourchettes de coût étant larges, les facteurs déterminant les différences sont décrits en commentaire des tableaux de valeurs. Le lecteur peut donc, sur la base de la connaissance de son opération, se situer dans ces fourchettes et réduire ainsi l'incertitude. L'analyse transversale présentée à la suite des coûts observés peut aider à ajuster l'estimation. En complément, pour des opérations à dominante « terrassement » ou « maçonneries », si le détail de l'opération est connu, le lecteur pourra s'appuyer sur les études spécifiques réalisées sur ces domaines pour réaliser son chiffrage.

**N. B. : Dans cette étude nous distinguerons formellement les termes « coût », « prix » et « dépense ». Nous considérerons que les coûts (valeurs recherchées) sont estimées grâce aux dépenses (dans le cadre d'une approche globale) ou grâce aux prix des marchés (dans le cadre de l'étude des opérations particulières).**

### ***Forme de restitution de l'étude***

L'exposé suit la progression présentée sur l'illustration 1.

Après la présente partie introductive, la partie 1 définit ce que recouvre l'évaluation du coût global actualisé de la création, de la réfection ou du renforcement d'un ouvrage. Une séquence de calcul est proposée au lecteur pour cette approche globale en indiquant à chaque étape les sections où se situe l'information utile à l'évaluation envisagée.

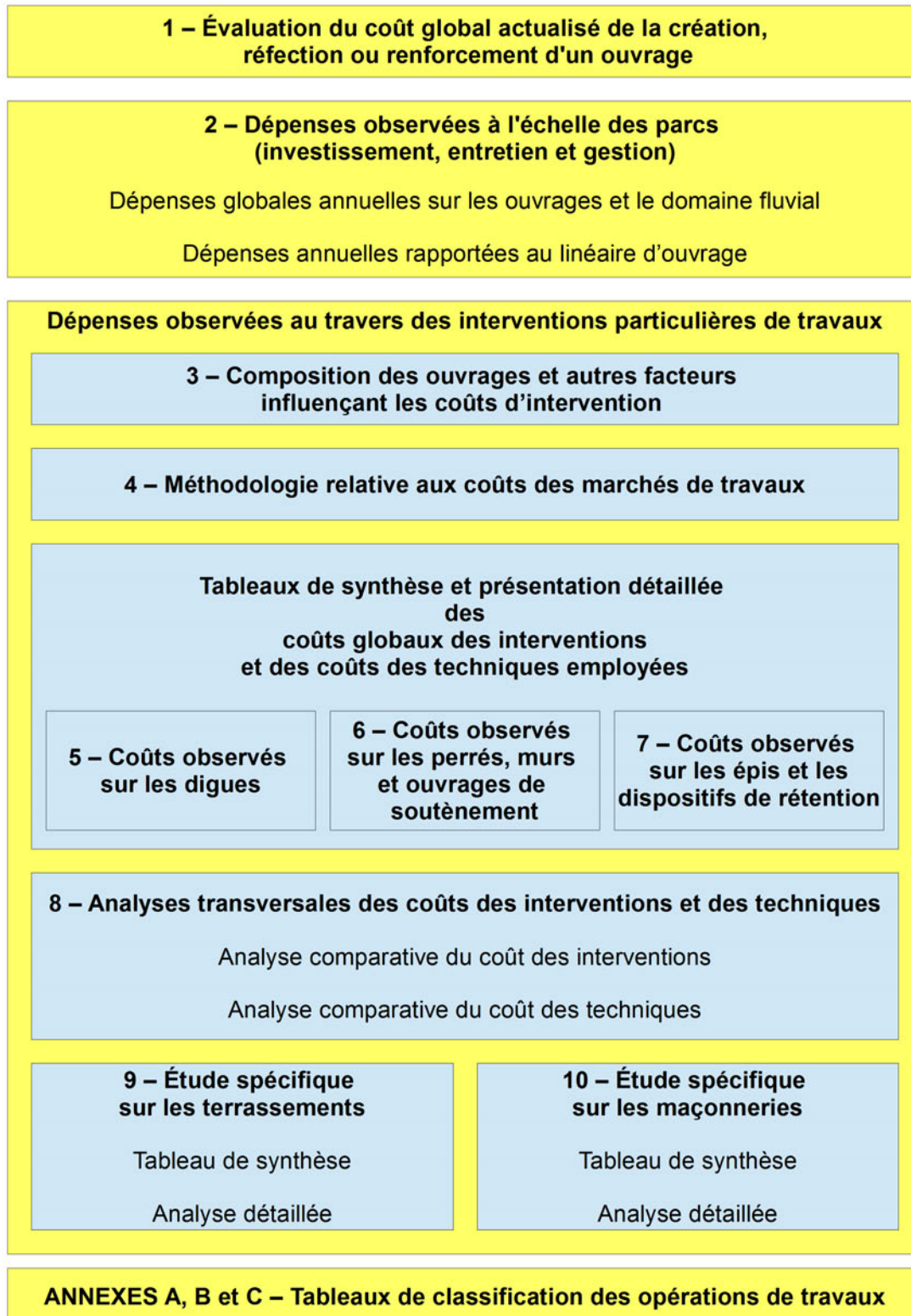
La partie 2 est destinée à apporter des éclairages sur les coûts qui apparaissent à l'échelle d'un parc d'ouvrages en distinguant l'investissement, l'entretien et la gestion. (Les dépenses d'investissement fluctuant en fonction des politiques adoptées, ce sont surtout les estimations de dépenses d'entretien et de gestion, plus stables, qui seront utiles.)

La partie 3 présente les fondamentaux de la protection contre les inondations sous le prisme de l'ouvrage et des interventions qu'il subit. La présentation porte sur :

- les formes et fonctions des ouvrages,
- les coûts qui ressortent dans une opération affectant un ouvrage : marchés de travaux et prestations annexes.

La partie 4 présente la méthodologie relative à l'étude des prix des marchés de travaux. Les principaux résultats relatifs aux marchés de travaux font l'objet des parties 5 à 7. Des tableaux de synthèse en tête de ces parties présentent les chiffres essentiels. À la suite des tableaux de synthèse, une analyse détaillée des facteurs influençant les coûts est proposée.

Les parties 8 à 10 sont destinées à enrichir et à préciser les analyses par une approche comparative (partie 8) et des approches spécifiques aux terrassements et aux maçonneries (parties 9 et 10).



*Illustration 1 : Organisation du rapport*

## ***Destination de l'étude***

Cette étude est destinée aux maîtres d'ouvrages et aux maîtres d'œuvre des projets de prévention des inondations ainsi qu'aux experts qui réaliseront l'évaluation de ces projets. Elle peut être utilisée dans le cadre des études préalables d'un projet et, plus spécifiquement, dans le cadre des analyses coûts-bénéfices.

Comme exposé précédemment, le guide est conçu pour apporter une assistance dans l'estimation des coûts aux différents stades d'élaboration du projet, en fonction des informations disponibles (connaissance du milieu et dispositions techniques adoptées). Cette disposition devrait permettre à tous les utilisateurs d'obtenir des informations sur les coûts avec une précision adaptée.

Cette étude peut également offrir aux entreprises un panorama des coûts observés. Enfin elle pourra être utile à toute personne désirant acquérir des connaissances générales sur les pratiques actuelles d'interventions sur les ouvrages de protection contre les inondations fluviales.

## ***Mode d'élaboration de l'étude***

L'étude a débuté par le recensement des maîtres d'ouvrage présents sur le territoire et susceptibles d'apporter des informations. Ces services ont été contactés puis des déplacements ont permis de collecter les pièces nécessaires. Certaines pièces ont également été transmises par courrier.

La réalisation de l'**étude des dépenses d'investissement, d'entretien et de gestion** a consisté en :

- la clarification des notions d'investissement, d'entretien et de gestion pour des parcs d'ouvrages,
- l'analyse, la comparaison et la synthèse des informations contenues dans les programmes d'investissement, les budgets d'entretien et d'exploitation des trois principaux parcs français.

La réalisation de l'**étude relative aux marchés de travaux** a reposé sur l'analyse des éléments de type : décompte général définitif ou à défaut détail estimatif et vues en plan et en profil sur 140 marchés relatifs à des opérations dans le domaine fluvial. La phase centrale de l'étude a consisté :

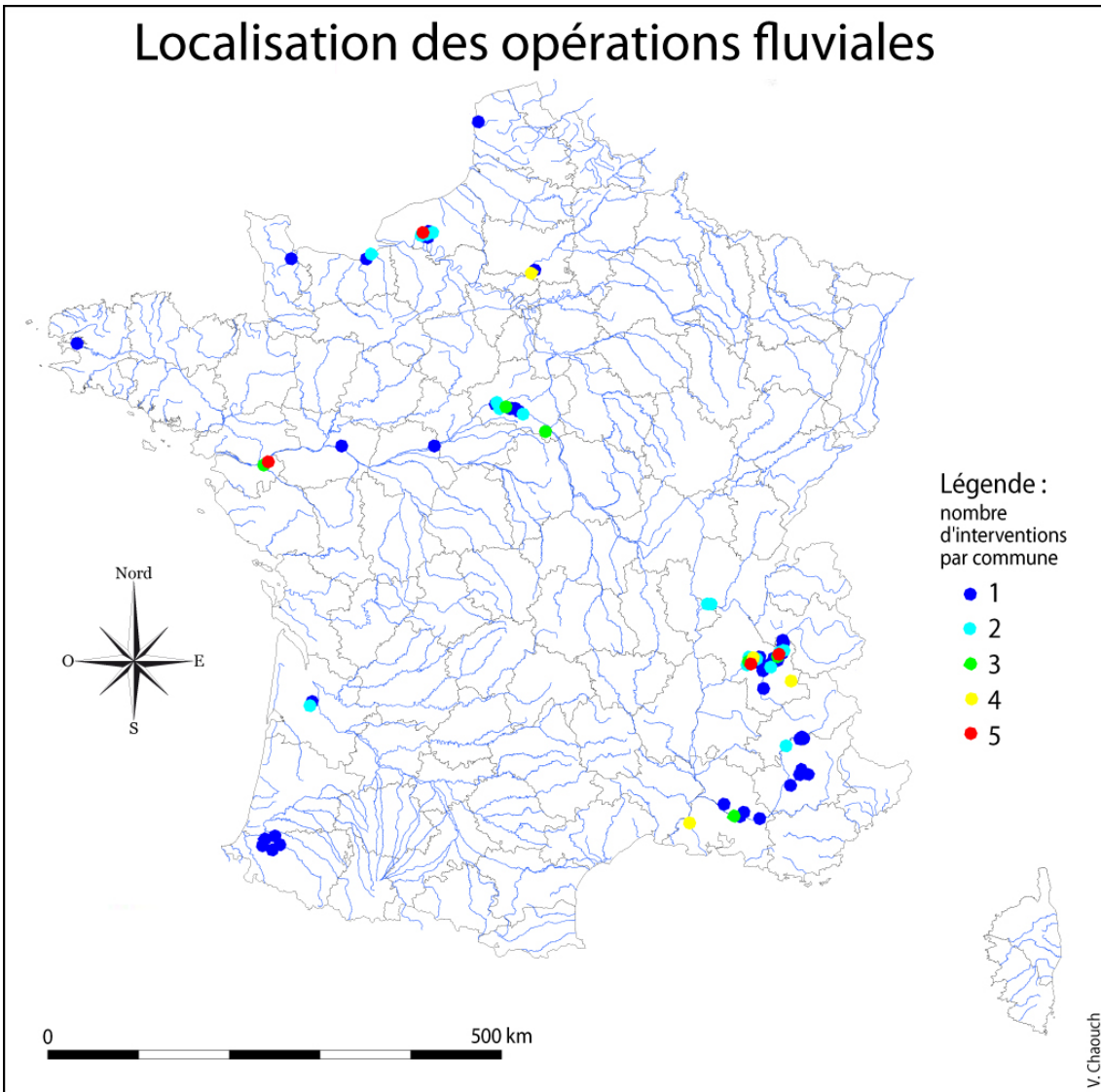
- à définir des groupes d'interventions homogènes qui puissent bénéficier d'un même cadre d'analyse et à définir les critères d'analyse pour chaque groupe,
- à établir les conventions pour la comptabilisation des quantités de matériaux,
- à enregistrer les données suivant le format d'analyse défini.

La dernière phase a consisté à rédiger le rapport en restituant sous la forme la plus simple possible les résultats chiffrés mais aussi en expliquant les variations qui apparaissent dans les coûts observés.

Des parties préalables supplémentaires ont été intégrées dans le rapport afin d'éclairer le lecteur sur des points fondamentaux, qu'il s'agisse de la « composition des ouvrages et autres facteurs influençant les coûts d'intervention » ou de la « méthodologie relative aux coûts des marchés de travaux ».

L'illustration 2 présente l'origine des données. Il apparaît que les principaux cours d'eau dont les données ont été exploitées sont : la Loire et l'Allier, la Seine et l'Oise, le Rhône, l'Isère, le Drac et la Romanche, la Durance, la Garonne et l'Adour.





*Illustration 2 : Provenance des données relatives aux marchés de travaux*

# 1 Évaluation du coût global actualisé de la création, réfection ou du renforcement d'un ouvrage

## 1.1 Principe de calcul du coût global actualisé

Nous nous limiterons ici au calcul du « coût global » sans rechercher le « coût global étendu » qui prend en compte d'autres éléments (coûts hors construction de l'ouvrage, par exemple mesures d'accompagnement), ainsi que les bénéfices escomptés. Cela reviendrait à couvrir l'ensemble du champ des évaluations socio-économiques (analyse coûts-bénéfices ou analyse multicritères). Or ce sujet est traité de façon plus exhaustive dans le *guide méthodologique de l'analyse multicritères* produit par le CGDD. Pour assurer la cohérence de la terminologie adoptée, rappelons les termes de ce guide qui distingue les coûts en fonction de leur temporalité :

- Coûts initiaux : ces coûts rassemblent toutes des dépenses engagées par le maître d'ouvrage public depuis l'origine du projet, jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement. Ils comprennent les coûts du foncier (acquisition, indemnisation, démolition, dépollution, viabilisation), les coûts d'études, les coûts d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage (assistance à maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, contrôles, etc.), les coûts des travaux et les coûts d'équipement.
- Coûts d'entretien et d'exploitation : ces coûts rassemblent l'ensemble des coûts différés de l'opération, c'est-à-dire toutes les dépenses effectuées après la mise en service du dispositif et qui incombent tant au propriétaire, qu'aux utilisateurs. Ils comprennent les coûts de maintenance (entretien courant, maintenance préventive, maintenance curative, gros entretien et renouvellement des équipements), les coûts d'exploitation (fonctionnement des vannes et des clapets...), le coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement et le coût de pilotage de l'ensemble de l'exploitation.

Cette terminologie est compatible avec le vocabulaire retenu en section 2.1. Cependant le terme « exploitation » recoupant dans son acception usuelle des prestations d'entretien, les termes d'« entretien » et de « gestion » ont été préférés dans le corps du document (et dans la suite de cette annexe) pour obtenir des catégories distinctes.

Le lecteur est invité à se référer également à la norme ISO 15686-5 portant sur le calcul du coût global pour comprendre tout l'intérêt de la démarche, notamment la façon dont elle peut être utilisée pour comparer des alternatives et retenir des solutions en accord avec les principes du développement durable.

### Calcul du coût global actualisé :

Le calcul du coût global actualisé dans le cadre des analyses coûts-bénéfices est basé sur des coûts hors taxes (les taxes sont des transferts, et non des pertes ou des gains nets).

Pour mener ce calcul, le contour du projet doit être bien défini en considérant en particulier l'ouvrage et les éléments associés (notamment les passages hydrauliques et la voirie) qui sont créés ou impactés par les travaux. Le calcul doit prendre en compte cet « ensemble bien identifié » tant pour le calcul des coûts initiaux que pour le calcul des coûts d'entretien et de gestion. Les éléments associés peuvent en effet avoir un impact significatif sur les coûts apparaissant sur le long terme.

### Cas de la création d'un ouvrage

Si l'on considère que les coûts d'investissement liés aux études générales et aux travaux sur le lit du cours d'eau restent inchangés du fait de la création de l'ouvrage, alors le coût global sur un horizon de temps de n années est le suivant :

$$C_{Global} = C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r_i)^i}$$

avec :

$C_0$  coût initial total hors taxes

$C_i$  coût des dépenses d'entretien et de gestion intervenant à l'année i.

$r_i$  est le taux d'actualisation à l'année i. Le guide méthodologique de l'analyse multicritères précise les recommandations pour le choix de l'horizon temporel à considérer ainsi que le taux d'actualisation à adopter. Ces derniers suivent les recommandations du Commissariat général du Plan, notamment sur le taux d'actualisation : Sur une durée de 30 ans, le taux d'actualisation est de 4 %. Il est ensuite décroissant avec le temps à partir de 30 ans et tend vers 2 % à très long terme :

$$r_i = 4\% \quad \text{si } i \leq 30$$

$$r_i = \sqrt[i]{1,04^{30} 1,02^{(i-30)}} - 1 \quad \text{si } i > 30$$

### Cas de la reconstruction ou du confortement d'un ouvrage

En théorie, le coût global de l'opération est égal à la différence entre :

- le coût global du scénario de référence. Le coût initial est nul et les dépenses d'entretien et d'exploitation suivent leur « tendance naturelle », en général à la hausse,
- le coût global résultant des travaux soit l'addition du coût initial des travaux de confortement et des coûts d'entretien et de gestion qui doivent normalement se trouver réduits.

En pratique, s'il n'apparaît pas clairement que l'opération de reconstruction ou de confortement induira une modification des dépenses d'entretien et d'exploitation, il peut être pris en compte dans le calcul uniquement le coût initial des travaux.

## 1.2 Séquence de calcul du coût global actualisé

Le schéma suivant illustre la séquence de calcul proposée et devrait par ailleurs permettre au lecteur de repérer les parties de l'étude où se situe l'information utile à l'évaluation qu'il envisage.

À noter que les tailles des différentes cases ne reflètent pas l'importance relative des dépenses : les durées de vie des ouvrages étant très longues, les coûts d'entretien et de gestion dépasseront en général le coût initial. (Si l'on considère que l'on consacre par an 1 % de l'investissement à l'entretien et à la gestion, l'équilibre est atteint en un siècle si l'on fait abstraction de l'actualisation.)

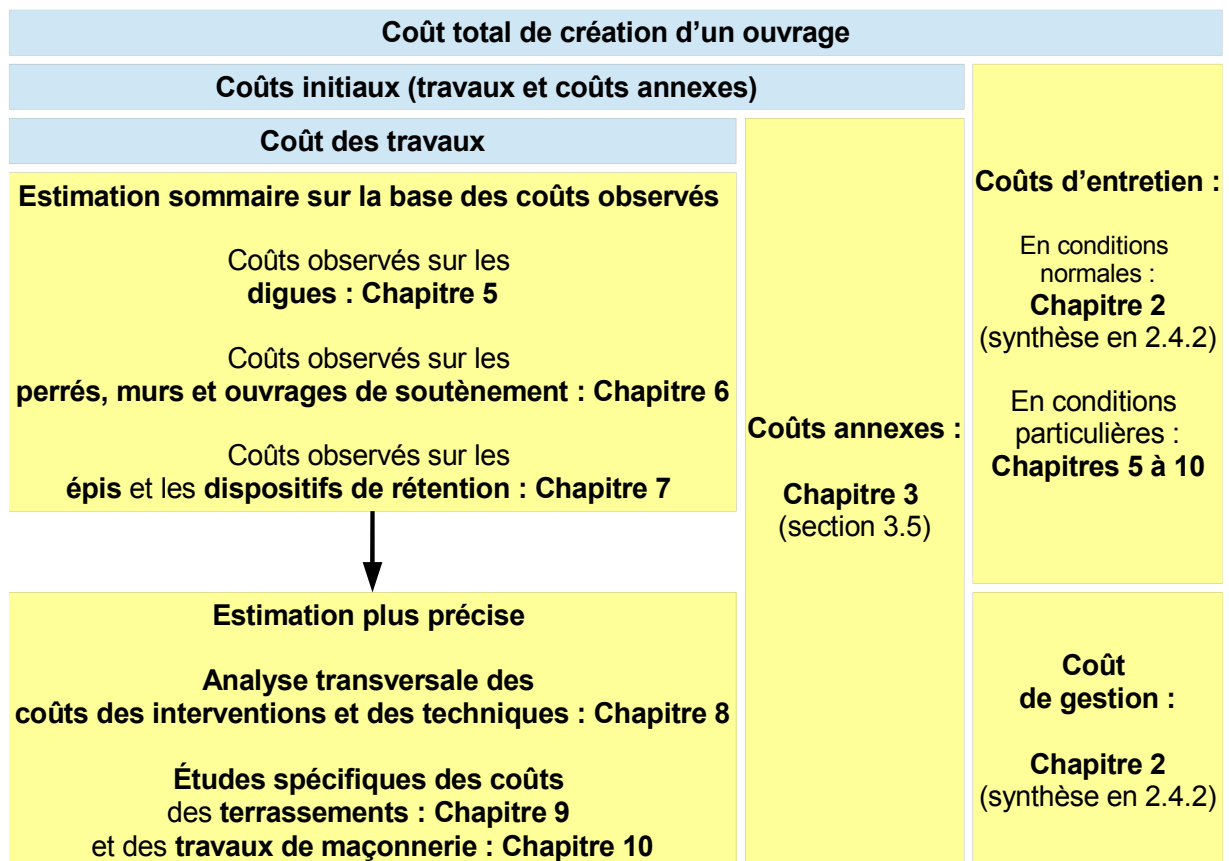


Illustration 3 : Composition du coût global et mode de calcul proposé

**Le calcul du coût global suit globalement la séquence suivante :**

- 1 – Calcul du coût correspondant au(x) marché(s) de travaux, y compris mesures d’accompagnement et mesures compensatoires**
- 2 – Calcul des coûts annexes (prestations d’études et de suivi des travaux, acquisitions foncières, interventions sur réseaux spéciaux)**
- 3 – Calcul des coûts d’entretien et de gestion**

La séquence de calcul est détaillée ci-après.

### **1 – Calcul du coût correspondant au(x) marché(s) de travaux (hors coûts annexes)**

Le coût correspondant au(x) marché(s) de travaux est réputé dans cette étude couvrir tous les **travaux sur l’ouvrage** et les éventuels **travaux additionnels hors emprise de l’ouvrage**. Les travaux sur réseaux spéciaux faisant intervenir des prestataires spécialisés, ils ne sont généralement pas intégrés dans le montant des travaux. Ces prestations seront évoquées au point suivant.

Le coût des travaux peut donc être exprimé comme suit :

$$C_{\text{Travaux}} = C_{\text{travaux sur ouvrage}} + C_{\text{travaux additionnels}}$$

Les éléments d’information relatifs aux coûts des travaux sur l’ouvrage sont situés en parties 5 à 10. Les coûts globaux affichés dans ces parties rendent compte des contraintes opérationnelles et des mesures d’accompagnement directement liées aux ouvrages tel que décrit en section 3.4.

Dans la plupart des cas, les coûts présentés dans cette étude correspondent donc aux deux termes de l’addition mais pour des opérations particulières telles que la création d’ouvrage en milieu urbain (exemple de la digue Nord d’Arles présenté en 5.2.1), certains travaux additionnels, tels que des travaux de voirie ou des mesures de ressuyage, peuvent faire l’objet de marchés distincts, sous une maîtrise d’ouvrage unique ou plurielle. Bien que la présente étude ne fournisse pas d’estimation pour ces travaux qui s’écartent notablement des ouvrages de protection, leur coût prévisionnel doit normalement être intégré dans l’addition pour couvrir le montant total des marchés de travaux.

Cette réserve mise à part, en règle générale :

**Pour une estimation sommaire du coût des travaux**, l’utilisateur pourra limiter sa recherche aux parties présentant les coûts observés : parties 5 à 7. Des tableaux de synthèse placés en tête de partie l’informeront des chiffres clefs. Il pourra alors se reporter au corps du texte pour trouver des commentaires sur les facteurs déterminants et mieux situer la valeur recherchée dans la fourchette annoncée. À noter que les coûts relatifs aux travaux de construction, reconstruction, réfection sont les premières données présentées.

**Pour une estimation plus précise du coût des travaux**, l’utilisateur pourra :

- poursuivre ses investigations par l’étude de la partie 8 qui confronte les chiffres présentés dans les parties précédentes pour mettre en perspective les coûts globaux des interventions ainsi que les coûts des techniques employées sur des ouvrages de types différents et dans des contextes différents,
- rechercher des informations supplémentaires sur le coût des terrassements et des travaux de maçonneries, respectivement en parties 9 et 10.

## 2 – Prise en compte des coûts annexes

S'ajoutent au montant des travaux les coûts annexes. Conformément à l'étude menée en section 3.5, les coûts annexes peuvent être classés en deux catégories :

- les prestations d'étude et de suivi des travaux : investigations préalables, maîtrise d'œuvre en conception et réalisation, sécurité et protection de la santé...
- les acquisitions foncières et d'autres missions portant notamment sur les réseaux spéciaux (adduction d'eau potable, réseau électrique, conduite de gaz).

Le coût initial total hors taxes s'exprime donc de la façon suivante :

$$C_0 = K \times C_{\text{Travaux}} + C_{\text{foncier}} + C_{\text{réseaux spéciaux}}$$

avec :

- $C_{\text{Travaux}}$  représentant le coût des travaux inclus généralement dans les marchés de travaux.

-K coefficient multiplicateur permettant de prendre en compte les prestations d'étude et de suivi des travaux. Les valeurs suivantes peuvent être adoptées pour ce coefficient :

- par défaut 1,1
- dans le cas de grands projets sans difficulté particulière la valeur peut être réduite à 1,05
- dans le cas des opérations dans un environnement complexe, la valeur peut être portée à 1,15

- $C_{\text{foncier}}$  représentant les dépenses liées aux acquisitions foncières

- $C_{\text{réseaux spéciaux}}$  représentant les interventions sur les réseaux d'adduction d'eau potable, de gaz ou d'électricité lorsque ceux-ci nécessitent l'intervention directe de leurs gestionnaires.

L'estimation des coûts supplémentaires liés aux acquisitions foncières et aux réseaux spéciaux varient fortement en fonction du contexte. L'utilisateur du guide est donc invité à mener ses propres investigations pour apprécier les coûts correspondants.

### 3 – Addition des coûts d'entretien et de gestion

S'ajoutent au coût total initial  $C_0$  les coûts d'entretien et de gestion, qui peuvent représenter des coûts équivalents voire supérieurs aux coûts initiaux. Le périmètre d'évaluation du coût d'entretien et de gestion doit être cohérent avec le contour du projet défini initialement. Il doit notamment prendre en compte les éléments associés (par exemple passage hydraulique, voirie) qui sont créés ou impactés par les travaux pour la détermination du coût initial.

Le guide met à la disposition de l'utilisateur deux méthodes de détermination de ces coûts, suivant que

- l'ouvrage se situe dans des conditions normales,
- l'ouvrage se situe dans des conditions particulières sur le plan des actions hydrauliques, géomorphologiques ou encore anthropiques.

**L'application de la seconde méthode nécessite une très bonne connaissance des ouvrages et des actions auxquelles ils sont soumis pour pouvoir apprécier la nature et la fréquence des interventions de maintenance.**

#### **Première méthode (conditions normales) :**

Les dépenses moyennes observées à l'échelle des parcs peuvent être appliquées. La synthèse en fin de **partie 2** apporte les principaux éléments utiles à l'estimation des coûts d'entretien et de gestion.

#### **Deuxième méthode (conditions particulières) :**

Si des contraintes particulières existent sur le site, il peut être préférable d'estimer de façon plus spécifique les coûts d'interventions de maintenance et de les intégrer dans le calcul du coût actualisé en prenant en compte la fréquence prévisible des interventions (par exemple travaux en pied de digue tous les 30 ans). Ces estimations peuvent découler de l'observation de la récurrence des interventions sur des ouvrages de type équivalent, placés dans des conditions similaires.

Ces coûts peuvent être estimés à l'aide des **parties 5 à 10** de l'étude. L'information correspondante est située à la suite de celle relative à la construction, reconstruction ou réfection des ouvrages et est organisée par secteur concerné par les travaux (corps, talus, tête, pied...).

Les coûts de gestion applicables restent ceux de la partie 2.

## 2 Dépenses observées à l'échelle des parcs (investissement, entretien, gestion)

Cette partie vise à éclairer le lecteur sur le coût des mesures mises en œuvre au niveau des parcs d'ouvrages destinés à protéger contre les inondations.

**En préliminaire, il est nécessaire de préciser que les dépenses dont le présent rapport fait état correspondent aux sommes effectivement dépensées et non aux dépenses qui seraient nécessaires pour garantir des conditions idéales de protection.**

Dans un souci d'exhaustivité, il sera recherché des coûts d'investissement (études et travaux), d'entretien et de gestion. Deux approches sont envisagées :

- l'une portant sur les coûts globaux d'investissement (études et travaux), d'entretien et de gestion, qu'il s'agisse des ouvrages proprement dits ou de leur environnement à terre ou dans le lit des cours d'eau,
- l'autre portant uniquement sur les ouvrages de protection. Ces ouvrages seront assimilés à des digues, type d'ouvrage largement prépondérant dans le milieu fluvial.

Dans le cadre de la première approche, les coûts recherchés sont des coûts annuels.

Dans le cadre de la seconde approche, les coûts recherchés sont des coûts annuels au kilomètre de digue.

Les coûts annuels au kilomètre de digue sont calculés en établissant la moyenne des dépenses observées sur un ensemble d'ouvrages hétérogènes. Ils ne peuvent avoir de sens que s'ils ont été définis à partir de linéaires importants d'ouvrages, et, pour les investissements, sur la base de durées assez longues (supérieures à 5 ans) pour pouvoir se départir des fluctuations fortes observées annuellement. L'étude s'est donc focalisée sur les trois principaux parcs d'ouvrages en France :

- la Loire
- le delta du Rhône,
- l'Isère, le Drac et la Romanche.

Dans le cadre de cette partie, il s'agit successivement :

- de comprendre l'environnement (appartenance à un système), l'histoire et le cycle de vie des ouvrages de protection contre les inondations et sur cette base de mieux définir ce que recourent les termes d'investissement, d'entretien et de gestion (section 2.1),
- de préciser la méthodologie de détermination des coûts (section 2.2), notamment quelles données sont utilisées et comment elles sont traitées,
- de mettre en œuvre la méthodologie sur trois parcs d'ouvrages étudiés (section 2.3),
- d'établir une comparaison et une synthèse des chiffres obtenus (section 2.4).



## **2.1 Spécificités des ouvrages et terminologie liée aux dépenses**

L'étude des ouvrages de protection contre les inondations nous confronte à une double complexité :

- celle de leurs environnements, à la fois divers et changeant,
- celle de leurs structures évolutives dans le temps.

Concernant leur environnement, les ouvrages doivent être étudiés dans un système cohérent destiné à apporter une protection contre les inondations. Ce système comprend notamment la topographie et des dispositifs variés influant sur les écoulements tant en bordure de système qu'à l'intérieur de ce système. La bathymétrie et les évolutions morphologiques à l'extérieur du système doivent également être prises en compte. Par ailleurs une digue s'inscrit dans un territoire aux enjeux et aux usages multiples. (L'exemple de la création de la digue Nord d'Arles présentée en 5.2.1 donne une illustration de l'intégration d'un tel ouvrage en milieu urbain.) La gestion des parcs d'ouvrages de protection contre les inondations s'inscrit donc dans un ensemble global complexe.

Concernant les structures et leurs évolutions, il est essentiel de ne pas perdre de vue que les ouvrages résultent de travaux successifs (ainsi que de détériorations voire de destructions) sur de très longues durées, parfois plusieurs siècles. Les digues ont un cycle de vie marqué par de nombreuses opérations de maintenance. Par conséquent le nombre d'opérations de construction ou reconstruction sur les digues est très faible par rapport au nombre total des interventions. Il existe plus fréquemment des opérations de renforcement soit sur le talus ou pied de talus vis-à-vis de phénomènes d'érosion extérieure soit dans le corps de l'ouvrage vis-à-vis de phénomènes d'érosion interne. En corollaire, il doit être noté que les limites entre les différents ouvrages – si l'on définit l'« ouvrage » comme le résultat d'une opération majeure de construction, reconstruction ou restructuration – ne sont pas toujours bien connues.

La place qu'occupent les ouvrages dans un système et le cycle de vie marqué par de nombreuses interventions peut conduire en pratique à certaines distorsions par rapport au vocabulaire employé habituellement pour désigner l'investissement ou l'entretien. De nombreux parcs considéreront notamment les opérations de maintenance lourde comme de l'investissement. Par exemple, la DREAL Centre, gestionnaire du parc des levées de la Loire classe sous cette appellation les travaux liés à l'activité des « animaux fousseurs » ou au « déboisement ». (Il doit être précisé que ces travaux sont relativement lourds, les terriers et les racines pénétrant en profondeur dans les digues qu'il s'agit alors de restaurer et, le cas échéant d'équiper en prévention de grillages anti-fousseurs.)

D'autres parcs, notamment ceux qui disposent d'un programme de travaux de construction ou reconstruction très développé, appelleront par contre ces opérations « entretien ». C'est le cas du SYMADREM qui considère comme de l'entretien les travaux de terrassement en surface et les travaux destinés à contrecarrer l'activité des animaux fousseurs.

D'autres prestations prêtent moins à discussion quant à la catégorie dont ils relèvent. C'est le cas notamment du fauchage (cf. Illustration 4) classé systématiquement dans les travaux d'entretien.



*Illustration 4 : Tracteur équipé d'une épaveuse - ADIDR*

Les dépenses dans un parc d'ouvrages ne se limitent pas aux seules interventions physiques sur les ouvrages ou leur environnement. De nombreuses prestations intellectuelles soutiennent ces activités, de façon plus ou moins directe suivant qu'il s'agit des dépenses liées :

- à la structure en charge de la gestion (locaux, personnel administratif),
- au personnel et à la logistique pour l'inspection et la surveillance,
- aux études réglementaires ou d'ingénierie.

Afin d'établir des comparaisons et de dégager des tendances, l'adoption d'une terminologie commune à tous les parcs est nécessaire. Nous distinguerons donc formellement dans ce rapport :

- l'investissement qui englobe :
  - les études à l'échelle du système, les études réglementaires et le développement des systèmes informatiques de gestion des données,
  - les travaux de construction, reconstruction, confortement et autres améliorations sur les ouvrages, y compris les acquisitions foncières et les investigations et les études particulières associées,
  - les travaux d'aménagement du lit des fleuves.
- l'entretien : travaux de réparation, de maintenance ou d'exploitation et études particulières associées. Ces dépenses concernent notamment le personnel, les locaux et les équipements pour des prestations modifiant l'état des ouvrages : travaux de terrassement en crête de digue ou en pied de digue ou plus couramment fauchage,
- la gestion : dépenses concernant les locaux et le personnel mobilisé régulièrement pour des prestations ne modifiant pas l'état des ouvrages : administration, surveillance et inspection, manœuvre des écluses, vannes...

## 2.2 Méthodologie pour l'estimation des dépenses à l'échelle des parcs

Les dépenses à l'échelle des parcs d'ouvrages sont déterminées sur la base :

- des programmes d'investissements présentant sur des durées de 5 à 7 ans les dépenses en cours,
- des dépenses de fonctionnement du service et des dépenses liées à l'entretien et à l'exploitation du parc. Ces données sont issues des comptes administratifs (et non des budgets prévisionnels), il s'agit donc des dépenses réelles du service.
- des frais de personnel valorisés exactement ou sur la base de salaires moyens (suivant les services).

Le traitement initial des données s'opère de la façon suivante :

La TVA est déduite des dépenses qui sont y sont assujetties pour n'obtenir que des dépenses hors taxes.

Les dépenses des programmes d'investissements sont toujours considérées en investissement car il s'agit d'opérations visant à l'amélioration du parc et réalisées de façon exceptionnelle (par opposition aux opérations régulières d'entretien).

Les autres dépenses recensées, qu'il s'agisse de dépenses externalisées ou de dépenses de structure ou de personnel sont réparties en respectant la terminologie décrite en section 2.1. Les catégories « investissement », « gestion » et « entretien » permettent des arbitrages relativement simples. Les questionnements représentés sur l'illustration 5 déterminent, pour chacune des dépenses recensées, les clefs de répartition dans ces catégories.

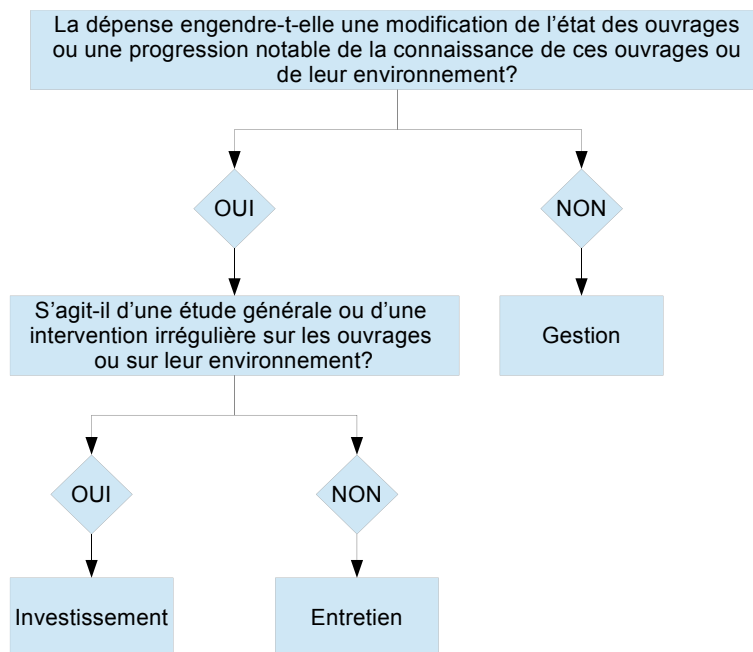


Illustration 5 : Schéma de classification des dépenses

A la suite de ce schéma, il convient de noter que pour les dépenses d'investissement, il a semblé opportun de distinguer entre :

- les dépenses liées aux travaux,
- les dépenses liées aux études (études générales à l'échelle des systèmes de protection ou ingénierie sur les aspects particuliers du projet).

Ce traitement initial des données a permis de répondre à la première approche mentionnée en introduction (coûts globaux d'investissement (études et travaux), d'entretien et de gestion) en établissant pour chacun des parcs des tableaux sous la forme suivante :

	Dépenses d'investissement en études (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur les digues (€ HT)	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Dépenses sur le lit (€ HT)	Total (€ HT)
Dépenses sur 20xx-20xx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx
Dépenses annuelles	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx
Pourcentages	xx%	xx%	xx%	xx%	xx%	xx%

Pour répondre à la seconde approche – recherche des coûts relatifs aux digues – , les dépenses relatives au lit des fleuves (travaux d'investissement et d'entretien) sont écartées du calcul car il est peu pertinent de rapporter ces dépenses au kilomètre de digue.

Par contre, par souci de simplification, nous ferons l'hypothèse que les dépenses d'investissement relatives aux études concernent toujours les digues, en considérant que les études qui ne concernent pas directement les digues concernent leur environnement (lit, zones à protéger) et que ces études sont nécessaires à la prise de décision pour les interventions concernant les digues. La même hypothèse sera faite pour les dépenses de gestion qui seront donc globalement rapportées au kilomètre de digue.

Ces considérations nous conduisent pour chacun des parcs à l'établissement de tableaux sous la forme suivante :

	Dépenses d'investissement en études et travaux (€ HT) – Hors travaux sur le lit	Dépense d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Total (€ HT)
Dépenses annuelles sur xxx km	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx
Dépenses annuelles sur 1 km	xxx	xxx	xxx	xxx
Pourcentage	xx%	xx%	xx%	xx%

## 2.3 Étude des dépenses sur trois grands parcs français

Ci-après sont présentées successivement les dépenses des parcs :

- de la Loire et l'Allier, géré par l'État,
- de l'Isère, du Drac et de la Romanche (investissement par le Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère et entretien et maintenance par l'Association Départementale Isère Drac Romanche),
- du delta du Rhône, géré par le SYMADREM.

### 2.3.1 Dépenses recensées sur la Loire

Le Domaine Public Fluvial de la Loire et de ses affluents représente un linéaire de 1 850 km et le linéaire de digues domaniales de Loire et de l'Allier est de 530 km.

Pour bien comprendre les dépenses associées à ce parc d'ouvrages, il est nécessaire de disposer de quelques repères historiques...

#### Historique des levées de la Loire (Source DREAL Centre)

Les plus anciens ouvrages de protection de Loire remonteraient au VIII<sup>ème</sup> siècle, où ils sont apparus dans le val d'Authion. Appelés « turcies », ces petits ouvrages discontinus et submersibles (susceptibles d'être submergés) ont pour fonction de protéger les terres contre les courants de débordements.

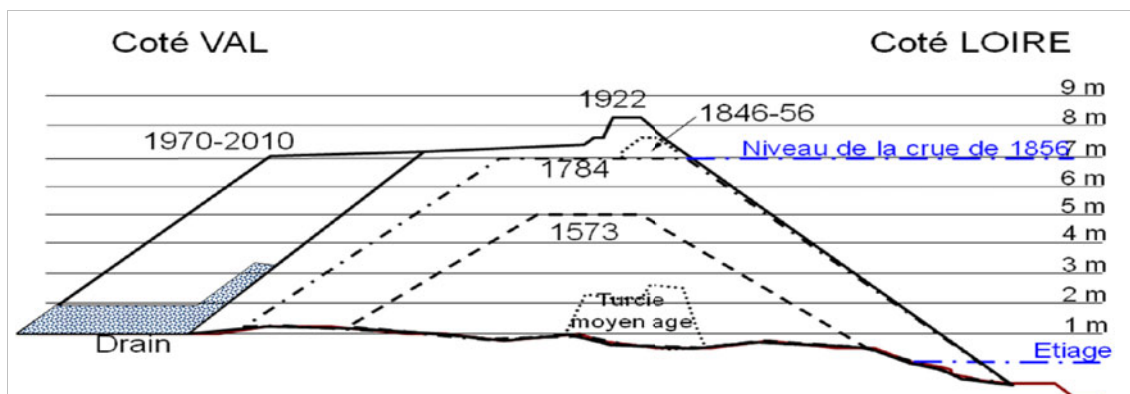
Le système de digues tel qu'il existe aujourd'hui sur la Loire est le produit d'un long processus de construction, d'extension et de rehaussement débuté au XII<sup>ème</sup> siècle et qui se poursuit jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle. En effet, suite aux crues exceptionnelles de 1846, 1856 et 1866, qui ont touché quasiment l'ensemble du territoire national, l'exhaussement continu des digues comme unique solution à la protection des vals est abandonné au profit d'une politique de « la part de l'eau ». Les pouvoirs publics décident de repenser le système de protection par des digues de la Loire et des autres grands bassins français, et un programme d'aménagement de déversoirs est ainsi lancé en 1867 sur la Loire. La fonction des déversoirs est de protéger les territoires endigués des conséquences catastrophiques de l'ouverture d'une brèche dans la digue en maîtrisant le lieu et le débit de l'entrée de l'eau dans le val.

L'absence de crue exceptionnelle dans la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (hormis la crue de 1907) fait oublier la Loire et ses colères. Le déclin de la navigation en Loire incite les Ponts et Chaussées à décider en 1925 l'arrêt de tous les travaux d'amélioration. L'entretien des ouvrages est alors assuré *a minima* et celui du lit mineur tombe en désuétude.

Ce n'est qu'en 1970 qu'un programme de renforcement des digues en région Centre est mis en place, avec pour principe d'élargir la digue lorsque l'emprise disponible est suffisante.

En 1994, le premier Plan Loire (1994-1999) permet l'accélération du renforcement des digues dans la continuité du programme de 1970 et la reprise de l'entretien du lit de la Loire.

En 2013, à l'heure de la fin du Plan Loire 3 (2007-2013), le constat est que ce système de protection est hétérogène à cause de sa structure (schéma ci-dessous) et de son renforcement sur de petits linéaires. La tenue des digues en forte crue ne peut alors pas être garantie même après renforcement.



Les études de dangers des digues mettent en avant les faiblesses de l'ouvrage permettant d'établir au mieux un programme de confortement à long terme assurant une protection efficace face aux crues. De plus, pour assurer la pérennité des ouvrages et ne pas répéter les erreurs du passé, un entretien régulier des digues et du lit est indispensable.

Dans le cadre du Plan Loire III, de nombreuses opérations de renforcement des pieds de levées, des corps de levées et d'autres opérations d'entretien sont menées sur la période 2007-2013.

Certaines opérations sont présentées sur le plateau collaboratif du plan Loire :

<http://www.plan-loire.fr/fr/les-plates-formes/ouvrages-domaniaux-de-letat-et-securite/les-travaux-sur-le-lit-et-les-levees/index.html>

Par ailleurs, les dépenses de personnel ont été réparties entre l'entretien sur les digues et la gestion. L'étude des effectifs a conduit à affecter la majeure partie des dépenses à l'entretien sur les digues.

Le tableau suivant présente la répartition globale des dépenses sur la période 2007-2013.

	Dépenses d'investissement en études (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur les digues (€ HT)	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Dépenses sur le lit (€ HT)	Total (€ HT)
<b>Dépenses sur 2007-2013</b>	11 930 000 €	15 930 000 €	31 330 000 €	7 560 000 €	12 710 000 €	79 460 000 €
<b>Dépenses annuelles</b>	1 700 000 €	2 280 000 €	4 480 000 €	1 080 000 €	1 820 000 €	11 360 000 €
<b>Pourcentages</b>	15%	20%	39%	10%	16%	100%

*Estimations basées sur l'investissement et l'entretien sur la période 2007-2013 et sur l'année 2013 pour la gestion (Source : DREAL Centre)*

On observe en premier lieu que le pourcentage des dépenses d'entretien (39 %) dépasse le pourcentage des dépenses d'investissement (35 % en études et travaux).

Dans les dépenses d'investissement, un fort pourcentage est dédié aux études (15 % contre 20 % pour les travaux). Ce fort pourcentage est principalement dû à la production des études de danger et d'études générales sur les systèmes de protection.

Les travaux sur le lit représentent également un pourcentage relativement important des dépenses annuelles (16 %) et les dépenses de gestion sont limitées à 10 %.

Hormis les dépenses concernant le lit, ces chiffres peuvent être rapportés au kilomètre de digues et à l'année, comme présenté dans le tableau général suivant :

	Dépenses d'investissement en études et travaux (€ HT) – Hors travaux sur le lit	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Total (€ HT)
Dépenses annuelles sur 530 km	3 980 000 €	4 480 000 €	1 080 000 €	9 540 000 €
Dépenses annuelles sur 1 km	7 500 €	8 500 €	2 000 €	18 000 €
Pourcentage	42%	47%	11%	100%

*Estimations basées sur l'investissement et l'entretien sur la période 2007-2013 et sur l'année 2013 pour la gestion (Source : DREAL Centre)*

### 2.3.2 Dépenses recensées sur l'Isère, le Drac et la Romanche

L'Isère, le Drac et la Romanche comportent 220 km de digues. L'Association Départementale Isère Drac Romanche assure la surveillance et l'entretien des ouvrages de protection existants sur le département de l'Isère. De son côté, le SYMBHI (Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère) assure la maîtrise d'ouvrage d'un grand projet de gestion intégrée de bassin versant, le projet "Isère Amont", qui s'étend sur une cinquantaine de kilomètres de cours d'eau, et qui a pour triple objectif :

- de manière prépondérante, la protection des zones habitées par la mise en place de zones d'expansion de crues, dites "champs d'inondation contrôlée" sur 3 600 ha, mais aussi par un important programme de travaux dans le lit (arasement de bancs, mise en place de deux plages de dépôt), sur les berges (confortement de digues par élargissement ou par paroi étanche, mise en place de déversoirs de surverse et de sécurité) ou dans la plaine alluviale (construction de merlons pour le fonctionnement des champs d'inondation contrôlée),
- la mise en valeur environnementale de l'Isère et de ses milieux associés (recréation de 300 ha de forêt alluviale, reconnexion de bras morts, aménagement de gravières, reconnexions piscicoles),
- la valorisation des loisirs récréatifs autour des berges, des digues et des accès à l'eau.

Le projet représente un investissement de 112 M€ HT de Pontcharra à Grenoble (cf. Illustration 6 ) et sera réalisé d'ici 2024.

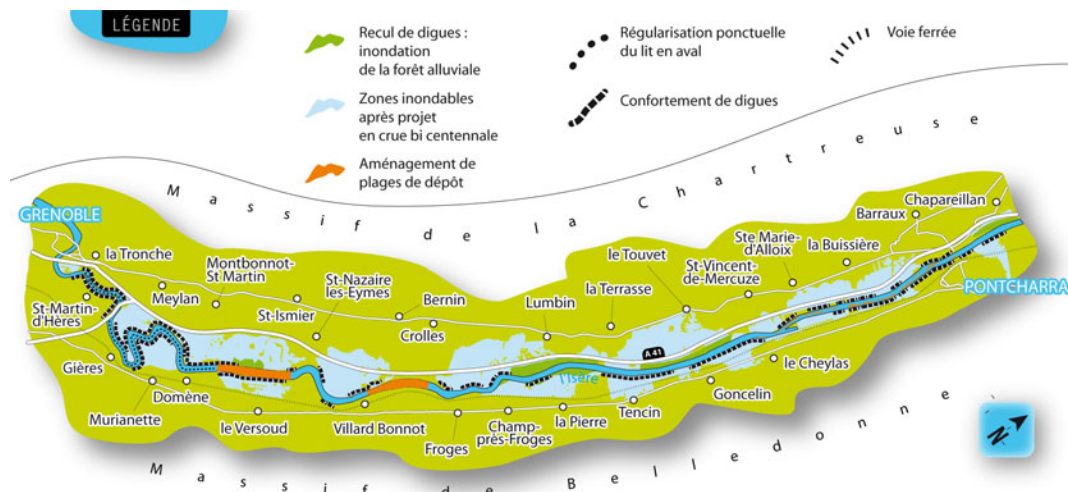


Illustration 6 : projet de gestion intégrée de bassin versant "Isère amont"- SYMBHI

Une première tranche d'une dizaine de kilomètres est réalisée sur la période 2012-2016 (Saint Ismier – Grenoble) pour un montant d'opération de 44,3 M€ HT, soit une moyenne de 8,9 M€/an. Considérant que les investissements prévus sur la première moitié du programme sont du même ordre de grandeur en moyenne annuelle que sur la seconde, nous nous limiterons pour notre étude à la tranche 1 pour disposer d'une période équivalente à celle des autres parcs.

Les réalisations correspondant à cette première tranche sont représentées sur l'illustration 7 :

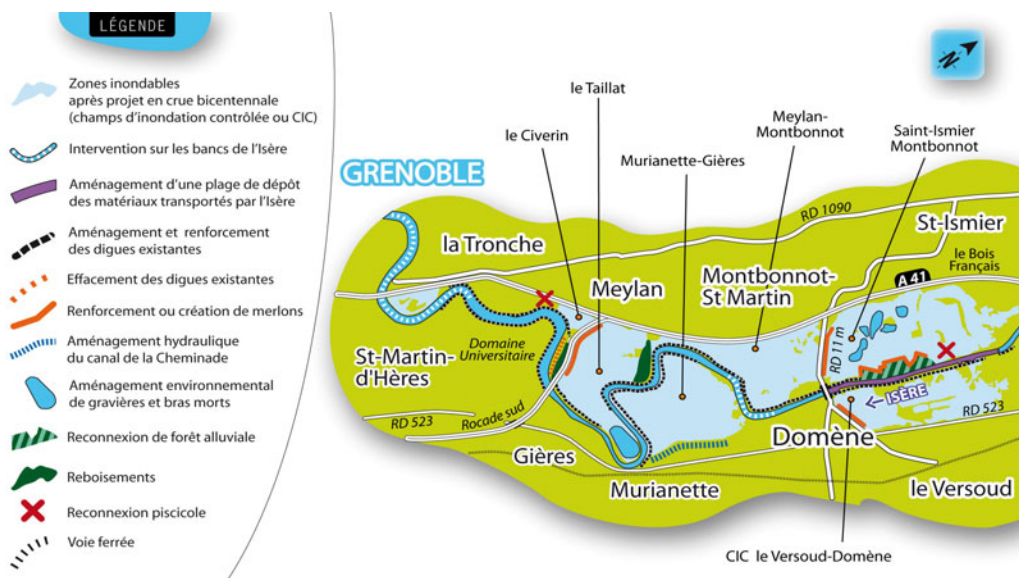


Illustration 7 : Première tranche du projet "Isère amont" - SYMBHI



Les dépenses de ce programme d'investissement sont réparties comme suit :

- Dépenses d'investissement en études : 4,14 M€
- Travaux d'investissement sur les digues : 26 M€

(enrochements, parois étanches, vannes, clapets, télégestion, déversoirs, terrassements, ouvrages de vidange, couches de forme, déboisement)

- Travaux d'investissement dans le lit : 3,57 M€

(curages de bancs et plages de dépôt)

- Dépenses d'investissement sur la thématique environnementale : 4,24 M€

(insertion paysagère, aménagement de gravières et bras mort, connexions piscicoles, gestion des espèces protégées)

- Autres dépenses d'investissement (hydraulique) : 6,35 M€

(protections rapprochées, station de pompage, travaux passés)

Ces éléments peuvent être formalisés dans le tableau suivant :

	Dépenses d'investissement en études (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur les digues (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux dans le lit (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur la thématique environnementale (€ HT)	Autres travaux d'investissement en hydraulique (€ HT)	Total (€ HT)
Dépenses sur 2012-2016	4 140 000 €	26 000 000 €	3 570 000 €	4 240 000 €	6 350 000 €	44 300 000 €
Dépenses annuelles	828 000 €	5 200 000 €	714 000 €	848 000 €	1 270 000 €	8 860 000 €
Pourcentages	9%	59%	8%	10%	14%	100%

Estimations basées sur la programmation de l'investissement du SYMBHI sur la période 2012-2016 (Source : SYMBHI)

Par ailleurs les dépenses de l'AD Isère Drac Romanche sur la période 2008-2012 sont organisées comme suit :

	2008	2009	2010	2011	2012	Total (€ HT)	Moyenne annuelle (HT)
Structure et personnel (TVA sans objet)	720 000 €	654 000 €	791 000 €	807 000 €	723 000 €	3 695 000 €	739 000 €
Entretien notamment fauchage, portail (€ TTC)	320 000 €	240 000 €	250 000 €	294 000 €	165 000 €	1 269 000 €	253 800 €
Dépenses de réparation – entretien (€ TTC)	525 000 €	745 000 €	542 500 €	408 750 €	598 500 €	2 819 750 €	563 950 €
Dépenses de confortement – investissement (€ TTC)	1 575 000 €	2 235 000 €	1 627 500 €	1 226 250 €	1 795 500 €	8 459 250 €	1 691 850 €

Estimations basées sur les dépenses de l'ADIDR entre 2008-2012 (Source ADIDR)

La TVA doit être déduite sur les dépenses concernées.

Par ailleurs, les clefs de répartition suivantes sont indiquées par l'ADIDR pour les dépenses de structure et de personnel :

- structure : 20 % entretien et 80 % gestion,
- personnel : 35 % entretien et 65 % gestion.

Le tableau suivant présente la répartition globale des dépenses sur 5 ans.

	Dépenses d'investissement en études (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur les digues (€ HT)	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Dépenses sur le lit et autres travaux hors digues (€ HT)	Total (€ HT)
Dépenses sur 5 années	4 140 000 €	33 070 000 €	4 800 000 €	2 520 000 €	14 160 000 €	58 690 000 €
Dépenses annuelles	830 000 €	6 610 000 €	960 000 €	500 000 €	2 830 000 €	11 730 000 €
Pourcentages	7%	56%	8%	4%	24%	100%

Hormis les dépenses concernant le lit, ces chiffres peuvent être rapportés au kilomètre de digues et à l'année, comme présenté dans le tableau suivant :

	Dépenses d'investissement en études et travaux (€ HT) – Hors travaux sur le lit	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Total (€ HT)
Dépenses annuelles sur 220 km	7 440 000 €	960 000 €	500 000 €	8 900 000 €
Dépenses annuelles sur 1 km	33 800 €	4 400 €	2 300 €	40 500 €
Pourcentage	83%	11%	6%	100%

*Estimations basées sur le programme d'investissement SYMBHI 2012-2016 et les dépenses de l'ADIDR 2008-2012*

### 2.3.3 Dépenses recensées sur le Delta du Rhône

Le SYMADREM conduit un important programme de sécurisation des ouvrages de protection sur la période 2007-2013. Ces opérations sont représentées sur l'illustration 8.

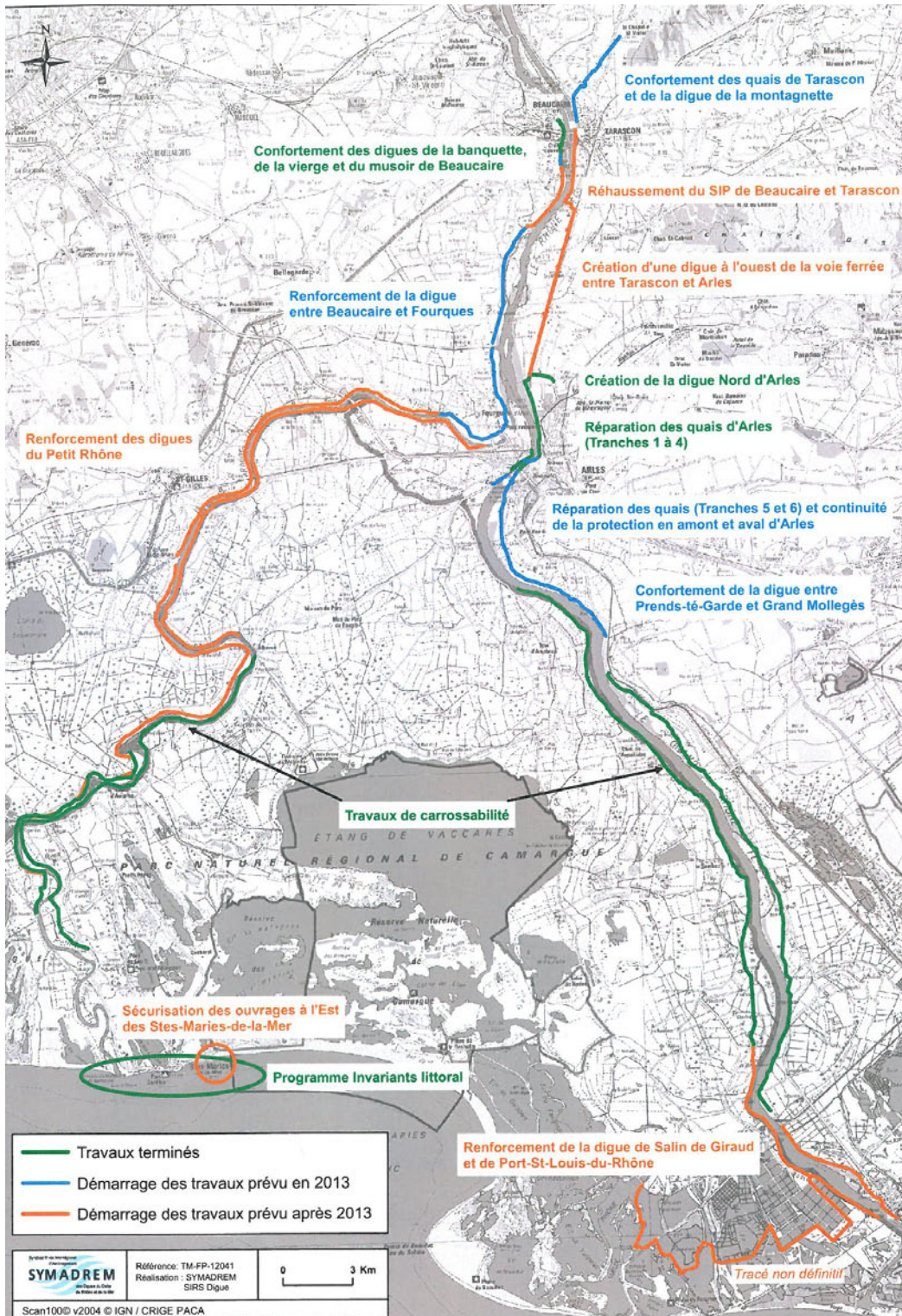


Illustration 8 : Opérations d'investissement inscrites au Plan Rhône 2007-2013

Ces dépenses d'investissement sont principalement destinées à l'amélioration des ouvrages (très peu de dépenses sur le lit du fleuve) et sont estimées de la façon suivante sur la période 2007-2013 :

- études : 9,1 M€
- travaux : 135,4 M€.

Soit un total de 144,5 M€ sur 7 ans soit encore 20,7 M€/an.

Par ailleurs, l'encadré ci-après (Source SYMADREM) précise comment sont structurées les dépenses d'entretien et d'exploitation :

En 2012, pour un linéaire de 200 km de digues fluviales,

- les dépenses liées aux **travaux d'entretien** se sont élevées à **600 000 € TTC** ventilées comme suit :
  - Travaux de fauchage : 300 000 € TTC
  - Travaux de terrassement : (terriers ; désordres...) : 300 000 € TTC

Ces dépenses sont proportionnelles au linéaire de digue.

- les dépenses liées à **l'exploitation se sont élevées à 1 500 000 €** ventilées comme suit :
  - Frais de structure : 500 000 €
  - Personnel : 1 000 000 €

Les dépenses liées aux personnels peuvent s'exprimer en fonction du linéaire de digue comme :

$P = 500\,000 + T \times 125\,000$  avec T = nombre de tranches de 50 km de digues. (Pour le SYMADREM, T=4.)

Si toutes les digues du SYMADREM étaient en bon état, elles correspondraient à un capital de 210 M€ HT. Dès lors, **les dépenses annuelles d'entretien et d'exploitation des digues fluviales pour une base de 200 km peuvent être estimées à 1 % du montant des investissements.**

La clef de répartition de ces dépenses dans les catégories « entretien » et « gestion » sont indiquées par le SYMADREM :

- Les dépenses d'exploitation relèvent pour moitié d'intervention sur les ouvrages, ce qui porte le cumul des dépenses d'entretien à 1 350 000 € TTC (600 000 € TTC en entreprise et 750 000 € TTC en régie),
- L'autre moitié des dépenses d'exploitation soit 750 000 € TTC relève de la gestion (activité d'administration et de surveillance).

Les dépenses relatives aux travaux sur le lit consistent en quelques dragages et reprofilages du lit ainsi qu'en la création d'une lône (bras mort en retrait du lit du fleuve).

Ces dépenses sont considérées comme négligeables par rapport aux autres dépenses, il peut être établi le tableau suivant (taxes déduites le cas échéant).

	Dépenses d'investissement en études (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur les digues (€ HT)	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Dépenses sur le lit (€ HT)	Total (€ HT)
<b>Dépenses 2007-2013</b>	9 100 000 €	135 420 000 €	8 760 000 €	5 250 000 €	négligeable	158 530 000 €
<b>Dépenses annuelles</b>	1 300 000 €	19 350 000 €	1 250 000 €	750 000 €	négligeable	22 650 000 €
<b>Pourcentages</b>	6%	85%	6%	3%	négligeable	100%

*Estimations basées sur le programme d'investissement 2007-2013 et les dépenses 2012 du SYMADREM*

De façon synthétique, les dépenses annuelles au kilomètre de digue sont donc les suivantes :

	Dépenses d'investissement en études et travaux (€ HT)	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Total (€ HT)
<b>Dépenses sur 200 km</b>	20 700 000 €	1 250 000 €	750 000 €	22 700 000 €
<b>Dépenses annuelles sur 1 km</b>	104 000 €	6 300 €	3 800 €	114 100 €
<b>Pourcentage</b>	91%	6%	3%	100%

*Estimations annuelles par kilomètre de digue basée sur le programme d'investissement 2007-2013 et le budget de fonctionnement 2012 (Source : Symadrem)*

Par ailleurs pour les ouvrages maçonnés (quais d'Arles, quais de Tarascon, banquettes de Beaucaire, digue de la montagne), l'entretien s'élève à environ 125 000 € HT pour 4,7 km, soit 31 915 €/km/an.

## 2.4 Comparaison des dépenses observées sur les parcs

La section précédente a conduit à établir, pour chacun des parcs, deux tableaux portant respectivement sur :

- les dépenses globales annuelles sur les ouvrages et le domaine fluvial,
- les dépenses annuelles rapportées au linéaire d'ouvrage.

Cette section a pour objet de comparer les données de chaque type et d'expliquer les différences. Des valeurs types seront également déduites des dépenses annuelles observées sur les ouvrages.

### 2.4.1 Comparaison des dépenses globales annuelles

Le tableau suivant établit un récapitulatif des dépenses globales annuelles observées sur les trois parcs étudiés.

	Dépenses d'investissement en études (€ HT)	Dépenses d'investissement en travaux sur les digues (€ HT)	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Dépenses sur le lit (€ HT)	Total (€ HT)
Loire et affluents (530 km)	1 700 000 €	2 280 000 €	4 480 000 €	1 080 000 €	1 820 000 €	11 360 000 €
	15%	20%	39%	10%	16%	100%
Isère Drac Romanche (220 km)	830 000 €	6 610 000 €	960 000 €	500 000 €	2 830 000 €	11 730 000 €
	7%	56%	8%	4%	24%	100%
Delta du Rhône (200 km)	1 300 000 €	19 350 000 €	1 250 000 €	750 000 €	négligeable	22 650 000 €
	6%	85%	6%	3%	négligeable	100%

Il ressort de ce tableau que le total des dépenses annuelles est très proche pour la Loire et ses affluents et pour l'Isère, le Drac et la Romanche : de l'ordre de 11,5 M€. Pour le delta du Rhône, cette valeur est double, de l'ordre de 23 M€.

Le linéaire d'ouvrages sur le Delta du Rhône est assez proche de celui de l'Isère du Drac et de la Romanche, tandis que la Loire et ses affluents ont un linéaire de digues plus de deux fois supérieur. Ces chiffres montrent, s'il en était besoin, que les dépenses ne sont pas simplement fonction du linéaire d'ouvrages. Il convient donc d'étudier dans le détail ces dépenses. C'est l'objet des paragraphes suivants.

#### Dépenses d'investissement en études et en travaux sur les digues

Les deux premières colonnes montrent des écarts importants dans les investissements en travaux sur les digues mais des écarts beaucoup plus réduits sur les investissements en études.

Sur le delta du Rhône, les montants de travaux sont très élevés du fait d'un programme d'investissement très développé et en proportion les montants consacrés aux études paraissent naturellement plus faibles (mais en valeur ils demeurent élevés).

Sur la Loire et ses affluents, la situation est inverse : les montants de travaux sont plus modestes et en proportion les montants consacrés aux études sont beaucoup plus élevés, dépassant même en valeur les dépenses du SYMADREM.

Cette situation est principalement liée à la conduite sur des linéaires importants des études de danger et des études à l'échelle des systèmes de protection (études dites « de val »).

Les dépenses relevées sur l'Isère, le Drac et la Romanche occupent une position intermédiaire en ce qui concerne les dépenses d'investissement en travaux et une position inférieure en ce qui concerne les dépenses d'investissement en études, tout en conservant le même ordre de grandeur.

### **Dépenses d'entretien sur les digues**

La troisième colonne présente les dépenses d'entretien. Tant les dépenses (de l'ordre de 1 M€) que les pourcentages associés (6 et 8 %) montrent une grande similarité entre le parc du Delta du Rhône et celui de l'Isère, du Drac et de la Romanche.

Les ouvrages de la Loire et de ses affluents génèrent par contre des dépenses d'entretien plus importantes. Certes, le linéaire est nettement supérieur, ce qui impacte directement la moyenne annuelle des dépenses dans la mesure où l'entretien, par définition, correspond à des interventions régulières. Cependant cette seule raison n'explique pas l'amplitude de l'écart qui existe (cf. 2.4.2 Comparaison des dépenses annuelles rapportées au linéaire d'ouvrages). Il apparaît donc clairement que les interventions sur les digues de la Loire et de ses affluents sont très axées sur l'entretien tandis que les autres parcs s'orientent davantage vers des dépenses d'investissement.

### **Dépenses de gestion**

La quatrième colonne présente les dépenses de gestion. Les pourcentages associés aux montants des dépenses dépendent principalement de l'importance des programmes d'investissement et des dépenses d'entretien. Il est donc plus intéressant d'étudier ces dépenses en considérant les montants. Il ressort clairement que ces montants sont liés au linéaire d'ouvrage dont dispose le parc. Nous verrons dans la section suivante (2.4.2 Comparaison des dépenses annuelles rapportées au linéaire d'ouvrages) dans quelle mesure.

### **Dépenses sur le lit**

La cinquième colonne présente les dépenses sur le domaine fluvial. Il peut s'agir de dragage ou d'un large panel de mesures à caractère environnemental. Les dépenses liées aux travaux (investissement et entretien) sur le lit sont considérées comme négligeables sur le Delta du Rhône. Il n'en va pas de même sur les autres parcs, où les travaux sur le domaine fluvial représentent un fort pourcentage des dépenses : 16 % pour la Loire et ses affluents et près du quart des dépenses (24 %) pour l'Isère, le Drac et la Romanche.

## 2.4.2 Comparaison des dépenses annuelles rapportées au linéaire d'ouvrages

Le tableau suivant établit un récapitulatif sur les trois parcs étudiés des dépenses annuelles rapportées au kilomètre de digue :

	Dépenses d'investissement en études et travaux (€ HT) – Hors travaux sur le lit	Dépenses d'entretien sur les digues (€ HT)	Dépenses de gestion (€ HT)	Total (€ HT)
<b>Loire et affluents</b>	7 500 €	8 500 €	2 000 €	18 000 €
	42%	47%	11%	100%
<b>Isère Drac Romanche</b>	33 800 €	4 400 €	2 300 €	40 500 €
	83%	11%	6%	100%
<b>Delta du Rhône</b>	104 000 €	6 300 €	3 800 €	114 100 €
	91%	6%	3%	100%

Il apparaît que :

- les dépenses annuelles d'investissement en études et travaux (hors travaux sur le lit) rapportées au kilomètre de digue sont très variables : environ 7 500 €/km/an pour les digues de la Loire et ses affluents mais une valeur de 104 000€/km/an pour les digues du delta du Rhône. Cette valeur dépend de l'état initial du parc et de la stratégie adoptée pour définir les programmes d'investissement. Le nombre et la valeur des enjeux à protéger rentrent bien sûr en ligne de compte pour la définition de cette stratégie.
- les dépenses annuelles d'entretien sont comprises entre 4 400 et 8 500 €/km/an. La politique adoptée sur la Loire et ses affluents est plus centrée sur l'entretien, ce qui explique que la valeur la plus élevée apparaisse sur ce parc.
- Les dépenses annuelles de gestion sont proches pour les deux premiers parcs (2 000 et 2 300 €/km/an) et plus élevées sur le troisième (3 800 €/km/an). Cette différence tient notamment au fait que le SYMADREM est une structure spécifiquement dédiée à la protection contre les inondations qui dispose de toutes les attributions pour la surveillance, la maintenance et l'amélioration du parc. Sur les autres parcs, les services sont intégrés ou partiellement intégrés à d'autres services de l'Etat ou des collectivités territoriales, ce qui leur permet de bénéficier de services supports. Par ailleurs le programme d'investissements du SYMADREM est plus développé que sur les autres parcs, ce qui génère également des dépenses générales plus élevées.

Le total des dépenses varie fortement suivant le parc (entre 18 000 et 114 000 €/km/an), fluctuations principalement induites par les variations constatées sur les investissements.



## Synthèse sur les dépenses annuelles rapportées au linéaire de digue - données d'entretien et de gestion à utiliser pour le calcul du coût global actualisé en partie 1)

Rappelons tout d'abord les définitions adoptées. Nous distinguons :

- **l'investissement** qui englobe :
  - les études à l'échelle du système, les études réglementaires et le développement des systèmes informatiques de gestion des données,
  - les travaux de construction, reconstruction, confortement et autres améliorations sur les ouvrages, y compris les acquisitions foncières et les investigations et les études particulières associées,
  - les travaux d'aménagement du lit des fleuves.
- **l'entretien** : travaux de réparation, de maintenance et études particulières associées. Exemple : travaux de terrassement en crête ou en pied de digue ou plus couramment fauchage,
- **la gestion** : dépenses concernant les locaux et le personnel mobilisé régulièrement pour des prestations ne modifiant pas l'état des ouvrages : administration, surveillance et inspection, manœuvre des écluses, vannes...

Il est rappelé que ces coûts correspondent à des dépenses moyennes obtenues sur des parcs d'ouvrages hétérogènes. Suivant la composition et l'état des ouvrages considérés, les dépenses nécessaires à l'amélioration ou au maintien de la performance peuvent varier sensiblement.

Le tableau de synthèse suivant donne les ordres de grandeur qui peuvent être retenus pour les **dépenses annuelles d'investissement, d'entretien et de gestion rapportées au kilomètre de digue**. (Pour l'investissement, cette valeur n'est qu'indicative.)

	<b>Dépenses linéaires annuelles observées (€/km/an HT)</b>
<b>Investissement</b>	7 500<33 800<104 000
<b>Entretien</b>	4 400<6 300<8 500
<b>Gestion</b>	2 000<2 300<3 800
<b>Total</b>	18 000<40 000<114 000

Le total indiqué en dernière ligne ne prend pas en compte le fait que les investissements réalisés doivent normalement avoir un effet limitant sur le coût de l'entretien.

Ces chiffres concordent avec les estimations du rapport de la cour des comptes « Les enseignements des inondations de 2010 sur le littoral atlantique (Xynthia) et dans le Var – juillet 2012 » qui estime la dépense nécessaire pour les digues les plus fragiles à une moyenne annuelle comprise entre 53 000 et 70 000 € pour l'investissement et l'entretien. Ce rapport précise également que « le coût de confortement des digues spécifiquement urbaines peut être bien plus élevé encore », ce qui est vérifié ici dans le cas de certaines digues du delta du Rhône.

En complément des valeurs précédemment mentionnées qui concernent les ouvrages de type digue, les valeurs suivantes peuvent être apportées sur les **ouvrages maçonnés (perrés et quais)** sur la base des dépenses du SYMADREM : les dépenses annuelles d'entretien sont estimées à **32 000 €/km/an** (hauteur moyenne des ouvrages de 6 m.)

## **3 Composition des ouvrages et autres facteurs influençant les coûts d'intervention**

L'étude des coûts observés à l'échelle des ouvrages requiert de disposer de quelques notions fondamentales sur leur composition et les autres facteurs déterminant les coûts d'intervention.

L'introduction de cette section traite de la typologie de ces ouvrages ainsi que des facteurs essentiels qui conditionnent le choix d'un type d'ouvrage et son dimensionnement.

Cette section présente ensuite plus en détail les considérations qui ont été à la base de l'élaboration de la méthodologie exposée en partie 4 :

- la forme, la composition, la fonction des différents types d'ouvrages,
- une approche qualitative du coût des ouvrages, approche basée sur l'analyse de la relation « composition des ouvrages – coûts »,
- une présentation qualitative du coût des dispositions opérationnelles d'intervention et des mesures d'accompagnement relatives aux dispositifs de gestion de l'eau et aux autres usages (voirie et réseaux divers),
- une présentation de la composition du coût d'une intervention : part des marchés de travaux et part des prestations d'étude et de suivi...

### **3.1 Typologie des ouvrages et facteurs déterminants essentiels**

#### **3.1.1 Typologie**

Bien que les ouvrages de type digue soient largement dominants dans le domaine fluvial, la typologie adoptée pour cette étude couvre un ensemble plus large :

- les digues (ouvrages en surplomb),
- les perrés (protection de talus),
- les murs et ouvrages de soutènement,
- les épis (ouvrages transversaux),
- les bassins de rétention et d'infiltration.

Cette étude ayant vocation à traiter des ouvrages de protection contre les inondations, nous excluons du champ de nos investigations les barrages dont la fonction principale est de créer une retenue d'eau permanente et les ouvrages liés aux canaux servant uniquement à la navigation.

#### **3.1.2 Les facteurs essentiels déterminant le coût**

Les premiers facteurs déterminants le type d'ouvrage et son dimensionnement – et par voie de conséquence son coût – sont :

- l'effet hydraulique recherché,
- et les conditions physiques et l'environnement de l'ouvrage.

D'autres facteurs déterminants sont présentés plus en détail en section 4.4.3. Ici, nous nous limiterons à présenter quelques considérations sur ces deux facteurs essentiels.

#### En ce qui concerne l'effet hydraulique recherché :

Les fonctions les plus courantes sont celles de canaliser et de retenir l'eau. Elles sont opérées par les digues, perrés, murs et ouvrages de soutènement. Les épis et les dispositifs de rétention se distinguent clairement des autres ouvrages sur ce plan fonctionnel, respectivement par leur action sur les écoulements ou par leur fonction de stockage.

Les effets dynamiques doivent être pris en compte en plus des niveaux d'eau dans les performances attendues de l'ouvrage. Dans le domaine fluvial, l'action des courants est prépondérante, l'action des vagues doit être considérée dans les cas où la navigation engendre un batillage ou sur les larges plans d'eau sur lesquels des vagues peuvent se former.

#### En ce qui concerne les conditions physiques et l'environnement :

- la topographie déterminera si l'ouvrage doit être construit en surplomb (digue ou mur sans vocation de soutènement des terres) ou doit correspondre à une protection de talus simple (perré) ou avec une fonction de soutènement (ouvrage de soutènement).
- les conditions géotechniques et hydrauliques seront déterminantes dans le dimensionnement de l'ouvrage vis-à-vis des actions principales (i.e. liées généralement aux crues) auxquelles il sera soumis.
- les mesures complémentaires à l'ouvrage principal, mesures destinées à assurer le bon fonctionnement du système de protection (par exemple les mesures de ressuyage) peuvent augmenter sensiblement le coût d'un projet.
- les contraintes d'espace, des considérations environnementales (maintien de la biodiversité) ou d'insertion paysagère ou de compatibilité avec d'autres fonctions (transports, réseaux) peuvent impacter la conception et augmenter également le coût.

En définitive, dans la détermination des coûts, il convient de s'interroger sur la façon dont ces facteurs, l'effet hydraulique recherché et les conditions dans lesquelles il est placé, exercent leurs influences, lors de la construction et tout au long de la vie de l'ouvrage.

On considère généralement que le coût doit être proportionné au bénéfice. La définition des interventions doit dans cette optique prendre en compte les caractéristiques du site pour rechercher la solution la plus satisfaisante, tous critères confondus. En fonction de la nature du site, il ressort généralement que les choix opérés ne sont pas les mêmes. Ainsi, par exemple, les digues en terre occupent de très longs linéaires en site péri-urbain ou en campagne, tandis que, du fait de leur emprise supérieure à celles des autres ouvrages, elles deviennent moins présentes en site urbain, cédant partiellement la place aux murs et aux perrés, ces derniers résultant souvent du remblaiement à l'arrière d'une digue.

### 3.2 Forme, composition et fonction des ouvrages

Cette section présente sommairement, pour chaque type d'ouvrage, sa constitution et son fonctionnement. Les structures sont présentées dans le référentiel de l'ouvrage sans rechercher les effets produits à l'échelle globale d'un système de protection.

Les structures ne sont abordées que par rapport à leurs fonctions liées à la protection contre les inondations. Néanmoins il convient de garder à l'esprit que d'autres fonctions viennent souvent se greffer sur les ouvrages : circulation, promenade, haut de cale, fonctions d'amarrage et d'accostage, support de canalisations, de barrages, de vannes, d'exutoires...

La présentation traite successivement les différents types d'ouvrages annoncés dans la typologie : les digues, les perrés, les murs et ouvrages de soutènement, les épis et les bassins de rétention et d'infiltration.

Il est entendu cependant qu'il existe des structures dont les caractéristiques empruntent à plusieurs types d'ouvrages :

- Au fil du temps des transformations plus ou moins complètes s'opèrent, notamment en accompagnement de l'urbanisation : les digues remblayées côté terre deviennent des perrés.
- Un perré peut également être transformé en mur de soutènement mais cette opération est plus coûteuse et ne se justifie généralement pas uniquement par le gain d'espace. La recherche d'une fonction d'accostage est plus souvent à l'origine de ce type d'aménagement.

En corollaire, il doit être ajouté que les perrés et murs de soutènement sont situés en site urbain et peuvent avoir une forte valeur patrimoniale suivant les matériaux et les techniques mises en œuvre (C'est le cas typiquement des quais et des perrés maçonnés).

#### 3.2.1 Digues

Les digues peuvent présenter différentes formes en relation avec les fonctions recherchées, les sollicitations hydrauliques et leur environnement. L'illustration 9 en donne une représentation.

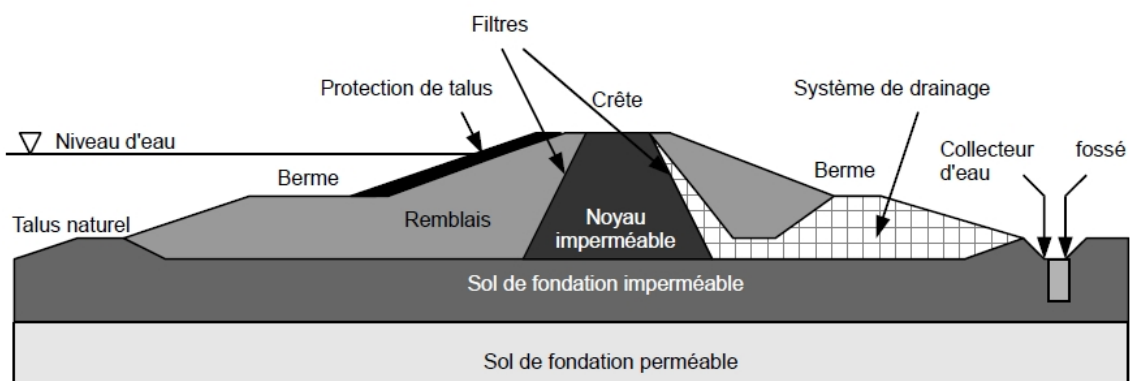


Illustration 9 : Les composants d'une digue (adaptée de Yann Deniaud, CETMEF)

Ces ouvrages sont disposés directement en bordure des cours d'eau ou en retrait, parallèlement ou perpendiculairement suivant leur rôle dans le système. Leur fonction première en tant que structure demeure néanmoins de faire obstacle au passage de l'eau jusqu'à une certaine cote. Certaines digues sont équipées de dispositifs de gestion des surverses : déversoirs, déchargeoirs...

Il convient de signaler ici pour la bonne compréhension des termes utilisés par la suite que la digue se distingue du perré et des murs de soutènement par le fait que son profil en travers présente un talus libre de part et d'autre de sa crête. Cette caractéristique essentielle conditionne son comportement mécanique et ses modes de défaillance. Une digue est notamment soumise au risque de brèche.

Le guide sur les digues (International Levee Handbook, 2013) présente de façon détaillée les formes, fonctions et mécanismes de défaillance des digues.

Nous nous limiterons ici à commenter brièvement les principaux composants apparaissant sur la coupe-type de l'illustration 9 :

- Le sol présenté sur cette illustration est constitué d'une couche imperméable superposée à une couche perméable. Ceci n'est bien entendu qu'un exemple de configuration géologique. L'étude de la géologie du sol support est essentielle dans la conception d'une digue.
- Les matériaux constitutifs du corps de digue peuvent être de natures variables : tout-venant, argile, matériaux granulaires sélectionnés. Leur choix dépend des caractéristiques recherchées, notamment en termes de perméabilité.
- Les revêtements doivent être adaptés en fonction des conditions du milieu extérieur : enrochement, maçonnerie, béton... ou couverture végétale comme représentée en Illustration 10.

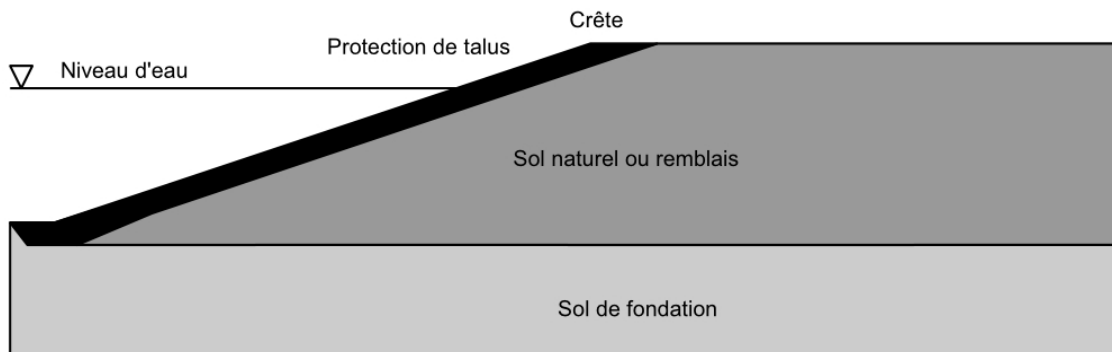


*Illustration 10 : Digue végétalisée - ADIDR*

Au fil du temps, des travaux de rechargement doivent généralement être entrepris pour compenser les tassements et l'érosion ou pour rehausser la crête de l'ouvrage.

### 3.2.2 Perrés

Un perré est un parement construit sur un talus naturel ou artificiel. L'illustration 11 en donne une représentation.



*Illustration 11 : Coupe-type d'un perré (adaptée de Yann Deniaud, CETMEF)*

Ces ouvrages sont disposés en général directement en bordure du lit majeur ou moyen des cours d'eau. La vocation d'un perré est de lutter contre l'érosion des berges. Il contribue ainsi à limiter la mobilité du lit des cours d'eau tout en maintenant les sections d'écoulement.

Suivant le mode de construction, le perré peut être considéré comme le seul revêtement habillant un terrain existant ou comme un ensemble constitué du revêtement et des matériaux mis en œuvre pour supporter ce revêtement.

Le corps de l'ouvrage est constitué des matériaux présents naturellement sur le site ou de matériaux importés.

Les matériaux constitutifs du revêtement sont choisis de telle sorte que le talus résiste aux contraintes hydrauliques : matelas de gabions, enrochements, géosynthétique, béton (cf. Illustration 12) ou maçonnerie (cf. Illustration 13).



*Illustration 12 : Perré - Rouen*



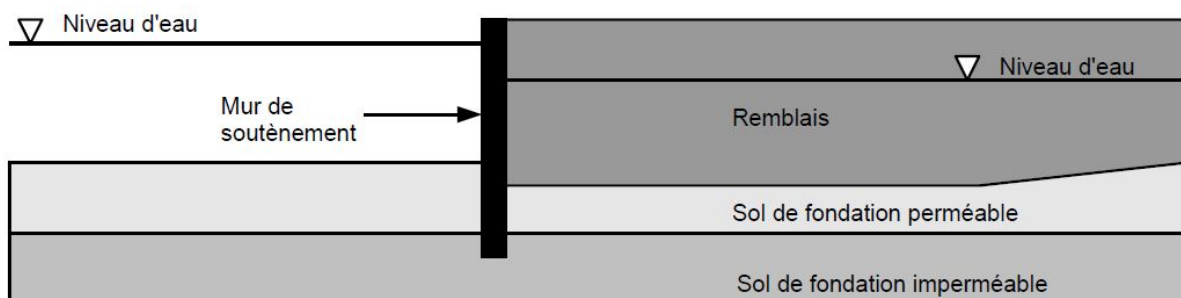
*Illustration 13 : Perré à Arles – Symadrem*

### 3.2.3 Murs et ouvrages de soutènement

Les murs et ouvrages de soutènement sont constitués principalement d'un parement vertical ou comportant un léger fruit. En arrière, l'ouvrage est totalement ou partiellement remblayé. L'illustration 14 en donne une représentation.

La structure qui assure le soutènement peut être en béton, en palplanches ou en maçonnerie et fonctionner suivant différents modes :

- mur poids pour des éléments en béton ou en maçonnerie,
- travail en flexion pour des éléments fichés dans le sol : palplanches, paroi moulée,
- avec des contraintes variables pour des éléments en forme de L ou de T renversé.



*Illustration 14 : Coupe type d'un mur de soutènement (adaptée de Yann Deniaud, CETMEF)*

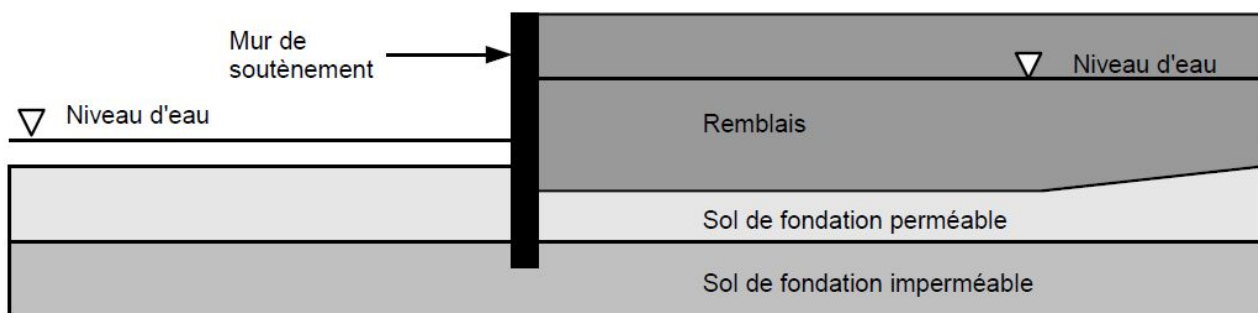
L'acier, le béton et la maçonnerie offrent une réponse adaptée aux fonctions de protection vis-à-vis des effets hydrauliques et de parement pour l'accostage sur les quais (cf. Illustration 15).



*Illustration 15 : Mur - Quai de Rouen*

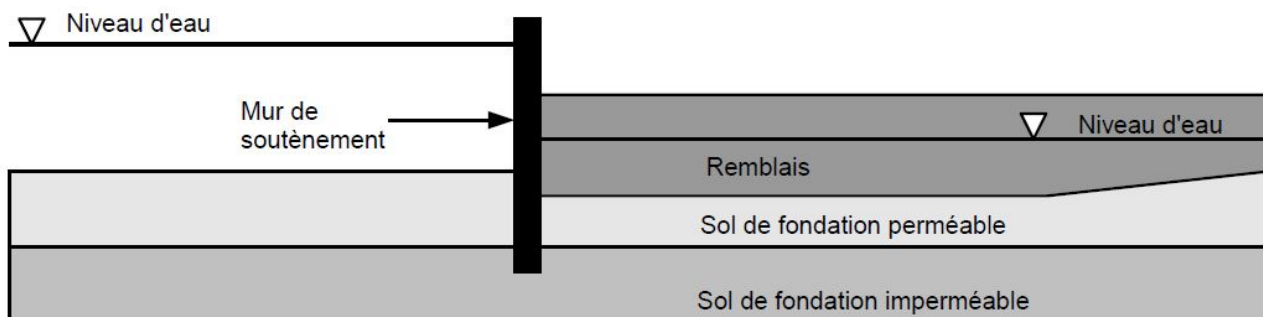
Dans certains cas, des gabions peuvent également être utilisés. Ce choix dépend principalement des efforts à reprendre, de la nature du sol et des exigences en termes d'insertion dans le paysage.

En temps normal, l'ouvrage est amené à exercer une fonction de soutènement tel que représenté sur l'illustration 16. Le mur de soutènement supporte non seulement la poussée du remblai mais aussi celle de l'eau contenue dans le remblai sous forme de nappe phréatique.



*Illustration 16 : Fonctionnement du soutènement en condition de poussée du remblai et de la nappe phréatique*

Dans le cas où l'ouvrage n'est pas complètement remblayé, la mise en charge de la partie supérieure peut se faire à l'inverse côté eau tel que représenté sur l'illustration 17.



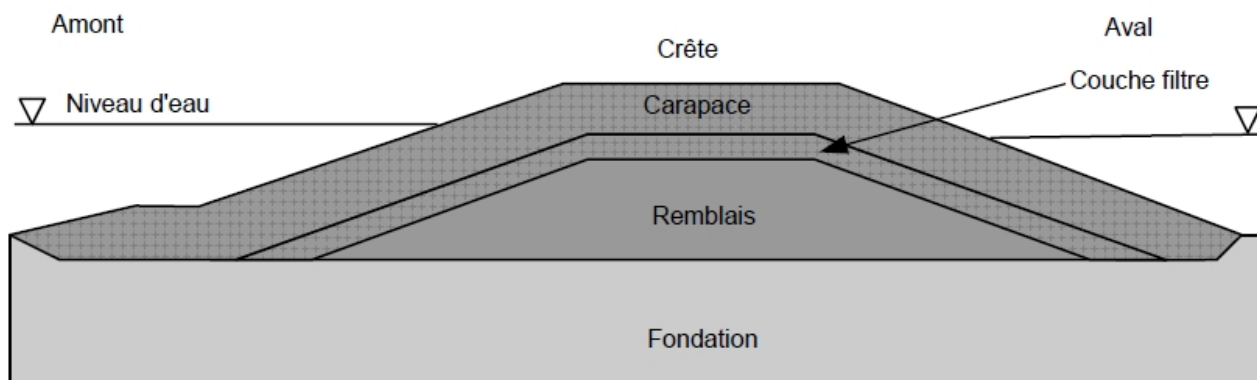
*Illustration 17 : Fonctionnement du mur soumis à la poussée de l'eau sur sa partie supérieure*

La défaillance des murs et ouvrages de soutènement dépend des conditions de charge qu'ils connaissent.



### 3.2.4 Épis

Le profil en travers d'un épi s'apparente au profil en travers d'une digue, à la différence près que, l'ouvrage étant régulièrement submergé, cet ouvrage doit être protégé de toutes parts, sur les deux talus et sur la crête. L'illustration 18 en donne une représentation.



*Illustration 18 : Coupe type d'un épi fluvial (adaptée de Yann Deniaud, CETMEF)*

Le profil en long de l'ouvrage peut présenter une inclinaison suivant l'effet hydraulique recherché.

Les épis ont vocation généralement à exercer une influence sur les écoulements au sein même du lit du cours d'eau. Ils peuvent être positionnés :

- perpendiculairement à la rive pour ralentir ou réorienter le flux. Outre les effets hydrauliques immédiats, des effets sur la géomorphologie du fleuve sont généralement recherchés : lutte contre l'érosion, dépôt de limons...
- à la confluence de deux fleuves pour éviter les phénomènes d'érosion dans cette zone où l'écoulement est particulièrement turbulent.



*Illustration 19 : Épi de confluence – ADIDR*

### 3.2.5 Dispositifs de rétention

Les dispositifs de rétention prennent deux formes distinctes suivant qu'il s'agit de dispositifs réalisés à l'air libre ou de dispositifs enterrés.

Dans le premier cas, les ouvrages s'apparentent à un ensemble de digues (lorsque la retenue d'eau est au-dessus du niveau naturel du sol) et de perrés ou murs de soutènement (lorsque la retenue d'eau est au-dessous du niveau naturel du sol) formant un bassin. La composition de ces ouvrages a été décrite dans les parties précédentes. Il doit être rajouté que du fait de leur fonction, ces bassins disposent de vannes et de déversoirs (appelés ouvrages hydrauliques dans la suite de l'étude) pour que leur remplissage et leur vidange puissent s'opérer de manière contrôlée.

Dans le second cas, ce sont des ouvrages de génie civil utilisant le béton armé et l'acier pour créer des compartiments. Il ne paraît pas utile de détailler davantage la composition de ces structures pour lesquelles peu d'opérations ont été recensées et dont la mise en œuvre est très variable suivant la configuration des lieux.

Comme leur nom l'indique, ces dispositifs sont destinés à stocker temporairement l'eau. La restitution au milieu naturel s'effectue généralement par un système de vannes et, plus rarement, par infiltration. L'opportunité d'un système d'infiltration est liée à la stratégie de gestion des eaux. La faisabilité de ces systèmes est cependant directement liée à la nature des sols et à leur comportement hydraulique.



*Illustration 20 : Bassin de rétention à vide –  
SMBVAS*



*Illustration 21 : Bassin de rétention en charge –  
SMBVAS*

### **3.3 Influence de la forme et la composition des ouvrages sur le coût**

Avant de détailler pour chacun des ouvrages les relations entre sa composition et son coût, il est intéressant de remarquer que les digues d'une part et les ouvrages de type perrés et murs de soutènement d'autre part peuvent être considérés comme opposés sur le plan de leur composition mais aussi de leur coût :

- La construction des digues repose principalement sur l'emploi de matériaux de remblais sur lesquels viennent éventuellement s'ajouter des matériaux destinés à la protection de l'ouvrage. Les matériaux de remblais représentent donc une fraction prépondérante, voire la totalité du coût des travaux.
- À l'inverse, les perrés et murs de soutènement protègent ou maintiennent des matériaux avec des pentes naturelles (perrés) ou contraintes (soutènements) mais dans les deux cas, le coût global dépend principalement du coût de la fourniture et mise en œuvre des matériaux de protection ou de soutènement.

Voyons à présent ce qui peut être dit pour chacun des ouvrages. Nous commencerons par les digues et nous nous étendrons davantage sur cet ouvrage qui est le plus répandu. Nous traiterons ensuite des perrés et des murs de soutènement.

Sur le plan de la forme, les ouvrages constituant les épis et les dispositifs de rétention et d'infiltration peuvent sans difficulté se rattacher aux formes des digues, perrés et ouvrages de soutènement et ne feront pas l'objet de présentations spécifiques.

#### **3.3.1 Analyse du coût des digues**

Les digues sont constituées dans la majeure partie des cas par des matériaux meubles. Le choix de ces matériaux est dicté par des raisons économiques : ils sont souvent disponibles à proximité du lieu de construction et leur coût volumique est réduit comparativement aux autres matériaux.

Les matériaux meubles forment donc en général le corps des digues tandis que d'autres matériaux, par exemple les enrochements et la maçonnerie, sont utilisés en revêtement pour protéger des effets hydrauliques de surface : courant, agitation...

Le coût global de l'ouvrage étant principalement déterminé par les matériaux constituant le corps de l'ouvrage, ce coût augmente approximativement en proportion du volume employé, ou du carré de sa hauteur.

Voyons plus en détail les considérations économiques qui régissent l'emploi de ces matériaux, d'une part dans le corps de l'ouvrage, et d'autre part sur le contour de son profil en travers, c'est à dire sur ses talus, en pied et en crête.

##### **3.3.1.1 Corps de l'ouvrage**

L'emploi des matériaux meubles repose sur deux principes essentiels :

- du point de vue de la stabilité, une résistance à la force de l'eau doit être produite en opposant un poids suffisant,
- du point de vue de l'étanchéité, un chemin hydraulique suffisamment long doit être obtenu pour limiter la circulation de l'eau.

Ces deux principes concourent à utiliser des quantités importantes de matériaux meubles, ce qui leur donne sur le plan économique une grande importance malgré leur coût unitaire réduit.

La recherche de l'étanchéité est souvent plus dimensionnante que la seule recherche de stabilité. Par conséquent, les quantités de matériaux meubles peuvent être optimisées en employant sur des zones bien choisies un matériau moins perméable (palplanches, coulis de ciment et l'argile par exemple) pour former une barrière étanche. Les palplanches ont souvent pour vocation de traiter également les problèmes d'érosion interne au niveau de la fondation, ce qui n'est pas le cas des rechargements.

En complément de l'étanchéité, la maîtrise des écoulements résiduels peut être recherchée par la mise en œuvre d'un matériau drainant pour canaliser des circulations d'eau et maîtriser leur effet.

Qu'il s'agisse de palplanches, de coulis de ciment, d'argile ou de matériaux drainants, leur coût est plus élevé que celui des matériaux de remblais classiques. Souvent ils proviennent de sites d'emprunt ou sont fabriqués en carrières. L'éloignement de ces sites d'approvisionnement influence naturellement leur prix.

Les géotextiles sont utilisés pour créer des filtres entre des couches de granulométries différentes et éviter une déstructuration de l'ouvrage par colmatage des couches drainantes ou érosion interne des matériaux. Le coût des géotextiles est fortement lié à ses performances attendues vis-à-vis des fonctions de filtration, séparation, drainage, renforcement ou de protection, le prix pouvant varier d'un facteur supérieur à 10. Ce coût reste toutefois presque négligeable au regard de l'amélioration sensible des performances de l'ouvrage et de l'augmentation de sa durée de vie.

### **3.3.1.2 Talus, pied et crête d'ouvrage**

Le contour extérieur de l'ouvrage peut être revêtu de différents types de matériaux suivant les contraintes hydrauliques ou du fait de la prise en compte d'autres fonctions : circulation, maintenance...

Dans le cas de contraintes hydrauliques fortes, les techniques actuelles de protection des talus et pieds de digue utilisent préférentiellement les enrochements et le brut de minage. Les techniques historiques privilégiaient la maçonnerie. Sur les digues, la maçonnerie est généralement couverte de terre et végétalisée, ce qui en l'absence de désordre évite tout entretien. Lorsque des désordres apparaissent sur la maçonnerie, ils sont le plus souvent liés à des affouillements sous l'effet des actions hydrauliques. Comme représenté par l'illustration 22, dans ce cas, le mode d'intervention conduit systématiquement à remplacer la maçonnerie dans la partie basse de l'ouvrage par des enrochements, des matelas de gabion ou d'autres matériaux (brut de minage...). Ces techniques sont moins onéreuses que la reconstruction de la maçonnerie.



*Illustration 22 : Intervention sur la partie basse d'un « perré maçonné » – DREAL Centre*

Il n'est pas inutile de rappeler que la quantité d'enrochements à mettre en œuvre en pied de digue côté fleuve est fortement liée à la bathymétrie, il est donc conseillé de réaliser celle-ci au plus tôt afin d'affiner l'estimation des coûts.

Dans le cas de contraintes hydrauliques ordinaires, une couverture végétale peut correspondre à une solution technico-économique optimale. Il doit être noté que la végétation peut avoir dans certains cas des effets positifs et dans d'autres cas des effets négatifs. Les travaux visent généralement à ce qu'elle couvre le sol pour lui apporter une tenue (système racinaire) et une meilleure résistance aux effets climatiques. Par contre la présence de broussailles et d'arbres peut conduire à déstructurer le sol (présence de souche et de grosses racines) et favorise l'implantation d'animaux fouisseurs. La maintenance de la végétation ne se limite pas à la seule emprise de la digue : la présence d'une végétation ligneuse à moins de 5 m de ces ouvrages est généralement à proscrire.

Si l'ensemencement a un coût très faible, la maintenance a un coût bien plus élevé, ce qui, dans la plupart des situations ne remet pas pour autant en cause la justesse de ce choix sur le plan économique (et environnemental) par rapport aux autres revêtements.

### **3.3.2 Analyse du coût des perrés**

Le coût des perrés correspond sensiblement au coût du revêtement dans la mesure où les terrassements ne correspondent qu'à une préparation du terrain pour accueillir ce revêtement.

Les conditions hydrauliques déterminent les types de revêtement qui peuvent être adoptés et par conséquent influent directement sur le coût. Lorsque plusieurs solutions sont envisageables, le choix final dépend non seulement du coût initial mais aussi la pérennité, de la réparabilité et de considérations environnementales, paysagères ou patrimoniales.

Les solutions couramment adoptées sont les suivantes : maçonnerie, enrochements, matelas de gabions, géosynthétique... et pour chacune de ces solutions le dimensionnement peut conduire à des variations importantes sur les coûts. Quelle que soit la technique, le coût de ces ouvrages dépend de la surface couverte et augmente approximativement en proportion de hauteur de la structure.

### **3.3.3 Analyse du coût des murs et ouvrages de soutènement**

Pour les murs de soutènement, il peut être distingué deux éléments dans la composition du coût :

- l'élément principal qui assure la fonction de soutènement,
- le remblai apporté en arrière.

Cette composition du prix conduit à estimer que le coût de l'ouvrage augmente approximativement en proportion du carré de sa hauteur.

#### **3.3.3.1 Élément assurant le soutènement**

Le coût des murs et ouvrages de soutènement dépend principalement du type de structure (mur poids, élément fiché dans le sol travaillant en flexion...) et des matériaux qui le composent.

Le choix de ces techniques dépend :

- des conditions géotechniques et les contraintes de site et de chantier,
- des considérations paysagères et patrimoniales qui peuvent également imposer des prescriptions supplémentaires sur le revêtement extérieur.

#### **3.3.3.2 Remblais**

Si l'élément prépondérant dans le coût des murs et ouvrages de soutènement est la « structure porteuse », les remblais peuvent toutefois représenter une fraction importante du coût car les volumes de remblai peuvent être importants.

L'utilisation de matériaux sélectionnés pour le drainage ou la stabilité peut renchérir le coût du remblai mais peut aussi permettre de limiter les contraintes sur la structure porteuse, ce qui peut avoir un effet positif sur le coût de cette dernière et finalement sur le coût global. (Cette optimisation doit faire l'objet d'études précises pour garantir une marge de sécurité dans la tenue de l'ouvrage quelles que soient les conditions hydrauliques et en tenant compte des évolutions de la structure et des matériaux sur la durée de vie de l'ouvrage.)

### **3.4 Coût des mesures opérationnelles et d'accompagnement**

L'étude du coût des ouvrages ne serait pas complète si elle ne tenait pas compte :

- des mesures « opérationnelles », liées au déploiement et à la gestion du chantier dans son environnement – un aperçu en sera donné en section 3.4.1,
- des mesures d'accompagnement, c'est-à-dire des contraintes induites par les autres usages – un aperçu en sera donné en section 3.4.2.

### 3.4.1 Coût des contraintes opérationnelles

Les coûts d'organisation et d'installation varient en fonction du site et du matériel utilisé. Une intervention sur un dispositif de protection contre les inondations est potentiellement soumise à de fortes contraintes :

- N'oublions pas que, même en phase de travaux, les sites restent soumis au risque inondation. L'organisation du chantier doit tenir compte de ce risque à la fois pour le chantier et pour les enjeux dont la sécurité dépend de l'ouvrage concerné.
- Le chantier doit tenir compte des contraintes relatives :
  - à la protection des résidents (limitation du bruit, des vibrations et de la luminosité qui se traduit potentiellement par des limitations des horaires de travail),
  - à la protection de la nature : préservation des habitats, de la faune, et de la flore, limitation des pollutions de l'air et de l'eau,
  - aux infrastructures de transport et réseaux,
  - aux usages récréatifs (vélo, kayak, pêche...).

Les chantiers ont souvent la particularité de s'étendre sur de longs linéaires, ce qui requiert une organisation des déplacements pour tenir compte des contraintes d'espace.

La plupart des chantiers utilisent un matériel classique de terrassement. Certaines opérations particulières requièrent l'amenée et le montage de matériels lourds très spécifiques, notamment les travaux de réalisation de rideaux de palplanches ou de paroi au coulis. Les illustrations 23 et 24 présentent respectivement une installation de chantier classique et une installation de chantier dédiée à la production de coulis ciment-bentonite dans le cadre du chantier de Limeray en 2010. Dans le cadre de ce même chantier, une attention particulière devait être portée à l'infrastructure routière et à la circulation (mesures de signalisation) comme en témoigne l'illustration 25.



*Illustration 23 : Installation de chantier – DREAL Centre*



*Illustration 24 : Production de coulis – DREAL Centre*



*Illustration 25 : Signalisation - Limeray – DREAL Centre*

### 3.4.2 Coût des mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement peuvent représenter une part importante du montant des marchés de travaux. Ces mesures sont destinées :

- aux dispositifs de gestion de l'eau,
- aux autres usages, notamment la voirie et les réseaux.

Les dispositions spécifiques à la gestion des eaux comprennent des dispositifs permanents (vannes dans l'illustration 26) ou des dispositions techniques destinées à l'accueil de dispositifs temporaires (batardeau dans l'illustration 27).



*Illustration 26 : Vannes – Symadrem*

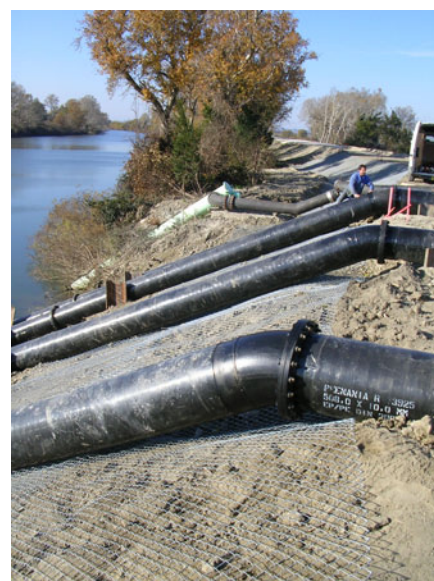


*Illustration 27 : Batardeau – Symadrem*

Les chantiers sont également contraints par des réseaux, les canalisations étant souvent les plus gênantes. Les illustrations 29 et 28 présentent l'intégration de canalisations en crête et en talus.



*Illustration 28 : canalisation en crête – Symadrem*



*Illustration 29 : Canalisation sur talus – Symadrem*



### 3.5 Composition du coût d'une intervention

Avant d'aborder dans le détail le coût des marchés de travaux, il doit être rappelé qu'une opération de travaux (terme parfois abrégé dans la suite en « opération » ou « travaux » ou encore « intervention ») comprend d'autres coûts que ceux des travaux. Ces coûts sont liés :

- aux prestations d'étude et de suivi des travaux : investigations préalables, maîtrise d'œuvre en conception et réalisation, sécurité et protection de la santé... Il sera recherché des estimations basse, moyenne et haute ainsi que les facteurs déterminants permettant de se situer dans ces valeurs.
- aux acquisitions foncières et à d'autres missions, notamment sur les réseaux spéciaux (adduction d'eau potable, réseau électrique, conduite de gaz). Ces coûts sont très spécifiques au contexte et aucune conclusion ne sera tirée des valeurs obtenues.

Un échantillon de huit opérations a été étudié pour se faire une idée plus précise de ces coûts. Le tableau suivant présente les résultats :

	Montant total de l'opération	Montant des marchés de travaux	Part des marchés de travaux	Montant total des prestations d'étude et de suivi	Part des prestations d'étude et de suivi	Foncier	Part du foncier	Autres missions (réseaux...)	Part des autres missions
<b>Opération 1</b>	621 907	499 128	80%	122 780	20%				
<b>Opération 2</b>	2 705 284	2 455 408	91%	249 877	9%				
<b>Opération 3</b>	497 067	473 522	95%	23 544	5%				
<b>Opération 4</b>	320 062	273 675	86%	46 387	14%				
<b>Opération 5</b>	44 577	39 793	89%	4 784	11%				
<b>Opération 6</b>	53 493	45 668	85%	5 511	10%			2 314	4%
<b>Opération 7</b>	1 235 580	952 780	77%	91 440	7%	137 540	11%	53 820	4%
<b>Opération 8</b>	1 815 015	1 365 832	75%	221 345	12%	149 500	8%	78 338	4%
<b>Moyenne</b>			85%		11%		10%		4%
<b>minimum</b>			75%		5%		8%		4%
<b>maximum</b>			95%		20%		11%		4%

*Étude sur huit opérations de la part relative du montant des marchés de travaux et des autres dépenses*

Il résulte principalement de l'analyse de ces opérations que :

- le coût des marchés de travaux représente généralement entre 80 et 95 % du coût total d'une opération ;
- **la part des prestations d'étude et de suivi de travaux oscille entre 5 et 15 %.** Dans un cas exceptionnel (opération menée dans l'urgence), ce pourcentage a atteint 20 %.

La complexité des opérations sont des facteurs qui tendront à accroître la part de ces missions. Dans le cas des missions menées dans l'urgence, il est parfois constaté que, tant pour les travaux que pour les prestations d'étude et de suivi, des écarts plus ou moins conséquents apparaissent avec les règles de l'art. Le contexte de l'urgence ne se prêtant guère aux calculs économiques détaillés, nous ne nous attarderons pas sur ce point.

**En résumé**, le coût initial total des travaux peut être estimé de la façon suivante :

- pour tenir compte des prestations d'études et de suivi, un coefficient multiplicateur **K** peut être appliqué au montant du (ou de ces) marchés de travaux sous réserve que celui-ci (ou ceux-ci) couvre(nt) bien l'ensemble des prestations à considérer. Les valeurs suivantes peuvent être adoptées pour ce coefficient :
  - par défaut 1,1
  - dans le cas de grands projets sans difficulté particulière la valeur peut être réduite à 1,05
  - dans le cas des opérations dans un environnement complexe, la valeur peut être portée à 1,15
- pour tenir compte des **acquisitions foncières et des interventions sur réseaux spéciaux**, une estimation doit être réalisée indépendamment du coût du (ou des) marchés de travaux considéré(s), ce qui se traduit par l'addition de deux coûts supplémentaires  $C_{\text{foncier}}$  et  $C_{\text{réseaux spéciaux}}$ .

**La partie 1 précise la manière dont ce calcul peut s'inscrire dans le calcul du coût global actualisé de la création ou du renforcement d'un ouvrage.**

## **4 Méthodologie relative aux coûts des marchés de travaux**

Il est essentiel d'éclairer le lecteur sur la méthode appliquée pour l'obtention des résultats relatifs aux coûts des marchés de travaux, car c'est le seul vrai moyen d'expliquer ce que les chiffres présentés recouvrent. Cette section présente donc successivement :

- les produits de sortie de l'analyse (valeurs recherchées),
- l'organisation des données d'entrée,
- le mode opératoire de traitement des données,
- la forme de restitution des résultats.

### **4.1 Les produits de sortie de l'analyse**

Les marchés de travaux prennent en compte les contraintes identifiées en section 3.4 (contraintes sur le plan opérationnel et contraintes d'intégration de l'ouvrage dans son environnement). Il est donc important de connaître le coût total du marché en complément des coûts liés à la mise en œuvre des seules techniques de protection contre les inondations. (Rappelons que le coût total des marchés de travaux ne comprend toutefois pas les coûts identifiés dans la section 3.5.)

Par ailleurs une opération comporte rarement la mise en œuvre d'un seul matériau. Pour évaluer correctement le coût d'une opération, il est donc nécessaire de connaître, pour les principaux matériaux, la façon dont leur prix peut varier, en fonction notamment des techniques mises en œuvre. Cette étude a permis de distinguer d'une part des matériaux dont le prix est peu fluctuant et d'autre part des matériaux dont la nature et le mode de traitement induisent d'importantes fluctuations. Ces derniers ont fait l'objet d'études supplémentaires spécifiques.

Pour répondre à ces deux problématiques, l'étude a mis en œuvre des modes d'investigations multiples visant à obtenir :

- les coûts relatifs aux opérations de travaux sur le plan global et sur le plan des principales techniques – approche détaillée en section 4.1.1,
- les coûts relatifs aux matériaux, avec une attention particulière portée aux matériaux de natures et d'emplois variables – approche détaillée en section 4.1.2.

#### **4.1.1 Recherche des coûts des opérations et des techniques**

En plus de la mise en œuvre des matériaux principaux, une opération comporte des coûts induits par les contraintes sur le plan opérationnel et les contraintes d'intégration de l'ouvrage dans son environnement (cf. section 3.4).

Il apparaît donc pertinent d'opter pour deux approches complémentaires (cf. Illustration 30) :

- l'une portant sur le montant total du marché de travaux,
- l'autre portant sur le coût de la (ou des) techniques étudiées.

Montant total du marché Unité : €/ml HT		
<b>Coût technique n°1</b>  Exemple : Terrassement, Unité : €/m <sup>3</sup>	<b>Coût technique n°2</b>  Exemple : Enrochement, Unité : €/T	<b>Coûts annexes :</b>  Installation, Accès, Ouvrages traversants, Signalisation, ...

*Illustration 30 : Composition du coût dans le cas de deux techniques identifiées*

Dans le cadre de la première approche, il est recherché un coût au mètre linéaire. Le coût pris en compte pour cette estimation est le coût total.

Dans le cadre de la seconde approche, il est recherché un coût unitaire qui est propre à la technique considérée : coût au mètre cube de terrassement, coût à la tonne d'enrochement, coût au mètre cube de béton... Parfois un coût au mètre carré peut aussi être recherché, notamment dans le cas des parements ou des écrans. Ce coût unitaire intègre l'ensemble des coûts intrinsèquement liés à la technique. Par exemple :

- pour les palplanches, seront pris en compte la fourniture, la mise en fiche, le battage et le recépage des palplanches,
- pour le béton seront pris en compte le coffrage, la fourniture et la mise en œuvre du béton. S'il s'agit d'un béton armé, s'ajoutent notamment la fourniture, le façonnage des armatures, leur calage dans le coffrage.

## 4.1.2 Recherche des coûts des matériaux

### 4.1.2.1 Correspondance des coûts des matériaux et des techniques

**Certains matériaux sont généralement employés suivant un mode de mise en œuvre variant relativement peu d'une opération à une autre. Il s'agit du béton et des palplanches, des enrochements, des matériaux de remplissage des gabions, du brut de minage et du coulis de ciment.**

Schématiquement, ces matériaux sont produits, transportés et mis en œuvre sans que des opérations particulières viennent compliquer la lecture des coûts. Si l'on observe ces matériaux au travers de toutes les branches du génie civil, il apparaît que la nature et la qualité de ces matériaux peuvent varier sensiblement. Néanmoins, dans le cadre des ouvrages de protection contre les inondations, les caractéristiques requises n'engendrent pas trop de variation. Pour ces matériaux, fort heureusement, l'approche précédente portant sur les dépenses liées aux techniques peut permettre de préciser suffisamment les coûts associés, ceux-ci étant directement associés aux techniques. L'analyse détaillée par type d'ouvrages et de travaux apporte les commentaires nécessaires pour situer le lecteur dans la fourchette des coûts.

**D'autres matériaux, par contre, classés en premier abord pour des raisons pratiques sous une même appellation, regroupent en réalité des éléments de natures diverses et il apparaît également que leur emploi peut être très variable. Il s'agit :**

- des **matériaux meubles et autres matériaux de terrassement** très utilisés dans les digues,
- des **maçonneries** très présentes sur les perrés et ouvrages de soutènement.

Deux études particulières ont donc été menées pour déterminer les coûts associés à ces matériaux suivant leurs natures et leurs emplois. Ces études ont permis dans leurs domaines respectifs de déterminer la part que représentaient ces types de travaux par rapport au coût global et les coûts associés aux prestations spécifiques.

#### **4.1.2.2 Étude particulière aux terrassements**

Il apparaît que dans le domaine fluvial les matériaux meubles sont très utilisés dans les ouvrages les plus répandus, à savoir les digues et que, de plus, ils représentent la majeure partie du coût de ces ouvrages. Il était donc indispensable de traiter ce sujet de façon approfondie, en tenant compte des points suivants :

- un matériau donné est susceptible d'être manipulé à plusieurs reprises au cours d'un chantier et que chaque opération élémentaire (déblai, remblai) a un coût propre,
- bien souvent, des matériaux non appropriés sont évacués et des matériaux sélectionnés sont importés,
- les opérations d'évacuation et d'apport influent considérablement sur le coût global de l'opération...

Pour mieux orienter le lecteur, tel que représenté par l'illustration 31, il a été distingué :

- les matériaux manipulés lors des opérations de préparation de terrain, avec le classement suivant :
  - débroussaillage,
  - décapage,
  - déblais,
  - évacuation des matériaux,
- les matériaux manipulés lors des opérations de remblais et d'aménagements de surface, avec le classement suivant :
  - les remblais avec des matériaux provenant du site,
  - les remblais avec des matériaux provenant de zones d'emprunt ou de carrières,
  - les géotextiles anti-contaminants ou biodégradables,
  - la terre végétale et l'ensemencement.

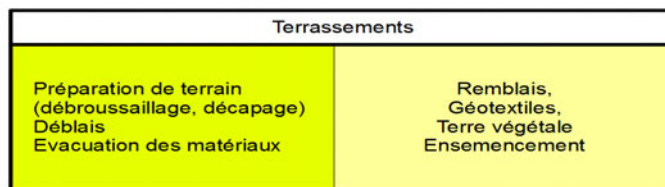


Illustration 31 : Typologie des terrassements

Naturellement dans certains cas ce sont bien les mêmes matériaux qui sont traités en déblais puis remblais. (Pour autant, comme précisé dans les conventions, les volumes s'ajoutent au niveau du décompte des quantités.)

Cette étude a été menée sur les digues et il a été vérifié *a posteriori* que les conclusions étaient aussi valables pour les autres types d'ouvrages.

#### 4.1.2.3 Étude particulière aux maçonneries

La conception des maçonneries peut être très variable et les traitements peuvent être très différents. Il a donc été distingué les prestations suivantes :

- construction avec matériaux fournis,
- reconstruction avec matériaux réemployés,
- rejointoiement,
- ragréage de cavités,
- injections de fissures.

Cette étude est menée sur les perrés et les ouvrages de soutènement qui sont les seuls types d'ouvrage pour lesquels des travaux de maçonnerie ont été recensés.

## 4.2 Organisation des données d'entrée

L'analyse repose sur une classification des interventions. Cette classification est effectuée par trois aiguillages :

- premier aiguillage suivant la typologie des ouvrages,
- deuxième aiguillage suivant les secteurs de l'ouvrage affectés par les travaux : corps, talus, pied de talus, crête voire l'ensemble de l'ouvrage,
- troisième aiguillage suivant les matériaux et les techniques employées : remblais, enrochement, béton...

Ces trois aiguillages orientent donc les opérations recensées vers des tableaux consacrés à un type d'intervention, tableaux dans lesquels chaque opération recensée occupe une ligne. Ces tableaux sont placés en annexes A, B et C.

### 4.2.1 Premier aiguillage : type d'ouvrage

Le premier aiguillage dépend directement de la typologie des ouvrages. Les informations livrées précédemment sur leurs caractéristiques (cf. Partie 3) sont suffisantes pour franchir cette étape.

### 4.2.2 Second aiguillage : type d'opération

Le second aiguillage porte sur les parties ou « secteurs » du profil en travers affectés par l'intervention :

- lorsque l'opération intéresse l'ouvrage dans sa globalité, il s'agit :
  - de construction, de reconstruction (termes employés lorsque l'on construit ou reconstruit sur le terrain nu),
  - ou de réfection ou restructuration (termes employés lorsque tous les composants sont affectés mais sans destruction totale de l'ouvrage),
- lorsque l'opération touche le corps de l'ouvrage, ses talus, les pieds de talus ou la crête, il s'agit de réparer ou renforcer ces parties de l'ouvrage.

Cette classification répond au fait que suivant les ouvrages, la composition varie et que, du fait de ces variations, il n'est possible de se référer qu'à la forme générale de l'ouvrage et non à ses composants.

### 4.2.3 Troisième aiguillage : type d'intervention

Le troisième aiguillage répond au fait que les interventions sur un secteur donné peuvent être de plusieurs types car différents matériaux et différentes techniques peuvent être mis en œuvre. Ce troisième aiguillage donne lieu à des arbitrages car dans de nombreux cas, plusieurs techniques sont mises en œuvre mais seules certaines d'entre elles prennent une part significative dans le coût de l'opération.

Pour réaliser cet arbitrage, les pourcentages de coûts correspondant à l'installation de chantier et aux différentes techniques ont été calculés, ce qui permet d'apprécier quels sont les postes principaux et d'arbitrer ainsi sur l'attribution d'une opération à un type d'intervention.

## 4.3 Mode opératoire de traitement des données

Ci-après sont présentés les dispositions « mécaniques » adoptées pour garantir un traitement rigoureux de l'information. Il s'agit de préciser :

- les conventions utilisées pour l'analyse,
- les règles d'actualisation des prix,
- les données enregistrées et les données issues des calculs.

Il doit être souligné tout d'abord que **tous les prix sont exprimés en euros et hors taxes**. Ils ont été actualisés à la valeur de mars 2011.

### 4.3.1 Conventions utilisées pour l'analyse

Il est important de noter la définition des coûts unitaires utilisés afin d'avoir une compréhension juste des quantités auxquelles ils se réfèrent.

- les coûts des **palplanches** sont exprimés par mètre carré et prennent en compte tous les postes relatifs aux palplanches, hors prix d'amenée du matériel (en complément le prix d'installation de chantier a été relevé, ceci afin de pouvoir faciliter l'expression des coûts en une part fixe et une part variable).
- Les coûts des **parois étanches en coulis de ciment** sont exprimés par mètre carré.
- Les coûts du **béton et des gabions** (à distinguer des matelas de gabion) sont exprimés par mètre cube « tout compris » : fourniture, transport, coffrage et mise en œuvre,
- les coûts des **matelas de gabion** sont exprimés par mètre carré mais les analyses mettent en lumière les variations suivant l'épaisseur du matelas.
- Les coûts des **enrochements** et du brut de minage sont exprimés par tonne et comprennent leur fourniture, leur transport et leur mise en œuvre. Est prise en compte la masse présente *in fine* dans l'ouvrage. (Lorsqu'une quantité importante d'enrochement est réutilisée sur place, ce point est mentionné.)
- **Le coût des terrassements au mètre cube est calculé comme un coût moyen pour tous les mouvements de matériaux en déblais et en remblais.** Pour déterminer ce volume, il faut considérer l'ouvrage comme un système dans lequel entrent et sortent des matériaux, chaque mouvement d'entrée ou de sortie étant comptabilisé et valorisé. **Le volume pris en compte n'est donc pas le volume de matériau présent *in fine* dans l'ouvrage.** L'étude spécifique sur les terrassements précise la signification des coûts observés sur les diverses prestations couramment rencontrées,
- Pour la **maçonnerie**, les coûts volumiques ou surfaciques peuvent comprendre des prestations très variées : réfection avec réutilisation ou sans réutilisation des matériaux, simple rejointoiement ou rejointoiement avec ragréage des cavités et injections de fissures
  - Dans le cas de la réfection, la surface concernée est naturellement prise en compte.
  - Dans le cas du rejointoiement, qu'il s'accompagne ou non de ragréage ou d'injection, la surface de rejointoiement est prise en compte pour l'ensemble.

L'étude spécifique sur les maçonneries (cf. partie 10) précise la signification des coûts observés sur ces prestations très variées.



### 4.3.2 Actualisation des prix

Les prix sont actualisés à l'aide de l'indice TP02 relatif aux ouvrages d'art en site terrestre, fluvial et maritime. La formule d'actualisation est :

$$P_f = P_0 * ITP_f / ITP_0$$

avec

$f$  = mois de référence (mars 2011)       $P$  = prix

$0$  = mois des travaux       $ITP$  = indice travaux publics

### 4.3.3 Données enregistrées et données issues des calculs

Un tableau d'analyse est consacré à chaque type d'intervention. Dans ce type de tableau, chaque ligne est consacrée à une opération.

Les tableaux comprennent en moyenne 30 entrées qui donnent leurs noms aux colonnes. Les colonnes sont remplies de gauche à droite suivant qu'elles intéressent :

- l'identification et les caractéristiques principales de l'opération,
- les prix et leur actualisation, les prix unitaires,
- l'analyse (observations et calculs de pourcentages destinés à apprécier les fractions de coût que représentent les différentes techniques).

Voici en exemple les entrées de la base de données pour une intervention de reconstruction d'une digue en terre.

#### L'identification et les caractéristiques principales de l'opération

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Surface totale en matelas de gabion (m <sup>2</sup> )	Volume total de déblais et remblais (m <sup>3</sup> )
FD13370(2)	Mallemort (13)	SMAVD	Reconstruction	DGD	1000	4	996	70512

**L'identifiant (Id)** est composé de deux lettres et de cinq chiffres avec éventuellement un chiffre supplémentaire entre parenthèse.

La première lettre F ou M correspond au domaine fluvial (F) ou maritime (M). Le présent rapport correspond au volet fluvial de l'étude et ne se réfère donc qu'à des interventions fluviales.

La seconde lettre désigne le type d'ouvrage concerné par l'opération : digue (D), épi (E), bassin de rétention et d'infiltration (B), perré (P), mur et ouvrage de soutènement (S).

Les cinq chiffres correspondent au code postal de la commune où se sont déroulés les travaux. Lorsque plusieurs opérations portant sur le même type d'ouvrage apparaissent dans une commune, un chiffre est ajouté entre parenthèse pour les distinguer.

Par exemple le code FD13370(2) a la signification suivante :

- F=fluvial ;
- D=digue ;
- 13370 : Mallemort ;
- (2) : deuxième opération sur ce type d'ouvrage dans la commune.

Les colonnes **Lieux et départements** et **Maître d'ouvrage** n'appellent pas de commentaires particuliers.

La colonne **Travaux** indique l'intitulé de l'opération. La classification est effectuée suivant le type d'ouvrage, la partie concernée par les travaux et les types d'interventions.

En complément il a paru utile dans cette colonne d'indiquer s'il s'agissait de :

- Construction : un ouvrage neuf est créé sans qu'il soit nécessaire d'intervenir sur un ouvrage existant.
- Reconstruction : un ouvrage neuf est créé mais en démolissant un ouvrage ancien avec ou sans réutilisation des matériaux.
- Réfection et restructuration : un ouvrage existant subit une intervention affectant l'essentiel de sa structure, en général avec réutilisation en tout ou partie des matériaux en place.
- Confortement ou renforcement : intervention sur un ouvrage existant, souvent par addition de matériaux.
- Réparation : intervention sur un ouvrage endommagé visant à restaurer l'état antérieur à l'endommagement.
- Entretien : maintenance d'un ouvrage en bon état de façon à ce qu'il conserve sa fonction.

La colonne **Source** précise le type de document d'où ont été extraits les coûts : par ordre de préférence, le Décompte Général Définitif (DGD), le Détail Estimatif (DE) de l'offre retenue, parfois mentionné comme « marché ». Lorsqu'un avenant a été passé, le détail estimatif en résultant a été préféré au détail estimatif initialement inclus dans le marché.

Les colonnes suivantes présentent les **dimensions ou quantités caractéristiques de l'intervention**. Leur nombre et leurs intitulés varient en fonction des opérations mais les deux premières colonnes indiquent toujours la longueur et la hauteur sur lesquelles s'effectuent les opérations (et qui peuvent être différentes des longueur et hauteur de l'ouvrage considéré).

## Les prix, leur actualisation et les prix unitaires

Montant total HT	Montant total HT matelas de gabion	Montant total HT déblais & remblais	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Montant total HT mars 2011	Montant total HT matelas gabion mars 2011	Montant total HT déblais & remblais mars 2011	Coût linéaire global (€/ml HT mars 2011)	Coût unitaire matelas de gabion (€/m <sup>2</sup> HT mars 2011)	Coût unitaire déblais & remblais (€/m <sup>3</sup> HT mars 2011)
315614,68	20912,85	158432,14	2010 avr	655,8	680,4	327454	21697,32	164375,16	327,45	21,79	2,33

Le coût de l'opération globale et les coûts associés aux différentes techniques sont enregistrés puis actualisés. Les coûts unitaires sont obtenus par division des coûts actualisés par la quantité correspondante.

Tous ces prix sont exprimés en euros (valeur mars 2011) et hors taxes.

## Autres éléments destinés à la conduite de l'analyse

Observations	Prix installation de chantier HT mars 2011	% installation chantier	% matelas de gabion	% déblais-remblais	% cumulé
aménagement d'une piste et pose d'équipements (buse diamètre 800 et glissière de sécurité)	53940,11	16%	7%	50%	73%

Lors de l'étude des dossiers d'opération, la colonne **Observations** permet de noter les éléments spécifiques influant sur les prix : ouvrages associés à l'ouvrage principal, opération fragmentée sur plusieurs sites, matériau particulier ou difficulté technique particulière...

Le **prix d'installation de chantier** est toujours intéressant à noter car il représente la part fixe d'une opération et peut correspondre à une fraction importante du coût. D'autres informations, telles que la **blocométrie** et le **tonnage utilisé au mètre linéaire** sont mentionnées ou calculées le cas échéant.

Enfin les **pourcentages de coûts** correspondant à l'installation de chantier et aux différentes techniques sont indiqués, ainsi que le cumul de ces pourcentages, ce qui permet d'apprécier la façon dont les postes principaux couvrent le total du coût de l'opération.

## **4.4 Forme de la restitution des résultats**

### **4.4.1 Ordonnancement des résultats de l'analyse**

Les coûts observés sur les opérations sont restitués sous la forme de tableaux synthétiques affichant les valeurs basses, moyennes et hautes.

En complément des fourchettes de coûts présentées, des commentaires sont apportés pour une bonne compréhension des chiffres, ce qui se traduit en termes de présentation par :

- des tableaux synthétiques donnant une lecture immédiate des coûts unitaires des ouvrages,
- un volet de présentation détaillée pour les lecteurs soucieux d'obtenir une plus grande précision dans leurs estimations.

Dans le but d'orienter l'utilisateur et de faciliter les références entre les tableaux synthétiques et les présentations détaillées, trois parties sont dédiées respectivement :

- aux digues (partie 5),
- aux perrés, murs et ouvrages de soutènement (partie 6),
- aux épis et dispositifs de rétention (partie 7).

Les digues étant des ouvrages largement prédominants dans le domaine fluvial, elles sont isolées dans la définition des groupes. Ainsi des parties de tailles équilibrées ont été créées.

Par ailleurs ces coûts observés font l'objet de présentations croisées en partie 8 pour répondre au fait :

- qu'une même technique peut être utilisée sur plusieurs types d'ouvrages et sur plusieurs secteurs (corps, pied, talus, crête...),
- que plusieurs techniques peuvent répondre à une problématique commune (par exemple : étanchéité ou protection contre l'érosion).

Enfin les coûts observés sur les terrassements et les maçonneries font l'objet de présentations détaillées respectivement en parties 9 et 10.

### **4.4.2 Les chiffres retenus et leur expression**

Quelle que soit la valeur recherchée, le degré d'incertitude sur les chiffres retenus est exprimé en donnant systématiquement trois coûts actualisés : minimum, moyen et maximum. Pour la lecture des tableaux, les symboles suivants sont adoptés :

CAMini = coût actualisé minimum

CAMoy= coût actualisé moyen

CAMaxi = coût actualisé maximum

L'analyse est menée dans le but de restituer les fourchettes des coûts réellement observés, c'est à dire en n'écartant que très exceptionnellement des valeurs. (Une valeur n'est écartée que si un facteur particulier a été identifié.) Les tableaux synthétiques peuvent donc faire apparaître dans certains cas un rapport de 1 à 10 entre le minimum et le maximum.

Lorsque des écarts sensibles existent entre un minimum et un maximum, les facteurs explicatifs sont recherchés. Ils sont retranscrits dans l'analyse détaillée qui donne ainsi des clefs pour apprécier plus précisément le coût d'une opération suivant ses caractéristiques propres.

### 4.4.3 Les facteurs explicatifs explicites et implicites

L'analyse d'un vaste ensemble d'opérations nécessite une approche systématisée, c'est à dire l'adoption de cadres d'analyse valables pour des groupes d'opérations. Cette systématisation conduit donc à porter l'effort d'investigation sur les « dénominateurs communs » aux opérations. Cependant tous les facteurs intervenant dans la définition des coûts ne peuvent être pris en compte de manière exhaustive pour chaque type d'intervention. Cette section renseignera le lecteur sur ce qui a pu être intégré dans l'analyse et ce qui n'a pas pu l'être.

#### 4.4.3.1 Des facteurs explicites

Sur les coûts linéaires et surfaciques des ouvrages, **les dimensions** des ouvrages sont un facteur prépondérant. La recherche des dimensions des ouvrages a été menée de façon systématique et la relation du coût avec les dimensions est souvent apparue très clairement.

**La composition, voire le dimensionnement** des ouvrages ont également été recherchés, par exemple le type et l'épaisseur des revêtements, la taille des blocs d'enrochement...

Les projets nécessitent souvent de créer des **ouvrages annexes** correspondant à la gestion des écoulements (buse, vanne...) ou à d'autres usages, des infrastructures de transport et des réseaux notamment. Ces éléments ont été identifiés et un tri a été effectué pour que ces ouvrages ne soient pas pris en compte dans la recherche du **coût des techniques**. Par contre il a semblé pertinent de les prendre en compte dans le coût de l'opération globale pour refléter au mieux le **coût total** observé sur une opération de travaux.

**La disponibilité des matériaux et l'accès au site** sont des facteurs prépondérants sur les coûts volumiques et massiques des matériaux. Ces facteurs ont pu être recherchés d'une manière générale. De plus, l'étude des techniques et les analyses particulières menées sur les terrassements et les maçonneries apportent des éléments destinés à mieux appréhender ces coûts.

#### 4.4.3.2 Des facteurs implicites

Quels que soient les coûts unitaires considérés la nature du sol et les contraintes hydrauliques exercent une influence certaine dans le coût d'une opération. Dans l'absolu, ces éléments conditionnent même souvent la nécessité de procéder à une intervention. Cependant ces facteurs n'ont pu être pris en compte qu'implicitement : l'impossibilité pour chaque opération recensée de connaître précisément les caractéristiques du sol et les contraintes hydrauliques ne permet pas en effet de déterminer leur influence sur les coûts. L'utilisateur de cette étude doit donc avoir apprécié par lui-même les dispositions techniques qui répondent à ces contraintes pour que le présent document puisse l'aider à en préciser le coût.

Il faut être conscient par ailleurs que des facteurs de natures diverses interviennent dans la définition des coûts sans que l'étude puisse prétendre les appréhender. Il nous semble important de bien préciser que les éléments ci-dessous ont une grande influence sur les coûts et sont souvent eux-mêmes en interaction. On peut distinguer :

- d'une part les facteurs liés à l'organisation et au contexte économique :
  - modalités de consultation,
  - situation concurrentielle des entreprises et conjoncture économique,
  - cours des matières premières,
  - optimisation des moyens et des fournitures (une entreprise de travaux peut dans certains cas faire bénéficier le chantier considéré de ses opérations en amont ou en aval),
  - opportunités dépendant des offres de ses fournisseurs,
  - ...
- d'autre part les facteurs liés aux conditions matérielles :
  - caractéristiques attendues des matériaux (ce qui peut amener à optimiser les coûts en jouant sur les performances mécaniques et les quantités, par exemple),
  - méthodologie de pose,
  - coût de transport (distance des carrières pour les enrochements notamment),
  - volumes commandés,
  - possibilité de recourir à des matériaux de réemploi,
  - choix de la période d'intervention,
  - coûts d'immobilisation dus aux intempéries,
  - ...

On notera qu'un certain nombre des paramètres ci-dessus sont liés au projet et au contexte local, d'autres sont liés au cadre économique général.

## 5 Coûts observés sur les digues

En préalable de l'utilisation de cette partie, il est recommandé de prendre connaissance de la partie 3 Composition des ouvrages et autres facteurs influençant les coûts d'intervention et de la partie 4 Méthodologie relative aux coûts des marchés de travaux.

### 5.1 Synthèse des coûts observés sur les digues

Les tableaux de synthèse ci-après présentent les interventions suivant qu'elles concernent l'ensemble de la structure (construction, reconstruction, réfection) ou seulement un secteur (corps, talus, pied de talus, crête).

Les coûts linéaires correspondent aux coûts globaux tandis que les coûts surfaciques, volumiques et massiques se rapportent aux matériaux et aux techniques.

Tous les prix sont exprimés en euros et hors taxes. Le mois de référence est mars 2011.

Travaux de construction, re construction, réfection					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Construction neuve - Terrassement avec végétalisation	1	1700 (hauteur moyenne 2,8m, milieu urbain)	NA	NA	NA
Reconstruction réfection - Terrassement avec végétalisation (matelas de gabion en option)	7	190<360<680 (hauteurs comprises entre 2 et 4m)	22<38<49 (matelas de gabion épaisseur de 0,10 à 0,30m)	2<5<9 (terrassement)	NA
Reconstruction réfection - Terrassement avec enrochement	5	600<800<1000 (hauteurs comprises entre 1,5 et 5m)	NA	1<5<10 (terrassement)	26<33<40 (enrochement)
		1000<1500<2000 (hauteurs comprises entre 5 et 8m)			
		2000<2500<3000 (hauteurs comprises entre 8 et 10m)			

Travaux sur le corps de l'ouvrage					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Battage de palplanches	2	600<750<900 (hauteurs comprises Entre 3 et 4m)	100<140<180 (hauteurs comprises entre 3 et 13m)	NA	NA
	7	900<1700<2300 (hauteurs comprises Entre 7,5 et 13m)			
Paroi étanche (coulis de ciment)	2	410<440<460 (hauteurs comprises entre 5 et 7m)	50<56<62 (hauteurs comprises entre 5 et 7m)	NA	NA
	1	1800 (hauteur de 10,5m)	90 (hauteur de 10,5m)	NA	NA

Travaux sur le talus					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Terrassement et végétalisation	7	300<450<610 (hauteurs comprises Entre 2,5 et 8m)	NA	7<11<19 (terrassment)	NA
Terrassement et végétalisation pour reprise ponctuelle de talus	3	20<36<60	NA	4<9<15 (terrassment)	NA
Enrochement et pose éventuelle d'un matelas de gabion	5	220<760<1100 (hauteurs comprises Entre 3,5 et 5m)	30 (matelas de gabion, épaisseur 0,30m)	NA	22<32<46 (enrochement)
Terrassement et enrochement	13	220<1000<2000 (hauteurs comprises Entre 3 et 6m, enrochement de 5 à 36/ml)	NA	6<9<15 (terrassment)	15<20<26 (enrochement)

Travaux sur le pied de talus					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Brut de minage	25	250<640<1000 (longueur traitée comprise entre 100 et 1000m)	NA	NA	5<10<14 (brut de minage)
		1300<1900<2400 (longueur traitée inférieure à 100m)	NA	NA	
Terrassement et enrochement	6	420<630<970 (entre 13 et 20t d'enrochement par ml)	NA	8<11<13 (terrassment)	11<15<20 (enrochement)
Gabion (côté val)	2	500<1000<1500 (hauteur des gabions 2m)	NA	140<170<200 (gabion)	NA
				20 (matériaux d'apport sélectionnés pour remblai)	
Béton armé (côté val)	1	660 (hauteur du soutènement 2m)	15 (béton projeté)	450 (béton armé)	NA
Palplanches	6	1200<1500<1800 (hauteur comprise entre 7 et 12m)	220<235<250 (linéaire traité compris entre 150 et 200m)	NA	NA
			125<150<175 (linéaire traité compris entre 200m et 600m)	NA	NA



Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
réfection piste type 1 (superficiel)	11	2<4<7	0,5<1<2	NA	NA
réfection piste type 2 (sur 10 à 15cm)	9	10<12<13	3<3,5<4	NA	NA
réfection piste type 3 (sur 30 à 40cm)	5	30<53<75	7<10<11	NA	NA

## 5.2 Détail des coûts observés sur les digues

### 5.2.1 Construction

On ne dénombre qu'une seule opération de création sur un terrain vierge : la création de la digue au nord d'Arles.

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)	Observations
Terrassement et végétalisation (dispositif de filtre et drainage)	1	1700	Une opération de construction neuve de hauteur moyenne 2,8m en milieu urbain.

Cette opération de construction neuve de longueur 1 130 m et de hauteur moyenne 2,8 m présente un coût de 1700 €/ml. Ce coût est nettement plus élevé que ce qui est observé sur les opérations de reconstruction ou de réfection présentées à la suite. Ce coût élevé s'explique :

- par l'apport de matériau,
- par l'implantation en milieu urbain de l'ouvrage, ce qui implique l'intégration des voiries et des multiples réseaux,
- par le choix des dispositions techniques adoptées : clef d'ancrage dans le sol, filtre, drain.

À noter que cette opération a également fait l'objet de multiples mesures complémentaires de ressuyage.

L'illustration 32 présente l'implantation de la digue au Nord d'Arles et les mesures de ressuyage qui l'accompagnent.

L'illustration 33 présente une coupe-type de l'ouvrage.

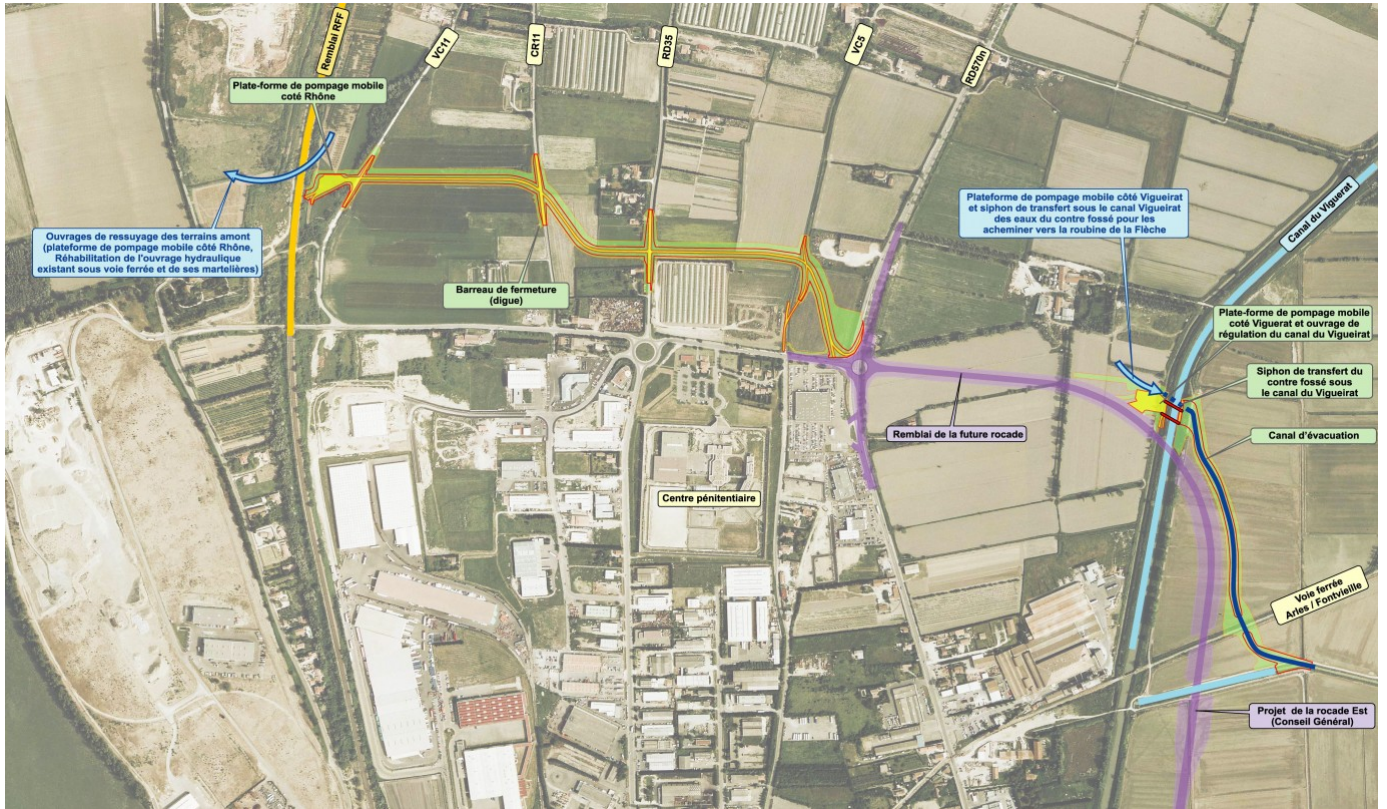


Illustration 32 : Digue d'Arles – Symadrem

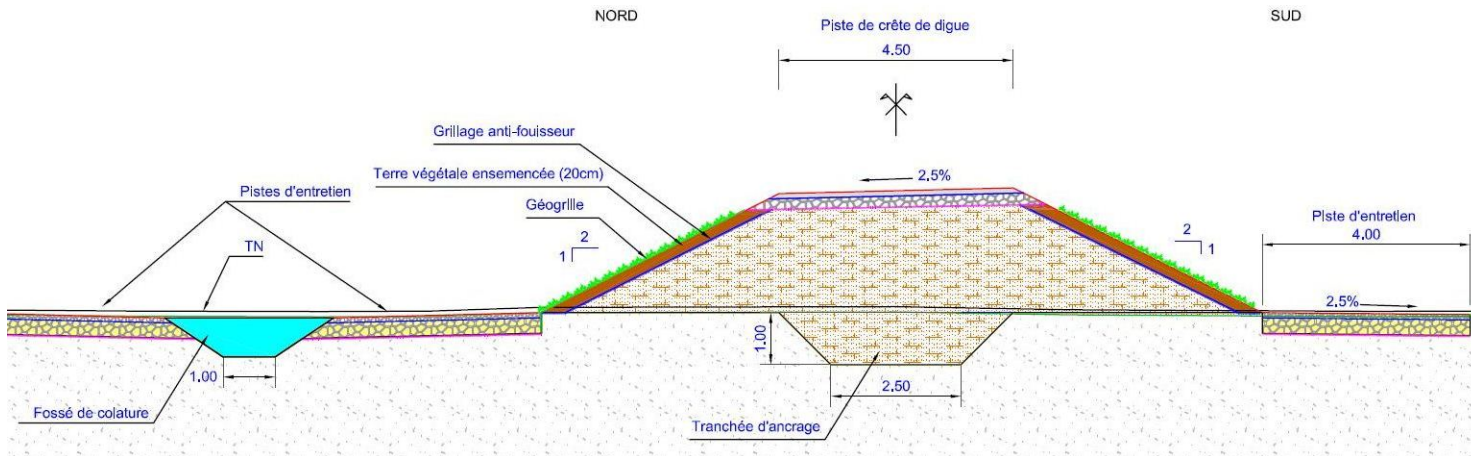


Illustration 33 : Coupe type de la digue d'Arles – Egis Eau

L'illustration 34 et l'illustration 35 présentent les travaux de réalisation de la digue.



*Illustration 34 : Travaux de construction de digue – Terrassement – Symadrem*



*Illustration 35 : Construction de digue – Vue aérienne – Symadrem*

Pour cette opération particulière, il est intéressant de noter que le montant du marché de travaux pour la création de la digue est de 1 925 000 € mais qu'à ce montant se rajoutent :

- les acquisitions foncières,
- les mesures compensatoires,
- et les prestations de maîtrise d'œuvre et de coordination sécurité.

Le montant total des travaux sur la digue et de ces prestations supplémentaires s'élève à 5 419 400 €.

À ce total s'ajoutent encore 350 000 € d'étude de diagnostic et d'avant-projet ainsi que les études réglementaires.

## 5.2.2 Reconstruction et réfection

On distingue deux types d'interventions en reconstruction ou réfection :

- terrassement et végétalisation (matelas de gabion en option),
- terrassement et enrochement.

### 5.2.2.1 Terrassement et végétalisation (matelas de gabion en option)

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Terrassement et végétalisation (matelas de gabion en option)	7	190<360<680 (hauteurs comprises entre 2 et 4m)

Dans les sept opérations recensées, le coût linéaire sur ces digues en remblais dépend de leurs dimensions (variant entre 2 et 4 mètres de hauteur) et des coûts unitaires des matériaux mis en œuvre. Les prix varient suivant ces deux facteurs entre 190 et 680 €/ml.

Les terrassements représentent une part comprise entre 25 et 50 % et les matelas de gabion une part très variable (entre 3 % et 30 %).

Par ailleurs, ces opérations comprennent généralement des dispositifs de drainage et l'aménagement d'une piste en crête, ce qui représente une fraction importante du coût (de l'ordre de 25 %).

À noter qu'un simple merlon de terre de moins d'un mètre pourrait aussi être considéré comme une digue. Le coût linéaire observé sur un tel ouvrage utilisant un matériau argileux est de moins de 75 €/ml.

#### Terrassements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	7	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	2<5<9

Le prix au m<sup>3</sup> de matériau déplacé (apport, déblais, remblais et évacuation) varie entre 2 et 9 €/m<sup>3</sup>. Pour mieux apprécier les coûts des terrassements, se référer à l'analyse spécifique correspondante en partie 9.



*Illustration 36 : Chantier de terrassement – Institution Adour*



*Illustration 37 : Digue de Hastings – Institution Adour*

#### Matelas de gabion :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
Matelas de gabions	4	surface couverte (m <sup>2</sup> )	22<38<49 (épaisseur entre 0,10 et 0,30m)

Quatre opérations utilisent des matelas de gabion dont le coût est compris entre 22 et 49 €/m<sup>2</sup>. L'écart s'explique par les épaisseurs de gabion mise en œuvre :

- Pour une opération mettant en œuvre une épaisseur de 0,10 m, le coût surfacique est de 22 €/m<sup>2</sup>.
- Pour les opérations mettant en œuvre une épaisseur de 0,20 m à 0,30 m, le coût varie entre 32 et 49 €/m<sup>2</sup>.

L'illustration 49 présente la mise en œuvre de gabion dans le cadre d'une opération de travaux de confortement d'un talus.

### 5.2.2.2 Terrassement et enrochement

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Terrassement et enrochement	3	600<800<1000 (hauteurs comprises entre 1,5 et 5m)
	0	1000<1500<2000 (hauteurs comprises entre 5 et 8m)
	1	2000<2500<3000 (hauteurs comprises entre 8 et 10m)

Les opérations recensées sont des opérations de reconstruction ou réfection (pas de construction).

Le prix au mètre linéaire dépend des dimensions de l'ouvrage et la taille des enrochements employés joue également un rôle, notamment par le fait que la taille des enrochements a une incidence sur l'épaisseur des couches, et donc sur les quantités de matériau mises en œuvre au mètre linéaire.

En se basant sur le premier facteur, la hauteur de l'ouvrage, on peut considérer que :

- la réfection d'une digue dont la hauteur est comprise entre 1,5 et 5 m a un coût compris entre 600 et 1000 €/ml. Dans les exemples rencontrés les tonnages d'enrochement sont faibles (3 à 4 t/ml),
- la réfection d'une digue de hauteur comprise entre 8 et 9 m revêtue de gros enrochements présente un coût compris entre 2000 et 2500 €/ml. Dans les exemples rencontrés les tonnages d'enrochement sont élevés (50 à 60 t/ml),
- à partir des chiffres précédents, on peut estimer que la réfection d'une digue revêtue d'enrochement dont la hauteur est comprise entre 5 et 8 m présente un coût compris entre 1000 et 2000 €/ml.

Les exemples relevés présentent des quantités de terrassement et d'enrochement variables, la fraction de coût attribuable à ces deux postes variant de 15 % à 60 %.

#### Terrassements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	5	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	1<5<10

Le coût observé sur les terrassements est compris entre 1 et 10 €/m<sup>3</sup> déplacé. Pour mieux apprécier les coûts des terrassements, se référer à l'analyse distincte produite en partie 9.

#### Enrochements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût massique (€/t)
enrochement	5	masse mise en œuvre (t)	26<33<40

Le coût des enrochements est relativement stable : de 26 à 40 €/t (moyenne à 33 €/t).



Illustration 38 : Travaux d'enrochement – Institution Adour

### 5.2.3 Travaux sur le corps d'ouvrage

Dans les opérations recensées, les travaux sur le corps de l'ouvrage s'apparentent à la création de parois étanches par la mise en œuvre de palplanches ou de coulis de ciment/bentonite. D'autres techniques sont en cours de développement, notamment le mélange de sol en place. Les coûts de ces techniques ne sont pas connus pour des chantiers classiques, il en sera toutefois donné un aperçu en fin de section.

#### 5.2.3.1 Mise en œuvre de palplanches

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)	Observations
Palplanches	2	600<750<900 (hauteurs comprises entre 3 et 4m)	Linéaires compris entre 250 et 1000m
	7	900<1700<2300 (hauteurs comprises entre 7 et 13m)	Linéaires compris entre 170 et 15000m. Une valeur plus élevée de 5250€/ml liée à un linéaire limité à 60m et une hauteur de 13,5m.

Deux facteurs déterminants apparaissent dans la variation des prix : la hauteur de palplanches et la longueur de l'ouvrage. Si l'on décide de mener l'analyse à un premier niveau sur le facteur « hauteur », les écarts restent relativement importants et peuvent s'expliquer par l'augmentation de l'impact du coût d'installation de chantier (sensiblement constant) sur les coûts linéaires lorsque ce linéaire décroît.

Ainsi deux groupes disjoints apparaissent :

- deux opérations mettent en œuvre des palplanches sur une hauteur comprise entre 3 et 4 m. Le coût linéaire varie entre 600 et 900 €/ml. (Le coût linéaire est supérieur pour l'opération réalisée sur 1 000 m par rapport à l'opération réalisée sur 3 700 m, les parts des installations de chantier étant respectivement de 21 % et de 6 %.)
- sept opérations mettent en œuvre des palplanches sur des hauteurs variant entre 7 m et 13 m. Les coûts linéaires sont compris entre 900 et 2300 €/ml. Les variations sont, comme pour le groupe précédent, liées au linéaire de travaux :
  - Si la longueur est supérieure à 300 m, le coût linéaire est compris entre 900 et 2000 €/ml.
  - Si la longueur est inférieure à 300 m, le coût linéaire est compris entre 2000 et 2300 €/ml. Seule une opération portant sur un linéaire limité à 60 m (hauteur de 13,5 m de palplanches) présente un coût linéaire très supérieur (5250 €/ml).

Les palplanches, hors installation de chantier, représentent une part comprise entre 75 et 90 % du coût de ces opérations.

Si ces éléments donnent une première idée du coût de ces opérations, il est plus juste de produire une estimation sur la base d'un coût d'installation de chantier et d'un coût surfacique de palplanches (notamment lorsque l'on cherche un coût pour des travaux sur une hauteur de 4 à 7m, zone dans laquelle aucune opération n'est recensée). Les indications présentées ci-après doivent y aider.

#### Installation de chantier :

Le coût d'installation de chantier est relativement stable : il est généralement compris entre 33 000 € et 58 000 €, cette dernière valeur étant obtenue pour des travaux répartis sur 6 zones.

Une valeur s'écarte notablement de cette fourchette : 573 000 €. Il s'agit d'une opération exceptionnelle menée sur 15 km de long et d'un montant total de 18 M€.

La part représentée par l'installation de chantier dépend étroitement du linéaire traité :

- de 11 à 13 % lorsque la longueur est inférieure à 200 m,
- de 5 à 6 % entre 200 et 1000m,
- 2 % pour 15 km.

#### Palplanches :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Observations
Palplanches	9	surface de palplanche (m <sup>2</sup> )	100<140<180 (hauteurs comprises entre 3 et 13m)	Linéaire compris entre 170 et 15000m. Une valeur plus élevée de 318€/ml liée à un linéaire limité à 60m

Le prix des palplanches fournies et mises en place varie entre 100 et 180 €/m<sup>2</sup> avec une valeur moyenne à 140 €/m<sup>2</sup>. Seule l'opération mettant en œuvre des palplanches sur un linéaire limité à 60m présente un coût surfacique largement supérieur (318 €/m<sup>2</sup>).

En règle générale, le coût des palplanches est largement tributaire des cours de l'acier dont les variations sont rapides. C'est la raison pour laquelle, il est nécessaire de porter une attention particulière aux variations des indices.



Illustration 39 : Vibrofonçage de palplanches –  
Vue d'ensemble – DREAL Centre

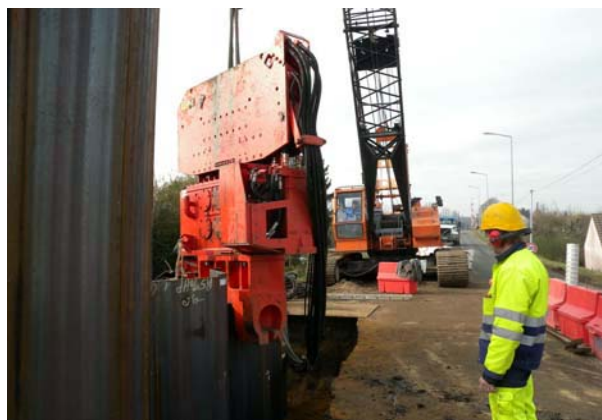


Illustration 40 : Vibrofonçage de palplanches –  
Vue de détail du vibreur – DREAL Centre

### 5.2.3.2 Paroi au coulis bentonite-ciment

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)	Observations
Paroi étanche (coulis de ciment)	2	410<440<460 (hauteurs comprises entre 5 et 7m)	Linéaires compris entre 270 et 2400m
	1	1800 (hauteur de 10,5m)	Linéaire de 240m.

Le coût dépend largement de la profondeur de la tranchée et de la nature du sol. Ainsi pour des hauteurs comprises entre 5 et 7 m sans difficulté particulière au niveau du sol, le coût linéaire s'établit entre 410 et 460 €/ml.

Dans une opération, la profondeur était de 10,5 m et que le sol présentait un caractère sableux (potentiellement déstructuré par des terriers), le coût a été sensiblement plus élevé : 1800 €/ml. Bien que le mélange de bentonite et de ciment exerce des pressions qui contribuent à stabiliser les parois, le risque d'instabilité demeure. Dans le chantier étudié, le volume de coulis de ciment utilisé a été de 533 m<sup>3</sup> pour un volume théorique de tranchée de 297 m<sup>3</sup>.

#### Coulis de bentonite ciment

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Observations
Paroi étanche (coulis de ciment)	2	surface de paroi étanche (m <sup>2</sup> )	50<56<62 (hauteurs comprises entre 5 et 7m)	Linéaires compris entre 270 et 2400m
	1		90 (hauteur de 10,5m)	Linéaire de 240m.

Le matériau est rémunéré à la surface de paroi créée correspondant par conséquent à des volumes théoriques. Dans l'estimation des coûts unitaires, il convient de tenir compte des pertes liées à la perméabilité du sol.



De même que précédemment, le coût surfacique dépend des conditions de mise en œuvre. Sur des tranchées de 5 à 7 m de profondeur bénéficiant de conditions géotechniques favorables, le coût surfacique observé varie entre 50 et 62 €/m<sup>2</sup>. Sur une tranchée de hauteur 10,5 m, le coût surfacique est de 90 €/m<sup>2</sup>.



*Illustration 41 : Paroi au Coulis – Creusement de la tranchée – DREAL Centre*



*Illustration 42 : Paroi au coulis – Remplissage par le coulis – SYMBHI*

### **5.2.3.3 Mélange des sols en place**

En complément des techniques précédentes, d'autres techniques se développent visant à la création d'un écran étanche. Les illustrations suivantes montrent le mélange de sol en place avec un liant hydraulique pour l'obtention d'un « béton de sol ».

Cette technique est au stade expérimental. Par conséquent nous ne sommes pas en mesure d'afficher des coûts observés sur des chantiers classiques.



*Illustration 43 : Paroi au coulis mélangé – Gros plan sur le matériel – DREAL Centre*



*Illustration 44 : Paroi au coulis mélangé – matériel en action – DREAL Centre*

## 5.2.4 Travaux sur les talus

Les travaux de cette catégorie peuvent également intéresser la crête de l'ouvrage lorsque l'intervention comprend sa réfection voire sa surélévation. Trois techniques ont été distinguées :

- terrassement avec végétalisation,
- enrochement et pose éventuelle de gabion,
- terrassement et enrochement.

### 5.2.4.1 Terrassement et végétalisation

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Terrassement et végétalisation	5	300<450<610 (hauteurs comprises entre 2,5 et 8m)

Si l'on exclut l'opération de simple revégétalisation (32 €/ml), les coûts linéaires sont compris entre 300 et 610 €/ml. Il apparaît une relation étroite de ces coûts avec les conditions d'intervention :

- Pour deux interventions menées côté terre sur une hauteur de 2,6 m (avec pose d'un grillage anti-fouisseur) et 4,5 m (sans grillage anti-fouisseur), le coût linéaire est très proche de 300 €/ml.
- Pour deux interventions menées côté rivière sur des hauteurs de 7,5 m et 8 m les coûts sont respectivement de 560 et de 610 €/ml.

Les terrassements représentent une fraction du coût total fluctuant entre 55 et 90 %. La création de déversoir ou la mise en place de canalisation ou autres dispositifs (par exemple grillage anti-fouisseurs) représente une part importante du solde.

Une autre catégorie de travaux peut s'apparenter au confortement par terrassement avec végétalisation : il s'agit des reprises ponctuelles de talus. Cependant le fait que cette intervention ne soit pas menée en continu sur tout le linéaire limite le sens des coûts rapporté à ce linéaire : entre 20 et 60 €/ml. (Celui-ci est naturellement beaucoup plus faible que dans le cas d'une opération menée sans interruption sur toute la longueur.)

#### Terrassements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	6	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	7<11<19

Du fait de la qualité des matériaux utilisés en confortement (selon les cas, matériaux drainants, matériaux peu sensibles à l'érosion ou encore terre végétale), le coût volumique moyen des terrassements est plus élevé que dans le cas d'une construction ou d'une reconstruction : il fluctue entre 7 et 19 €/m<sup>3</sup> (à une exception près correspondant à une opération de rehaussement : 38 €/m<sup>3</sup>).

Dans de nombreux cas les matériaux utilisés sont des « déchets de carrière », en pratique un 0/400 mm d'une granulométrie assez continue. Ce matériau a le mérite d'être relativement insensible à l'eau, compactable et d'un coût raisonnable.

Le terrassement pratiqué dans le cadre de la reprise ponctuelle de talus est marqué par des coûts proches de ceux observés plus généralement pour le confortement : entre 4 et 15 €/m<sup>3</sup>. Pour plus de précision sur ces coûts volumiques, se référer à l'analyse sur les coûts des terrassements en partie 9.



Illustration 45 : Mise en place d'un filtre drain côté val – DREAL Centre



Illustration 46 : Couverture de terre végétale après réglage du talus – ADIDR

#### 5.2.4.2 Enrochement et pose éventuelle d'un matelas de gabion

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Enrochement et pose éventuelle d'un matelas de gabion (opérations effectuées sous perré maçonné)	5	220<760<1100 (hauteurs comprises entre 3,5 et 5m)

Ces opérations correspondent à un renforcement sur des ouvrages qui comportent un parement maçonné. L'érosion ayant sapé le talus dans sa partie basse, le confortement se fait avec des enrochements.

Les enrochements peuvent représenter de 70 à 100 % du coût. Par ailleurs une opération met également en œuvre des matelas de gabions qui représentent 16 % de son coût.

Les hauteurs de confortement sont toutes comprises entre 3,5 et 5 m mais le tonnage au mètre linéaire varie beaucoup plus fortement : de 5 à 36 t/ml. Cette variation provoque des écarts importants de coût linéaire : entre 220 et 1 100 €/ml.

##### Enrochements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût massique (€/t)
enrochement	5	masse mise en œuvre (t)	22<32<46

Le coût des enrochements varie entre 22 et 46 €/t sans que cette variation puisse être liée à la blocométrie. Les distances des carrières aux chantiers et la qualité des blocs pourraient expliquer en partie cette dispersion des prix.



*Illustration 48 : Enrochements – DREAL centre*



*Illustration 47 : Travaux d'enrochement – DREAL Centre*

Matelas de gabions :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
matelas de gabions	1	surface couverte (m <sup>2</sup> )	30 (épaisseur de 0,30m)

Le coût surfacique des matelas de gabion dans l'unique opération qui en comporte est de 30 €/m<sup>2</sup> pour une épaisseur de 0,30 m, valeur conforme à ce que l'on peut observer sur les opérations de réfection de remblais végétalisés avec ce genre de dispositif.



*Illustration 49 : Matelas de gabion – ADIDR*

### 5.2.4.3 Terrassement et enrochement

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Terrassement et enrochement	13	220<1000<2000 (hauteurs comprises entre 3 et 6m, Enrochement de 5 à 36t/ml)

Du fait des hauteurs variables des ouvrages et de la robustesse également variable de la protection en enrochement, le coût linéaire subit de fortes variations. Les minimum et maximum relevés sont :

- 220 €/ml pour le confortement d'une digue de hauteur 3 m, mettant en œuvre 7 t d'enrochement au mètre linéaire ;
- 2050 €/ml pour le confortement d'une digue de hauteur 6m mettant en œuvre 47 t d'enrochement au mètre linéaire en butée de pied, plus un matelas de gabions.

#### Terrassements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	6	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	6<9<15

Les coûts des terrassements sont généralement compris entre 6 et 15 €/m<sup>3</sup>. Le matériau utilisé est du 0/400. Un site dont les déblais étaient directement réutilisables fait exception avec un coût moyen observé pour le déplacement du matériau de 1 €/m<sup>3</sup>.

#### Enrochements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût massique (€/t)
enrochement	8	masse mise en œuvre (t)	15<20<26

Le coût à la tonne des enrochements utilisés est compris entre 15 et 26 €/t. Les coûts inférieurs à 20 €/t ne peuvent être obtenus que si la ressource est proche et abondante.



*Illustration 50 : Mise en œuvre d'enrochement – DREAL Centre*



*Illustration 51 : Carapace et sous-couche d'enrochement – ADIDR*

## 5.2.5 Travaux en pied de talus

Ces travaux regroupent :

- la mise en œuvre de brut de minage,
- des opérations de terrassement et d'enrochement,
- le soutènement par des gabions,
- le soutènement par structure en béton armé,
- le renforcement de pied de talus par palplanches.

### 5.2.5.1 Mise en œuvre de brut de minage 0/400

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Brut de minage	25	250<640<1000 (longueur traitée comprise entre 100 et 1000m)
		1300<1900<2400 (longueur traitée inférieure à 100m)

De très nombreux exemples de ce type d'opération ont été fournis par l'AD Isère Drac Romanche. Des banquettes sont réalisées en pied de talus côté fleuve avec un tout-venant de carrière, en pratique un 0/400 mm d'une granulométrie assez continue.

Le coût à la tonne est calculé sur la base du prix global de l'opération. Ce coût à la tonne comprend l'installation de chantier et des travaux de débroussaillage et d'abattage d'arbres du fait que les prix du marché incluaient forfaitairement l'ensemble.

Le tonnage employé varie entre 13 et 125 t/ml. Pour une estimation correcte, il est donc nécessaire de se baser sur le tonnage de matériaux employé au mètre linéaire. En première approximation, les ordres de grandeurs suivants se dégagent en fonction de la longueur traitée :

- pour un linéaire traité compris entre 100 m et 1 000 m, le coût au mètre linéaire est généralement compris entre 250 et 1 000 €/ml.
- pour des travaux opérés sur un linéaire inférieur à 100 m, les coûts linéaires sont compris entre 1 300 et 2 400 €/ml.

Il peut être ajouté que les coûts linéaires inférieurs à 250 €/ml correspondent à une mise en œuvre de matériau en quantité inférieure à 25 t/ml.

#### Brut de minage 0/400

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût massique (€/t)
Mise en œuvre de brut de minage	25	masse mise en œuvre (t)	5<10<14

Le coût de ces matériaux varie généralement entre 5 et 14 €/t. En fonction de la disponibilité de la ressource, le prix peut cependant atteindre 20 €/t.



Illustration 52 : Travaux en pied de talus – ADIDR



Illustration 53 : Piste d'accès brut de minage – ADIDR

### 5.2.5.2 Terrassement et enrochement

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Terrassement et enrochement	6	420<630<970 (entre 13 et 20t d'enrochement par ml)

Dans les opérations recensées :

- le coût des terrassements représente entre 6 et 24 % du coût total,
- les enrochements représentent entre 19 et 62 % du coût total.

Les opérations recensées utilisent un tonnage d'enrochement au mètre linéaire compris entre 13 et 20 t/ml, ce qui contribue à resserrer l'écart des prix entre ces opérations : coûts observés compris entre 420 et 970 €/ml.

Une seule opération s'écarte de cette fourchette avec un coût linéaire de 181 €/ml. Elle ne met en œuvre pour l'enrochement que 3 t/ml et pour les terrassements que 1,4 m<sup>3</sup>/ml contre des valeurs comprises entre 7 et 18 m<sup>3</sup>/ml pour les autres opérations.

Terrassement :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	4	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	8<11<13

Ce type d'opération utilise des matériaux d'apport sélectionnés, ce qui explique le coût élevé de ces terrassements : entre 8 et 13 €/m<sup>3</sup>.

## Enrochements :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût massique (€/t)
enrochement	6	masse mise en œuvre (t)	11<15<20

Le coût à la tonne des enrochements utilisés est stable et compris entre 15 et 20 €/t. Ce coût faible est probablement lié à une ressource proche et abondante.



*Illustration 55 : Mise en œuvre d'enrochement – DREAL Centre*



*Illustration 54 : Enrochement en pied de talus – ADIDR*



*Illustration 56 : Mise en œuvre d'enrochement – DREAL Centre*



### 5.2.5.3 Soutènement de pied de talus par des gabions

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Gabion	2	500<1000<1500 (hauteur des gabions 2m)

Les deux opérations recensées comprennent la mise en place de gabions et d'une « recharge drainante » en matériaux concassés. Les hauteurs de gabion sont comparables et de l'ordre de 2 m.

Cependant, une opération comprend de nombreux travaux de terrassements (rampes longitudinale d'accès) et la mise en place de réseaux qui représentent une part importante de l'opération. L'écart de prix au mètre linéaire est très important : de 500 à 1 500 €/ml.

#### Matériau drainant :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	2	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	20

Le coût actualisé du matériau drainant est presque identique dans les deux opérations : 20 €/m<sup>3</sup>. C'est un matériau sélectionné dont le prix se situe logiquement en haut de la fourchette pour les matériaux d'apport.

#### Gabion :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
gabions	2	volume de gabion (m <sup>3</sup> )	140<170<200

Le coût des gabions en concassé 40/120 mm est de 140 €/m<sup>3</sup> pour une opération et de 200 €/m<sup>3</sup> pour l'autre. Cet écart peut s'expliquer notamment par les quantités mises en œuvre : 3 000 m<sup>3</sup> dans le premier cas et 350 m<sup>3</sup> dans le second cas.



Illustration 57 : Confection d'un gabion – Symadrem



Illustration 58 : mise en place de gabions – Symadrem/Egis



Illustration 59 : Gabion en pied de talus (deux couches avec redan) – ADIDR



Illustration 60 : mise en œuvre de la recharge drainante – ADIDR

#### 5.2.5.4 Soutènement de pied de talus par structures en béton armé

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Béton armé	1	660 (hauteur du soutènement 2m)

Un seul soutènement en béton armé (mur en L) est recensé. Il mesure 65 mètres de long et 2 mètres de hauteur. Son coût linéaire est 664 €/ml.

##### Béton armé :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
structure en béton armé	1	volume de béton armé (m <sup>3</sup> )	450

Les 57 m<sup>3</sup> de béton armé ont un coût de 450 €/m<sup>3</sup> (hors béton de propreté à 15€/m<sup>2</sup>).

### 5.2.5.5 Renforcement de pied de talus par palplanches

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Palplanches	6	1200<1500<1800

Le coût linéaire de ces opérations est à une exception près compris entre 1 200 et 1 800 €/ml. Cette variation dépend principalement de la hauteur des palplanches, comprise dans les opérations recensées entre 6,7 m (1 200 €/ml) et 12 m (1 800 €/ml).

Le coût des palplanches représente entre 85 et 96 % du coût de ces opérations.

Une opération atypique est relevée : une corniche en béton est réalisée sur les palplanches, corniche sur laquelle vient s'appuyer un parement maçonné qui fait l'objet d'un rejointoiement. Le coût linéaire de cette opération dépasse légèrement 3 000 €/ml.

#### Palplanches :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
Palplanches	2	surface de palplanches (m <sup>2</sup> )	220<235<250 (linéaire traité compris entre 150 et 200m)
	4		125<150<175 (linéaire traité compris entre 200m et 600m)

Le prix des palplanches fournies et mises en place est compris entre 130 et 250 €/m<sup>2</sup>. Les prix dépendent étroitement du linéaire traité. On observe que :

- entre 150 m et 200 m, les valeurs sont comprises entre 220 et 250 €/m<sup>2</sup> et l'installation de chantier représente 5 à 8 % du coût total.
- entre 200 m et 600 m, les valeurs sont comprises entre 125 et 175 €/m<sup>2</sup> et le prix d'installation de chantier est compris entre 2 et 4 % du coût total.

A une exception près, le coût d'installation de chantier est compris entre 15 000 et 25 000 €. Une valeur plus faible est relevée pour l'opération dont la hauteur est limitée à 6,8 m : 7 750€.



Illustration 62 : travaux de vibro-fonçage de palplanches – Symadrem



Illustration 61 : Pied de talus en palplanches – Symadrem

## 5.2.6 Réfection de chemin de digue

	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)	Coûts surfaciques (€/m <sup>2</sup> )
réfection piste type 1 (réfection superficielle)	11	2<4<7	0,5<1<2
réfection piste type 2 (sur 10 à 15cm)	9	10<12<13	3<3,5<4
réfection piste type 3 (sur 30 à 40cm)	5	30<53<75	7<10<11

Les coûts sont donnés au mètre linéaire et à la surface. À titre indicatif les largeurs de piste sont généralement de l'ordre de 4 m.

Suivant la profondeur sur laquelle est reprise la piste (ce qui dépend de la qualité des matériaux), trois types de travaux peuvent être distingués :

- réfection superficielle (type 1),
- réfection intermédiaire (type 2),
- réfection en profondeur (type 3).

### Réfection superficielle (type 1)

Ces travaux sont définis par la séquence suivante :

- Décapage superficiel de la crête de digue,
- Mise en forme sommaire à la pelle équipée d'une lame,
- Nivellement puis mise en forme finale au grader puis compactage.

En se basant que sur les réfections de type 1, le coût linéaire est compris entre 2 et 7 €/ml. Un coût exceptionnel de 11 €/ml s'explique par une largeur de digue de 8 à 10 m sur une partie de la section traitée.

Le coût surfacique de ce type de réfection est compris entre 0,5 et 2 €/m<sup>2</sup> avec une moyenne de l'ordre de 1 €/m<sup>2</sup>.

### **Réfection intermédiaire (type 2)**

Ces travaux sont définis par la séquence suivante :

- Décaissement sur une profondeur de 0,10 à 0,15 m de la piste et nivellement sommaire,
- Déblais terreux mis en dépôt dans le talus de digue,
- Mise en œuvre de concassé 0/20 mm,
- Nivellement au grader et compactage.

En se basant que sur les réfections de type 2, le coût linéaire est compris entre 10 et 13 €/ml.

Le coût surfacique de ce type de réfection est compris entre 3 et 4 €/m<sup>2</sup>.

### **Réfection en profondeur (type 3)**

Ces travaux sont définis par la séquence suivante qui convient lorsque les matériaux sont très terreux :

- Décaissement de la piste sur une épaisseur de 0,30 à 0,40 m et nivellement sommaire,
- Déblais terreux mis en dépôt dans le talus de digue,
- Pose d'un géotextile anti-contaminant sur le fond décaissé,
- Mise en œuvre de concassé 0/100 mm sur 30 cm d'épaisseur,
- Mise en œuvre de concassé 0/25 mm,
- Nivellement au grader et compactage,

En ne se basant que sur les réfections de type 3, le coût linéaire est compris entre 30 et 75 €/ml.

Le coût surfacique de ce type de réfection est compris entre 7 et 11 €/m<sup>2</sup> avec une moyenne de l'ordre de 10 €/m<sup>2</sup>.



*Illustration 63 : Mise en œuvre de concassé sur géotextile – ADIDR*



*Illustration 64 : Nivellement concassé – ADIDR*

## 6 Coûts observés sur les perrés, murs et ouvrages de soutènement

En préalable de l'utilisation de cette partie, il est recommandé de prendre connaissance de la partie 3 Composition des ouvrages et autres facteurs influençant les coûts d'intervention et de la partie 4 Méthodologie relative aux coûts des marchés de travaux.

### 6.1 Synthèse des coûts observés

Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus pour les perrés et pour les murs et ouvrages de soutènement.

Les coûts linéaires correspondent aux coûts globaux tandis que les coûts surfaciques, volumiques et massiques se rapportent aux matériaux et aux techniques.

Tous les prix sont exprimés en euros et hors taxes. Le mois de référence est mars 2011.

Perrés – Travaux de construction, reconstruction, réfection					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Remblais, palplanches, béton, maçonnerie	3	4500<7000<9500 (hauteurs comprises entre 7 et 9m)	200<230<260 (palplanches)	16<44<62 (terrassément)	NA
			90<190<280 (rejointoiement et reconstruction maçonneries)	270<300<310 (béton armé)	NA

Murs et ouvrages de soutènement – Travaux de construction, reconstruction, réfection					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Remblais, palplanches, béton, maçonnerie	5	1300<2600<3300 (soutènement compris entre 2,5 et 6m)	280 (palplanches)	10<19<37 (terrassément)	NA
			90<370<1100 (maçonneries)	300<570<830 (béton armé pour un soutènement compris entre 2,5 et 6m)	NA

## 6.2 Détail des coûts observés sur les perrés

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Remblais, palplanches, béton, maçonnerie	3	4500<7000<9500 (hauteurs comprises entre 7 et 9m)

Trois opérations de réfection de perrés ont été fournies par le SYMADREM, toutes trois dans la ville d'Arles. Il s'agit d'opérations de grande envergure aux multiples techniques :

- des palplanches en pied sur des hauteurs de l'ordre de 6 m,
- du béton fibré destiné à assurer l'étanchéité,
- de la maçonnerie en parement (réfection ou rejointoiement et injection),
- béton désactivé sur la berme,
- des terrassements en crête d'ouvrage.

Le coût linéaire de ces opérations de type similaire varie suivant la hauteur de l'ouvrage :

- 4 500 €/ml pour une hauteur de 7 m,
- 9 500 €/ml pour une hauteur de 9 m.

### Terrassement :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	3	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	16<44<62

Les terrassements ont un prix variant de 16 à 64 €/m<sup>3</sup>. Cet écart s'explique par une estimation des déblais et de leur évacuation sous-évaluée dans la première tranche de travaux et revue à la hausse dans les suivantes.

### Palplanches :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
Palplanche	3	surface de palplanche (m <sup>2</sup> )	200<230<260 (linéaire compris entre 250 et 600m)

Le prix des palplanches est stable et proche de 230 €/m<sup>2</sup>.

### Béton armé :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Béton armé	3	volume de béton armé (m <sup>3</sup> )	270<300<310

Le prix du béton armé est stable et proche de 300 €/m<sup>3</sup>.

## Maçonnerie :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
Maçonnerie (rejointoiement et reconstruction)	3	surface couverte (m <sup>2</sup> )	90<190<280

Le prix de la maçonnerie varie entre 90 et 280 €/m<sup>2</sup> en fonction de la proportion des réfections par rapport au rejointoiement, au ragréage et à l'injection.

Une étude séparée sur la maçonnerie (cf. partie 10) précise le coût de ces différentes prestations.



*Illustration 65 : Déblaiement préalable à la réfection du perré – Symadrem*



*Illustration 66 : Travaux de palplanches sur perré – Symadrem*



*Illustration 67 : béton projeté – Symadrem*



### 6.3 Détail des coûts observés sur les murs de soutènement

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Remblais, palplanches, béton, maçonnerie	4	1300<2600<3300 (soutènement compris entre 2,5 et 6m)

Les 5 opérations recensées reposent sur le principe d'un mur en L de béton armé revêtu de maçonnerie. L'une d'elles met aussi en œuvre des palplanches en butée d'ouvrage.

Le coût de ces opérations est très sensible à la hauteur de soutènement :

- 1 300 €/ml pour un soutènement de 2,5 m,
- 3 300 €/ml pour un ouvrage de 6 m.

#### Terrassement :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	5	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	10<19<37

Les terrassements ont un prix variant de 10 à 37 €/m<sup>3</sup> suivant l'origine et la destination des matériaux. (cf. partie 9 pour plus de précision sur le prix des terrassements.)

#### Palplanches :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
Palplanches	1	surface de palplanches (m <sup>2</sup> )	280 (linéaire de 650m)

L'opération mettant en œuvre des palplanches présente un coût de 280 €/m<sup>2</sup> pour la mise en œuvre de cette technique.

#### Béton :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Béton armé	4	volume de béton armé (m <sup>3</sup> )	300<570<830 (soutènement compris entre 3 et 6m)

Le prix du béton varie de 300 à 830 €/m<sup>3</sup> en fonction de la hauteur sur laquelle il est mis en œuvre. Les efforts à reprendre croissent en effet avec la taille de l'ouvrage. Augmenter le ferrailage permet de réduire l'épaisseur de la structure mais augmente son coût volumique. Il en résulte que :

- pour des hauteurs de l'ordre de 3 m, le coût volumique varie entre 300 et 500 €/m<sup>3</sup>,
- pour des hauteurs de l'ordre de 6 m, le coût volumique varie entre 680 et 830 €/m<sup>3</sup>.

Pour une opération combinant un renforcement en béton projeté et un rehaussement, un coût de 1 675 €/m<sup>3</sup> est observé.

## Maçonnerie :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
Maçonnerie (rejointoiement et reconstruction)	5	surface couverte (m <sup>2</sup> )	90<370<1100

Le prix de la maçonnerie varie entre 90 et 1 100 €/m<sup>2</sup> en fonction de la proportion des réfections par rapport au rejointoiement et à l'injection. Une étude séparée sur la maçonnerie (cf. partie 10) précise le coût de ces différentes prestations.



*Illustration 68 : Arles – Quai de la Roquette avant intervention – Symadrem*



*Illustration 69 : vue de profil – Symadrem*



*Illustration 70 : détail de la construction – Symadrem*



*Illustration 71 : ouvrage après intervention – Symadrem*

## 7 Coûts observés sur les épis et les dispositifs de rétention

En préalable de l'utilisation de cette partie, il est recommandé de prendre connaissance de la partie 3 Composition des ouvrages et autres facteurs influençant les coûts d'intervention et de la partie 4 Méthodologie relative aux coûts des marchés de travaux.

### 7.1 Synthèse des coûts observés sur les épis et les dispositifs de rétention

Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus pour les épis et pour les dispositifs de rétention.

Pour les épis, les coûts linéaires correspondent aux coûts globaux tandis que les coûts surfaciques, volumiques et massiques se rapportent aux matériaux et aux techniques.

Pour les dispositifs de rétention, les coûts surfaciques se rapportent à la surface créée. Les coûts volumiques se rapportent au volume d'eaux stocké ou aux volumes de terrassement.

Tous les prix sont exprimés en euros et hors taxes. Le mois de référence est mars 2011.

Épis - Travaux de construction, reconstruction, réfection					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire (€/m)	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )	Coût massique (€/t)
Enrochement	3	construction (3m) : 1000€/ml,	30 (matelas de gabions)	4<5<6 (terrassement)	18<20<22 (enrochement)
		réfection (4m) : 1400€/ml,			
		restructuration (3m) : 550€/ml.			

Dispositifs de rétention - Travaux de construction					
Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coûts linéaires (€/m)	Coûts à la surface créée (€/m <sup>2</sup> )	Coût au volume de stockage créé (€/m <sup>3</sup> )	Coûts volumiques (€/m <sup>3</sup> )
Travaux de construction bassins à ciel ouvert	19	400<700<1300 (Hauteurs moyennes comprises entre 1 et 4m)	20<26<35	6<25<55	2<5<14 (terrassement)
Travaux de construction bassins enterrés	2	NA	540	480<560<640	NA

## 7.2 Détail des coûts observés sur les épis

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Enrochement	1	construction (3m) : 1000€/ml,
	1	réfection (4m) : 1400€/ml,
	1	restructuration (3m) : 550€/ml.

Seules trois opérations sur des épis ont été recensées dans le cadre de notre étude.

Il s'agit d'opérations de construction, de réfection ou de restructuration sur des ouvrages qui s'apparentent dans leurs compositions à des digues en remblais protégées par des enrochements et des matelas de gabions.

Les hauteurs moyennes de ces ouvrages sont comprises entre 3 et 4 m, mais les opérations sont de natures assez différentes, ce qui explique les écarts de coûts :

- construction (3 m) : 1 000 €/ml,
- réfection (4 m) : 1 400 €/ml,
- restructuration (3 m) : 550 €/ml.

Le prix le plus élevé revient à la réfection de l'épi de longueur la plus faible (90 m), de plus grande hauteur moyenne (4 m) et dont les matériaux déblayés n'étaient pas réutilisables.

### Terrassement :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	2	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	4<5<6

Dans les deux opérations dont le détail est connu, les terrassements ont un prix moyen avoisinant 5 €/m<sup>3</sup>.

### Enrochement :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût massique (€/t)
enrochement	2	masse mise en œuvre (t)	18<20<22

Dans les deux opérations dont le détail est connu, les enrochements ont un prix de 18 et 22 €/t.

Ce coût est faible en comparaison du coût observé sur les enrochements pour d'autres ouvrages.

Les opérations ont bénéficié de facteurs favorables :

- Le coût de 18 €/t est observé pour une opération dont la carrière était située à une distance relativement proche (13 km).
- Le coût de 22 €/t, est observé sur une opération de restructuration réemployant des enrochements.



*Illustration 72 : Reconstruction d'un épi de confluence en enrochement – ADIDR*

Matelas de gabion :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )
matelas de gabions	1	surface couverte (m <sup>2</sup> )	30

Une opération met en œuvre des matelas de gabion au prix unitaire de 30 €/m<sup>2</sup>.

### 7.3 Détail des coûts observés sur les dispositifs de rétention

Les travaux menés sur les bassins de rétention ou d'infiltration, à l'air libre ou enterrés sont tous des travaux de construction.

La grande majorité de ces dispositifs sont des bassins de rétention à l'air libre sans fonction affirmée d'infiltration (18 opérations). Une seule opération de construction d'un bassin de rétention et d'infiltration a été recensée. Elle est analysée avec les bassins à l'air libre n'ayant pas cette fonction.

Deux opérations de construction d'un bassin de rétention enterré ont été recensées.

#### 7.3.1 Bassin de rétention à l'air libre

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût linéaire global (€/m)
Terrassement	17	400<700<1300 (Hauteurs moyennes comprises entre 1 et 4m)
	Nombre d'opérations recensées	Coût de la surface de bassin créée (€/m <sup>2</sup> )
	10	20<26<35
	Nombre d'opérations recensées	Coût du volume d'eau retenu (€/m <sup>3</sup> )
	17	6<25<55

Il doit être souligné que les ouvrages hydrauliques dont la fonction est de permettre le remplissage et la vidange des bassins représentent entre 30 et 50 % du coût de ces opérations.

##### Coût linéaire global (€/ml)

En incluant le coût de ces ouvrages hydrauliques, le coût linéaire des ouvrages de retenue qui composent ces bassins est compris :

- entre 400 et 700 €/ml pour des hauteurs variant entre 1 et 2 m,
- entre 700 et 1 300 €/ml pour des hauteurs variant entre 2 et 4 m.

Une valeur de 25 000 €/ml est trouvée pour un ouvrage exceptionnel d'une hauteur de 14 m.

##### Coût de la surface de bassin créée (€/m<sup>2</sup>)

Le coût surfacique relatif à la surface de bassin créée varie généralement entre 20 €/m<sup>2</sup> et 35 €/m<sup>2</sup>.

Un bassin de rétention ayant une fonction affichée d'infiltration, présente une valeur supérieure de 43 €/m<sup>2</sup>.

### Coût du volume d'eau retenu (€/m<sup>3</sup>)

Les volumes d'eau stockés sont compris entre 1 200 et 800 000 m<sup>3</sup>. Les coûts volumiques les plus élevés sont observés pour les volumes les plus faibles. Ainsi on observe les relations suivantes entre la capacité et le coût volumique :

- entre 1 200 et 8 000m<sup>3</sup> : coûts compris entre 14 et 87 €/m<sup>3</sup>, cette dernière valeur étant obtenue pour le réservoir de 1 200 m<sup>3</sup> de capacité,
- entre 8 000 et 15 000 m<sup>3</sup> : coûts compris entre 10 et 15 €/m<sup>3</sup>,
- entre 15 000m<sup>3</sup> et 800 000 m<sup>3</sup> : coûts compris entre 6 et 7 €/m<sup>3</sup>.

Seul le bassin de rétention ayant une fonction affichée d'infiltration s'écarte de ces estimations : d'une capacité 18 700m<sup>3</sup>, le coût du volume stocké est de 51 €/m<sup>3</sup>. La forte quantité de matériaux évacués représente le tiers du montant des travaux, ce qui explique en partie l'écart avec les autres opérations.

### Terrassement :

Technique	Nombre d'opérations recensées	Unité	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Terrassement	17	volume déplacé (m <sup>3</sup> )	2<5<14

Le coût des travaux de terrassement varie entre 2 et 14 €/m<sup>3</sup>.

Dans la majorité des opérations, les matériaux apportés sur la digue sont traités à la chaux. La teneur en chaux peut être variable suivant les opérations. Sur l'une d'elles, le traitement à la chaux augmente très sensiblement le prix des matériaux de remblais : 2 €/m<sup>3</sup> sans traitement et 9 €/m<sup>3</sup> avec traitement.

Il n'apparaît pas de corrélation évidente entre les volumes déplacés et le coût volumique associé. L'étude spécifique menée sur les terrassements pourra éventuellement apporter des renseignements supplémentaires.



Illustration 73 : Terrassement – SMBVAS



Illustration 74 : Vue sur l'ouvrage hydraulique – SMBVAS

### 7.3.2 Bassin de rétention enterré

Techniques employées	Nombre d'opérations recensées	Coût de la surface de bassin créée (€/m <sup>2</sup> )	Coût du volume d'eau retenu (€/m <sup>3</sup> )
Génie civil	2	540	480<560<640

Le coût surfacique de ce type d'ouvrage : 540 €/m<sup>2</sup> est dix fois supérieur à celui des bassins à ciel ouvert.

Les coûts unitaires des volumes d'eau stockés sont également très supérieurs à ce qui apparaît sur les bassins précédemment étudiés : 480 à 640 €/m<sup>3</sup>. Cette différence s'explique par les coûts d'excavation et de mise en dépôt des matériaux extraits ainsi que par les techniques de soutènement à mettre en œuvre dès lors que l'on envisage la construction d'un ouvrage souterrain.

Plusieurs techniques existent pour réaliser des bassins enterrés. Dans le cas représenté par les illustrations 77 à 78, pour éviter des travaux lourds de génie civil, l'utilisation de modules alvéolaires présentant un indice de vide supérieur à 90 % et résistant à la charge a été privilégiée. Ce sont des modules ajustables par encastrement pour former un parallélépipède (37,80 m de long, 8,40 m de large et 1,20 m de haut pour le bassin cité en exemple).

Afin d'imperméabiliser cet ensemble, une géomembrane a été mise en place autour des modules. Cette géomembrane est elle-même protégée par deux géotextiles. Le long de cet ouvrage, un drain récupère les eaux souterraines.



*Illustration 76 : Terrassement – CCCF*



*Illustration 77 : Pose de modules – CCCF*



*Illustration 75 : Géomembrane – CCCF*



*Illustration 78 : Remblaiement – CCCF*



## **8 Analyse transversale des coûts des interventions et des techniques**

### **8.1 Principe, méthode et bénéfices escomptés**

#### **8.1.1 Principe de l'analyse transversale**

Les sections précédentes ont permis d'éclairer le lecteur sur les coûts recensés dans des opérations classées par catégories. Pour chaque catégorie, les coûts globaux des interventions et les coûts des principales techniques utilisées ont été donnés. Néanmoins, pour tirer tout le bénéfice de ces informations, il convient de rapprocher ces interventions sur deux plans :

- au niveau des effets recherchés, par exemple : renforcement de pied de talus, étanchéité en corps d'ouvrage... Ces effets peuvent être obtenus par différentes techniques.
- au niveau des techniques utilisées, par exemple : terrassement avec végétalisation, enrochement, matelas de gabion... Ces techniques apparaissent sur différents types d'ouvrages et sont appliquées à différents secteurs.

Cette partie est destinée à permettre les analyses sous ces deux angles. Il s'agit donc de rapprocher les chiffres qui ont un sens commun sur le plan fonctionnel ou sur le plan technique.

Le choix est fait de limiter les développements de l'analyse à ce stade. Chaque utilisateur ayant ses problématiques propres, la mise à disposition des données sous le format adapté a paru être le point essentiel. Cette partie comporte donc principalement des tableaux de synthèse. Les commentaires succincts qui accompagnent ces tableaux portent principalement sur la concordance des chiffres ou dans le cas contraire sur l'interprétation des écarts qui peuvent apparaître. Dans le prolongement de ces commentaires, le lecteur est invité, en fonction de ses objectifs, à tirer ses propres conclusions de la lecture des tableaux.

#### **8.1.2 Méthode proposée**

Cette partie propose de rassembler dans des cadres appropriés :

- les coûts globaux des opérations. Ces coûts sont systématiquement des coûts linéaires. Les différents types d'ouvrages font l'objet de tableaux communs portant respectivement sur l'ensemble de l'ouvrage ou l'une de ses parties (talus, corps, pied ou crête).
- les coûts relatifs aux différentes techniques et matériaux. L'étude présente successivement les techniques dont le coût est exprimé en rapport avec :
  - la surface : matelas de gabions, palplanches, béton armé, maçonneries, réfection de piste, dispositifs de rétention,
  - le volume : terrassement, béton armé et gabions,
  - la masse : les enrochements et le brut de minage.

Étant donnée la forte prépondérance des opérations concernant les digues, la stratégie d'étude consiste en général à confronter les chiffres obtenus sur les digues aux chiffres obtenus sur les autres types d'ouvrages.

### **8.1.3 Bénéfice escompté de l'analyse transversale**

La vision transversale proposée ci-après permettra de mieux comprendre comment les coûts évoluent en fonction du type d'ouvrage, des modes d'intervention et des techniques.

Il doit être noté que si le grand nombre de catégories adoptées pour la classification des opérations avait eu pour contrepartie dans la présentation des coûts observés de réduire la taille des échantillons, les analyses de la présente partie ne souffriront plus du même inconvénient. Pour les coûts associés aux techniques, l'augmentation de la taille des échantillons et la mise en perspective de la dispersion des coûts en fonction des conditions de mise en œuvre est particulièrement intéressante pour mieux appréhender les incertitudes.

Enfin, il doit être rappelé que le coût n'est qu'un élément parmi d'autres quand il s'agit de déterminer la technique la plus appropriée. Il doit également être tenu compte :

- de la faisabilité technique,
- des performances vis-à-vis du problème à traiter,
- de la durabilité,
- de l'entretien (dégradations prévisibles et possibilité de réparer, coûts liés aux interventions d'entretien, de réparation ou de confortement).

La comparaison des coûts par technique n'est donc qu'un critère de choix parmi d'autres.

## **8.2 Analyse des coûts globaux**

L'analyse transversale est proposée successivement pour les interventions concernant :

- l'ensemble de l'ouvrage (construction, reconstruction, réfection),
- les talus,
- le corps de l'ouvrage,
- les crêtes d'ouvrage,
- les pieds d'ouvrage.

Dans cette section, les coûts sont systématiquement linéaires.

La lettre N représente le nombre d'opérations recensées.

L'observation des coûts ayant mis en évidence les variations en fonction des hauteurs sur lesquelles sont effectuées les interventions, les rapprochements sont effectués en utilisant les classes correspondantes.

Les perrés étant constitués principalement par le revêtement d'un talus, leur comparaison est faite avec les travaux affectant le talus des autres ouvrages.

## 8.2.1 Interventions sur l'ensemble de l'ouvrage

Coûts globaux des opérations de construction, reconstruction et réfection (€/m)				
	Digues		Autres types d'ouvrages	
	Type d'intervention	Coûts observés et dimensions	Type d'ouvrage et type d'intervention	Coûts observés et dimensions
Travaux de construction neuve	Terrassement avec végétalisation	1700 (hauteur moyenne 2,8m)	Aucune opération recensée.	
		N=1		
Travaux de construction, reconstruction, réfection	Terrassement avec végétalisation ou avec matelas de gabion	190<360<680 (hauteurs comprises entre 2 et 4m)	Bassins de rétention à l'air libre, Terrassement et génie civil	400<700<1300 (Hauteurs moyennes comprises entre 1 et 4m)
		N=7		N=19
	Terrassement avec enrochement	600<800<1000 (hauteurs comprises entre 1,5 et 5m)	Épis, terrassement et enrochement	550<1000<1400 (restructuration, construction et réfection sur des hauteurs de 3 à 4m)
		N=3		N=3
		1000<1500<2000 (hauteurs comprises entre 5 et 8m)	Murs et ouvrages de soutènement, Réfection de maçonnerie	1300<2600<3300 (soutènement compris entre 3 et 6m)
		N=0		N=5
	Terrassement avec enrochement	2000<2500<3000 (hauteurs comprises entre 8 et 10m)	Aucune opération recensée.	
		N=2		

Les chiffres relatifs à la reconstruction ou réfection des *digues* apparaissent cohérents entre eux : les valeurs obtenues augmentent logiquement avec la hauteur des ouvrages et avec l'utilisation d'enrochement. Le coût d'une construction neuve de hauteur 2,8 m (en milieu urbain) est très supérieur aux coûts de reconstruction ou réfection sur des ouvrages de hauteur équivalente.

Les valeurs obtenues sur les digues peuvent être confrontées aux valeurs obtenues sur les autres types d'ouvrage :

- Les bassins de rétention à l'air libre présente des coûts environ deux fois supérieurs à ceux observés sur les digues. Les ouvrages hydrauliques destinés au remplissage et à la vidange sont un élément d'explication : ils représentent de 30 à 50 % du coût des *bassins de rétention*.
- Les *épis* présentent des coûts proches de ceux des digues pour des dimensions de même ordre de grandeur.
- Les *murs et ouvrages de soutènement*, à hauteur équivalente, présentent des coûts en moyenne deux fois supérieurs à ceux d'une digue. Les techniques utilisées expliquent bien entendu cet écart.

## 8.2.2 Interventions sur les talus

<i>Coûts globaux des opérations affectant les talus de l'ouvrage (€/m)</i>		
Type d'ouvrage	Type d'intervention	Coûts observés et dimensions
<b>Digues</b>	<b>Terrassement et végétalisation</b>	300<450<610 (hauteurs comprises entre 2,5 et 8m)
		N=7
	<b>Terrassement et végétalisation pour reprise ponctuelle de talus</b>	20<36<60
		N=3
	<b>Enrochement et pose éventuelle d'un matelas de gabion</b>	220<760<1100 (hauteurs comprises entre 3,5 et 5m)
		N=5
<b>Terrassement et enrochement</b>	220<1000<2000 (hauteurs comprises entre 3 et 6m, enrochement de 5 à 36t/ml)	
	N=13	
<b>Perrés</b>	<b>Réfection de maçonnerie</b>	4500<7000<9500 (hauteurs comprises entre 7 et 9m)
		N=3

Les valeurs observées sur les talus des digues sont cohérentes entre elles : elles évoluent logiquement en fonction des hauteurs d'intervention et de l'emploi des enrochements ou des matelas de gabion en complément des terrassements.

Par ailleurs, le coût de réfection des perrés maçonnés sur une hauteur de 7 à 9 m apparaît d'un coût nettement supérieur aux opérations sur les digues. Les techniques employées sont naturellement à l'origine de cet écart.

### 8.2.3 Interventions sur le corps d'ouvrage

<i>Coûts globaux des interventions sur le corps des digues (€/m)</i>	
Type d'intervention	Coûts observés et dimensions
<b>Battage de palplanches</b>	600<750<900 (hauteurs comprises entre 3 et 4m)
	N=2
	900<1700<2300 (hauteurs comprises entre 7 et 13m)
	N=7
<b>Paroi étanche au coulis</b>	410<440<460 (hauteurs comprises entre 5 et 7m)
	N=2
	1800 (hauteur de 10,5m)
	N=1

Les interventions en corps d'ouvrage ne concernent que les digues. Il est intéressant de comparer le coût de la mise en œuvre de palplanches par rapport à la mise en place d'une paroi étanche au coulis. Il ressort que :

- sur des hauteurs inférieures à 7 m, la solution de la paroi au coulis est plus avantageuse. Cet avantage est d'autant plus net que la hauteur et/ou le linéaire d'intervention est faible, car l'installation d'un chantier de battage de palplanches représente une dépense fixe importante.
- Sur des hauteurs supérieures à 7 m, la solution préférable sur le plan économique dépendra des caractéristiques du sol et de la profondeur. La solution du coulis de ciment reste compétitive tant que la tranchée reste stable et que le sol n'est pas trop perméable. Cet avantage sera plus marqué pour des chantiers portant sur des linéaires faibles du fait des coûts fixes qui sont inférieurs pour la paroi au coulis.

### 8.2.4 Interventions en crête d'ouvrage

<i>Coûts globaux des opérations affectant la crête des digues (€/m)</i>	
Type d'intervention	Coûts observés
<b>Réfection piste type 1 (superficiel)</b>	2<4<7
	N=11
<b>Réfection piste type 2 (sur 10 à 15cm)</b>	10<12<13
	N=9
<b>Réfection piste type 3 (sur 30 à 40cm)</b>	30<53<75
	N=5

Les interventions en crête d'ouvrage n'ont été relevées que sur les digues. Ces valeurs sont cohérentes entre elles : augmentation du prix suivant l'épaisseur de la réfection.

## 8.2.5 Interventions en pied d'ouvrage

<i>Coûts globaux des opérations affectant le pied de talus de digue (€/m)</i>	
Type d'intervention	Coûts observés et dimensions
<b>Brut de minage</b>	250<640<1000 (longueur traitée comprise entre 100 et 1000m)
	N=21
	1300<1900<2400 (longueur traitée inférieure à 100m)
	N=2
<b>Terrassement et enrochement</b>	420<630<970 (entre 13 et 20T d'enrochement par ml)
	N=6
<b>Gabion (côté val)</b>	500<1000<1500 (hauteur des gabions 2m)
	N=2
<b>Béton armé (côté val)</b>	660 (hauteur du soutènement 2m)
	N=1
<b>Palplanches</b>	1200<1500<1800 (hauteur comprise entre 7 et 12m)
	N=6

Les interventions en pied d'ouvrage n'ont été relevées que sur les digues.

Pour les travaux utilisant du brut de minage ou des enrochements, les valeurs dépendent directement des quantités de matériaux employées et n'appellent pas de commentaires supplémentaires.

Une emprise disponible limitée ou la recherche d'étanchéité peut conduire à l'adoption de techniques employant des gabions ou du béton armé, voire des palplanches. Dans le cadre d'une même opération les trois techniques mettant en œuvre des enrochements, des gabions, et du béton armé sur des sections distinctes et des hauteurs comparables voisines de 2 m ont permis de relever les valeurs suivantes :

- enrochement 15/300 kg (simple butée) : 460 €/m,
- gabions utilisant un concassé 40/120 mm (soutènement) : 510 €/m,
- béton armé (soutènement) : 660 €/m.

La comparaison avec les palplanches n'est pas évidente dans la mesure où celles-ci ont été mises en œuvre côté eau sur des hauteurs totales (hauteur au-dessus du sol augmentée de la hauteur dans le sol) comprises entre 7 et 12 m et sur des longueurs bien supérieures à celles des gabions et du mur en béton armé.

### 8.3 Analyse du coût des techniques – coûts surfaciques

L'analyse critique des valeurs observées est proposée par techniques ou matériaux employés :

- matelas de gabions,
- palplanches,
- paroi au coulis de ciment,
- béton de propreté,
- maçonneries.

Par ailleurs, le coût des réfections de piste et des créations de bassin est également exprimé par rapport aux surfaces concernées.

Dans les tableaux, la lettre N représente le nombre d'opérations recensées.

#### 8.3.1 Valeurs observées sur les matelas de gabions

<i>Coûts observés sur les matelas de gabion (€/m<sup>2</sup>)</i>		
<b>Mode d'intervention</b>	<b>Digues</b>	<b>Épis</b>
<b>Travaux de construction, reconstruction, réfection</b>	22<38<49 (épaisseur entre 0,10 et 0,30m)	30 (épaisseur de 0,30m)
	N=7	N=1
<b>Travaux sur le talus (opérations effectuées sous perré maçonné)</b>	30 (épaisseur de 0,30m)	Aucune opération recensée.
	N=1	N=0

Les matelas de gabions ont été recensés sur les digues et les épis.

Sur les deux types d'ouvrages et sur les deux modes d'intervention concernés, les coûts sont centrés sur la valeur de 30 €/m<sup>2</sup>. Des différences apparaissent, essentiellement dues à l'épaisseur des gabions. Une épaisseur de l'ordre de 0,10 m conduira à un coût de l'ordre de 20 €/m<sup>2</sup>, quand une épaisseur de 0,30 m pourra conduire, en fonction des conditions de mise en œuvre, à des coûts avoisinant les 50 €/m<sup>2</sup>.

### 8.3.2 Valeurs observées sur les palplanches et les parois au coulis de ciment

<i>Coûts observés sur les palplanches et les parois étanches au coulis de ciment (€/m<sup>2</sup>)</i>				
Technique	Mode d'intervention	Digues	Perrés	Murs et ouvrages de soutènement
Parois étanches au coulis de ciment	Travaux sur le corps de l'ouvrage	50<56<62 (linéaires compris entre 270 et 2400m, hauteurs comprises entre 5 et 7m) N=2	Aucune opération recensée.	
		90 (linéaire de 240m, hauteur de 10,5m) N=1		
		100<140<180 (linéaire compris entre 170 et 15000m) N=9		
Palplanches	Travaux sur le pied de talus	220<235<250 (linéaire traité compris entre 150 et 200m) N=2		
		125<150<175 (linéaire traité compris entre 200m et 600m) N=4		

Les coûts enregistrés portent sur :

- la création de paroi étanche utilisant des coulis de ciment : opérations menées en corps de digue,
- l'implantation de palplanches : opérations enregistrées en pied d'ouvrage pour les digues, les perrés et sur les murs et ouvrages de soutènement. Cette opération est également réalisée en corps d'ouvrages pour les digues.

La réalisation d'une paroi étanche avec coulis de ciment est généralement avantageuse par rapport à la mise en place d'un rideau de palplanches. Pour des surfaces limitées, les frais fixes d'installation de chantier étant réduits, l'avantage est plus net. Néanmoins il convient de s'assurer que les caractéristiques du sol (stabilité, perméabilité) sont réunies pour mettre en œuvre une telle technique.

Pour les travaux mettant en œuvre des palplanches, la comparaison entre les interventions menées sur différents ouvrages montrent que les coûts sont plus élevés sur des perrés et encore plus sur des murs de soutènement, du fait des conditions techniques particulières d'intervention. Pour les digues, le prix dépend davantage du linéaire que du mode d'intervention en pied ou en crête d'ouvrage : du fait des installations de chantier représentant un coût fixe élevé, le prix surfacique augmente sensiblement dès lors que le linéaire d'intervention est faible (inférieur à 200 m).



### 8.3.3 Valeurs observées sur le béton de propreté

<i>Coûts observés sur béton de propreté (€/m<sup>2</sup>)</i>	
Mode d'intervention	Digues
Travaux sur le pied de talus	15 (béton de propreté)
	N=1

Seule une valeur surfacique est relevée sur un béton de propreté. Aucun commentaire ne peut être fait sur le caractère généralisable de cette valeur.

### 8.3.4 Valeurs observées sur les maçonneries

<i>Coûts observés sur les rejointoiement et reconstruction de maçonneries (€/m<sup>2</sup>)</i>		
Mode d'intervention	Perrés	Murs et ouvrages de soutènement
Travaux sur le talus	90<190<280	90<370<1100
	N=3	N=5

Les valeurs relevées sur les maçonneries portent sur les perrés et les murs de soutènement. Ces valeurs proviennent principalement d'un même site ayant fait l'objet de nombreuses opérations. Il apparaît que sur un même site, les coûts peuvent varier très fortement selon le type de prestation, du simple rejointoiement à la reconstruction. Se reporter à l'analyse des coûts des maçonneries pour plus d'information.

### 8.3.5 Valeurs observées sur les réfections de piste

<i>Coûts observés sur les réfections de piste (€/m<sup>2</sup>)</i>	
Mode d'intervention	Digues
Réfection piste type 1 (superficiel)	0,5<1<2
	N=11
Réfection piste type 2 (sur 10 à 15cm)	3<3,5<4
	N=9
Réfection piste type 3 (sur 30 à 40cm)	7<10<11
	N=5

Les valeurs correspondent aux coûts observés sur les réfections de pistes des digues. Les valeurs évoluent logiquement avec l'épaisseur concernée par les travaux.

### 8.3.6 Valeurs observées sur les dispositifs de rétention

<i>Coûts observés sur les dispositifs de rétention (€/m<sup>2</sup>)</i>		
<b>Technique</b>	<b>Modes d'intervention</b>	<b>Coûts à la surface créée</b>
<b>Terrassement</b>	<b>Travaux de construction bassins à ciel ouvert</b>	20<26<35 (43€/m <sup>2</sup> relevé pour un bassin d'infiltration)
		N=19
<b>Génie civil</b>	<b>Travaux de construction bassins enterrés</b>	540
		N=2

Les coûts de création des dispositifs de rétention ont été relevés sur les bassins à ciel ouvert et sur les bassins enterrés. Ces coûts ont été rapportés à la surface de bassin créée.

Il apparaît que ces coûts surfaciques sont très nettement supérieurs pour les bassins enterrés de par la nature des travaux qui diffère : terrassement dans le premier cas et génie civil dans le second cas. La fonction d'infiltration semble engendrer une augmentation du coût d'un bassin de rétention.

## 8.4 Analyse du coût des techniques – coûts volumiques

L'analyse est menée successivement sur les coûts des terrassements, du béton armé et des gabions.

Dans les tableaux, la lettre N représente le nombre d'opérations recensées.

### 8.4.1 Valeurs observées sur les terrassements

Modes d'intervention	Digues	Perrés	Murs et ouvrages de soutènement	Épis	Dispositifs de rétention
<b>Travaux de construction, reconstruction, réfection</b>	2<5<9 (terrassement et végétalisation ou matelas de gabion)	16<44<62 (terrassement)	10<19<37 (terrassement)	4<5<6 (terrassement)	2<5<14 (terrassement)
	N=7				
	1<5<10 (terrassement et enrochement)				
	N=5	N=3	N=5	N=3	N=19
<b>Travaux sur le talus</b>	7<11<19 (terrassement et végétalisation)	Aucune opération recensée.			
	N=7				
	4<9<15 (terrassement et végétalisation pour reprise ponctuelle de talus)				
	N=3				
	6<9<15 (terrassement et enrochement)				
	N=13				
<b>Travaux sur le pied de talus</b>	8<11<13 (terrassement et enrochement)	Aucune opération recensée.			
	N=6				
	20 (matériaux d'apport sélectionnés)				
	N=2				

En construction, reconstruction ou réfection, les terrassements intéressent tous les types d'ouvrages. Il apparaît logiquement que :

- pour les digues, épis et bassins de rétention, les valeurs comprises suivant les matériaux entre 1 et 14 €/m<sup>3</sup>, correspondent à des terrassements classiques,
- pour les perrés, murs et ouvrages de soutènement, les valeurs comprises entre 10 et 62 €/m<sup>3</sup>, correspondent à des contraintes techniques supérieures et à des quantités inférieures à celles des ouvrages précédents.

Sur les digues, les terrassements sont enregistrés sur la majeure partie des types d'interventions. Il est intéressant de constater que les coûts sont certes dispersés mais qu'une tendance nette se dégage suivant que les terrassements sont menés dans le cadre :

- de travaux de construction ou reconstruction : les coûts sont compris entre 1 et 10 €/m<sup>3</sup>.
- de travaux de talus ou de pied de talus : les coûts sont compris entre 4 et 19 €/m<sup>3</sup>.

Cet écart correspond :

- aux économies d'échelle qui peuvent être faites sur les terrassements de grande masse,
- à la plus forte proportion de matériaux sélectionnés utilisés pour les travaux sur des secteurs plus localisés.

### 8.4.2 Valeurs observées sur le béton armé et les gabions

<i>Coûts observés sur le béton armé et les gabions (€/m<sup>3</sup>)</i>				
Technique	Modes d'intervention	Digues	Perrés	Murs et ouvrages de soutènement
Béton armé	Travaux de construction, reconstruction, réfection	Aucune opération recensée.	270<300<310 (hauteurs entre 7 et 9m)	300<570<830 (hauteur entre 2,5 et 6m)
		N=0	N=3	N=5
	Travaux sur le pied de talus	450 N=1	Aucune opération recensée.	
Gabions	Travaux sur le pied de talus	140<170<200 N=2		

Du fait des fonctions assez similaires remplies par les structures en béton armé et par les gabions recensés dans cette étude – ces structures sont en pied de digue en protection et en soutènement –, il est intéressant de les analyser dans une même section.

#### Pour les ouvrages en béton armé :

Il ressort clairement que les valeurs sont presque complètement disjointes suivant que l'ouvrage a ou n'a pas la fonction de soutènement :

- pour les perrés les valeurs sont resserrées autour de 300 €/m<sup>3</sup>. Notons par ailleurs que, la fonction de soutènement étant absente, la hauteur de l'ouvrage n'influe pas sensiblement sur le prix,
- pour les murs et ouvrages de soutènement ainsi que pour le soutènement en pied de digue (valeur à 450 €/m<sup>3</sup>), les valeurs sont supérieures à 300 €/m<sup>3</sup>. Le ferrailage augmentant pour reprendre les efforts croissant avec la hauteur de l'ouvrage, le coût volumique peut atteindre des valeurs bien plus élevées si un ferrailage dense et un béton de haute qualité sont nécessaires.

#### Pour les structures en gabion :

Le coût volumique apparaît nettement inférieur au coût volumique du béton armé. L'analyse des coûts linéaires (cf. 8.2.5) conduit à relativiser cet avantage.

## 8.5 Analyse du coût des techniques – coûts massiques

Les seuls coûts massiques observés portent sur les enrochements et sur le brut de minage. Du fait des fonctions similaires du brut de minage employé en pied de digue par rapport aux enrochements, il semble pertinent d'en faire une analyse conjointe.

Dans le tableau, la lettre N représente le nombre d'opérations recensées.

Technique	Modes d'intervention	Digues	Perrés	Épis
Enrochement	Travaux de construction, reconstruction, réparation	26<33<40	Aucune opération recensée.	18<20<22
		N=5	N=0	N=2
	Travaux sur le talus	15<20<26	22<32<46 (enrochement sous perré maçonné)	Aucune opération recensée.
		N=13	N=5	N=0
	Travaux sur le pied de talus	11<15<20	Aucune opération recensée.	
		N=6		
Brut de minage	Travaux sur le pied de talus	5<10<14		
		N=25		

Pour les enrochements sur les *digues*, il apparaît que le coût unitaire est :

- supérieur à 26 €/t pour les travaux de construction, reconstruction et réparation,
- inférieur à 26 €/t pour les travaux sur les talus.

Au vu des éléments chiffrés dont on dispose, cette différence peut s'expliquer par le fait que les opérations qui affectent la globalité de l'ouvrage sont généralement des opérations menées sur des linéaires limités et qui utilisent par conséquent des quantités généralement faibles (généralement inférieures à 1 000 t). Lorsque des quantités plus importantes sont employées, le coût devient proche de 26 €/t.

A l'inverse, les opérations sur les talus sont des opérations de renforcement, menées généralement sur de grands linéaires, et qui emploient en conséquence des tonnages plus importants (en général supérieurs à 1 000 t), ce qui permet des économies d'échelle.

La qualité des enrochements, les conditions d'accès et les conditions de mises en œuvre entrent aussi en ligne de compte dans les différences observées, que ce soit pour les digues ou pour les autres types d'ouvrages :

- Sur les *perrés maçonnés*, les valeurs fluctuent de façon importante, de 22 à 46 €/t, sans rapport évident avec le tonnage.
- Sur les *épis*, les deux opérations ont bénéficié de facteurs favorables, respectivement : carrière relativement proche (13 km) et réutilisation des enrochements. Ces éléments expliquent les valeurs plus faibles observés sur les épis que sur les digues et perrés.

En comparaison des enrochements le coût massique du brut de minage est sensiblement inférieur : de 25 à 50 % suivant que l'on considère la valeur moyenne ou les valeurs haute et basse.

## 9 Étude spécifique sur les terrassements

### 9.1 Objet de cette étude spécifique

Les ouvrages les plus répandus dans le domaine fluvial sont les digues et pour ces ouvrages, une part prépondérante des travaux relève des terrassements. Les seuls déblais et remblais, évacuation et apport de matériaux représentent par rapport au coût total :

- pour les opérations de terrassement et de végétalisation (construction, reconstruction totale ou partielle, confortement de talus), une part généralement comprise entre 40 % et 90 %,
- pour les digues disposant d'enrochement en carapace, une part comprise entre 15 et 60 %.

Ces pourcentages seraient encore plus élevés si les ouvrages annexes correspondant à la voirie et aux divers réseaux ne représentaient souvent une proportion significative du coût.

Il était donc indispensable d'étudier de façon approfondie le coût des terrassements. Pour apporter une vision plus complète de ce sujet, cette partie traitera non seulement des déblais et remblais, de l'apport et de l'évacuation des matériaux mais également des opérations connexes de :

- débroussaillage et décapage,
- mise en œuvre des géotextiles anticontaminants ou biodégradables,
- mise en œuvre de la terre végétale et de l'ensemencement.

La présente partie est structurée de la façon suivante :

- présentation synthétique des coûts,
- présentation détaillée des coûts.

Dans la mesure où les principaux travaux de terrassement ont lieu sur les digues, ouvrages très largement prédominants, la détermination des coûts a été menée en considérant ces seuls ouvrages. Il a été vérifié ensuite que les coûts apparaissant sur les autres types d'ouvrages étaient bien conformes aux estimations produites.

## 9.2 Synthèse des coûts observés sur les terrassements

Il doit être rappelé tout d'abord que les volumes exprimés dans cette étude représentent les volumes mobilisés pour un poste de travaux (« déblais » ou « remblais ») et non pour l'enchaînement de plusieurs postes (par exemple « déblais et remblais »). Cette convention a également été retenue dans les présentations précédentes suivant la méthodologie générale.

	Poste de chantier	Coût surfacique (€/m <sup>2</sup> )	Coût volumique (€/m <sup>3</sup> )
Préparation de terrain, déblai, mise en dépôt et évacuation	Débroussaillage	0,2<1<1,60 (en fonction du type et de la densité de la végétation et en fonction des conditions d'accès)	NA
	Déblais (y compris mise en dépôt)	NA	1<1,50<2 si matériau mis en remblais directement
			2<2,50<3 si dépôt sur le site du chantier
			3<3,50<4 si dépôt sur le site proche du chantier
			4<5<6 si dépôt à quelques centaines de mètres du chantier
Évacuation des déblais	NA	2€/m <sup>3</sup> pour une grande quantité évacuée sur un site favorable (zone d'emprunt par exemple) Jusqu'à 13€/m <sup>3</sup> pour un matériau non réutilisable évacué à une grande distance.	
Remblais et aménagements de surface	remblai par réutilisation de matériaux déblayés	NA	0,40<1<1,20 pour remblai sans compactage (si reprise sur un dépôt, addition de 2 à 5 €/m <sup>3</sup> suivant la distance) 2,50<3<3,50 pour remblai avec compactage (si reprise sur un dépôt, addition de 2 à 5 €/m <sup>3</sup> suivant la distance)
	remblai par matériaux provenant d'une zone d'emprunt	NA	3<4<5 si quantité importante et matériau sans caractéristique particulière. Des prix de 8 à 12€/m <sup>3</sup> sont observés dans le cas inverse.
	remblai par matériaux d'apport	NA	13<17<20 suivant la quantité mobilisée
	géotextile anti-contaminant	0,70<1,2<4 en fonction de la superficie couverte	NA
	géotextile biodégradable	1 à 5€/m <sup>2</sup> en fonction des conditions de mise en œuvre	NA
	terre végétale	NA	3<7<19 suivant que les matériaux proviennent du site ou sont importés
	ensemencement d'une végétation rase	0,3<0,5<1,50	NA

Pour mieux orienter le lecteur le détail des coûts est présenté dans la suite en distinguant :

- les matériaux manipulés lors des opérations de préparation de terrain : débroussaillage, décapage, déblais et évacuation des matériaux,
- les matériaux manipulés lors des opérations de remblais et de finition : les remblais avec des matériaux provenant du site, de zones d'emprunt ou de carrières, les géotextiles anti-contaminants ou biodégradables, la terre végétale et l'ensemencement.

Le coût de réfection des chemins de digue étant largement détaillé dans l'analyse par type de travaux, ces éléments ne sont pas repris ici.

## **9.3 Détail des coûts observés sur les débroussaillages, déblais, dépôt, évacuation**

### **9.3.1 Débroussaillage (+ abattage et dessouchage si non distingué dans DE)**

Le débroussaillage présente de fortes variations de coût : entre 0,2 et 1,60 €/m<sup>2</sup>. Les prestations peuvent en effet être très différentes suivant le type et la densité de la végétation et en fonction des conditions d'accès. Lorsqu'il n'y a pas d'abattage ou de dessouchage, ce poste est peu influent sur le prix.

### **9.3.2 Déblais (y compris mises en dépôt)**

Cette section intègre le prix des décapages de surface.

L'opération de déblais peut être évaluée entre 1 et 2 €/m<sup>3</sup>.

Si un dépôt sur le site du chantier est nécessaire, un coût supplémentaire de 1 €/m<sup>3</sup> est observé sur l'opération de déblais.

Si un dépôt à proximité du chantier est nécessaire, un coût supplémentaire de 2 €/m<sup>3</sup> est observé sur l'opération de déblais.

Si un dépôt sur un site distant de quelques centaines de mètres est nécessaire, un coût supplémentaire de 3 ou 4 €/m<sup>3</sup> est observé sur l'opération de déblais.



*Illustration 79 : Terrassement en déblai –  
Institution Adour*



*Illustration 80 : Digue Nord d'Arles, clef  
d'ancrage – Symadrem*

### **9.3.3 Évacuation déblais**

Le coût de l'évacuation de matériau peut être estimé a minima autour de 2 €/m<sup>3</sup>.

L'évacuation à une distance de quelques kilomètres d'un matériau non réutilisable est bien plus onéreuse : un exemple est trouvé à 13 €/m<sup>3</sup>.



## **9.4 Détail des coûts observés sur les remblais et les aménagements de surface**

Cette section traite du coût :

- des remblais avec des matériaux provenant du site, de zones d'emprunt ou de carrières (dans ce dernier cas, les matériaux sont dits « d'apport »),
- des géotextiles anticontaminants ou biodégradables,
- de la terre végétale et de l'ensemencement d'une végétation rase. (Les autres techniques de génie végétal ne sont pas abordées dans la présente étude).

### **9.4.1 Remblai par réutilisation des matériaux déblayés**

Les prix de remblais issus de matériaux prélevés sur place sont différents suivant qu'ils sont ou ne sont pas compactés.

Rappelons que pour la construction de la digue proprement dite, les remblais doivent en général être compactés. Des remblais simples peuvent toutefois être réalisés dans des cas bien déterminés, par exemple pour des travaux annexes : piste d'accès...

Pour les remblais simples, les coûts observés varient de 0,40 à 1,20 €/m<sup>3</sup> en fonction des conditions de mise en œuvre.

Pour les remblais compactés, les coûts observés sont généralement compris entre 2,5 et 3,5 €/m<sup>3</sup>.

Dans les deux cas, les quantités supérieures à 10 000 m<sup>3</sup> permettront généralement de se situer dans le bas de la fourchette. La nature du matériau exerce aussi une grande influence : le terrassement de sable peut être deux fois moins coûteux que le terrassement d'un matériau contenant des pierres.

La reprise sur un site de dépôt éloigné peut augmenter sensiblement le prix : de 2 à 5 €/m<sup>3</sup> supplémentaires suivant les quantités déplacées et la distance.



*Illustration 81 : Terrassement en remblai – SIJALAG*



*Illustration 82 : Compacteur – Symadrem*



*Illustration 83 : Marque de compactage – Egis*

Sur une opération relative à la création d'un bassin de rétention, le traitement à la chaux (cf. Illustration 84) augmente sensiblement le prix de matériaux de remblais fourni et mis en œuvre. Celui-ci passe de 2 à 9 €/m<sup>3</sup>.

D'autres techniques de renforcement de sol (cf. exemple de l'utilisation de Géogrille sur l'illustration 85) sont susceptibles d'augmenter le coût des opérations de remblais.



*Illustration 84 : Traitement à la chaux*



*Illustration 85 : Remplissage de géogrille – Symadrem*

### 9.4.2 Remblai par matériaux provenant d'une zone d'emprunt

Le coût de mise en remblais de matériaux provenant de zones d'emprunt est compris entre 3 et 5 €/m<sup>3</sup>.

La recherche de caractéristiques particulières (matériau drainant) ou l'emploi de faibles quantités (inférieures à 1 000 m<sup>3</sup>) conduit à une augmentation de coût (coûts observés respectivement à 8 et 10 €/m<sup>3</sup>).



*Illustration 86 : Apport de matériau d'une zone d'emprunt – Institution Adour*

### 9.4.3 Remblai par matériaux « d'apport » (ou de carrière)

Le coût de remblais à partir d'un matériau d'apport sélectionné (hors argile) varie entre 13 et 20 €/m<sup>3</sup>. Selon les quantités mobilisées (inférieures ou supérieures à 10 000 m<sup>3</sup>), le coût se situera vers le haut ou vers le bas de la fourchette. La distance du chantier à la carrière influe également sur le coût.

Dans le cas de l'argile, le coût est bien supérieur. Dans deux exemples relevés, les coûts sont les suivants :

- 37 €/m<sup>3</sup> pour un volume de 500 m<sup>3</sup>,
- 245 €/m<sup>3</sup> pour un volume de 60 m<sup>3</sup>.



*Illustration 87 : réglage à la pelle du matériau d'apport – ADIDR*

#### 9.4.4 Géotextile anti-contaminant

Le coût du géotextile anti-contaminant (cf. Illustration 88) est faible par rapport au montant global (de 1 à 2 %).

Dans les exemples recensés, le coût se situe autour de 0,70 €/m<sup>2</sup> pour les grandes superficies (supérieures à 10 000 m<sup>2</sup>).

Pour des superficies réduites, il augmente :

- de 1,20 €/m<sup>2</sup> entre 5 000 et 10 000 m<sup>2</sup>,
- de 1,20 à 4 €/m<sup>2</sup> pour des surfaces inférieures à 1 000 m<sup>2</sup>.

D'autres dispositions vis-à-vis des animaux fouisseurs (cf. Illustration 89) sont susceptibles d'augmenter le coût des opérations de surface.



*Illustration 88 : Mise en œuvre de concassé sur géotextile anti-contaminant – ADIDR*



*Illustration 89 : Grillage anti-fouisseurs – Symadrem*

#### 9.4.5 Géotextile biodégradable

Le coût du géotextile biodégradable (cf. Illustration 90) représente un pourcentage plus important que le géotextile anti-contaminant : de 5 à 10 % du montant global d'une opération. Il varie sensiblement d'une opération à une autre – de 1 à 5 €/m<sup>2</sup> –, sans que ces variations soient en relation avec les surfaces couvertes. La nature du géotextile et les conditions de mise en œuvre sont sans doute à l'origine de ces variations.

Ci-après sont présentées quelques photos correspondant à la pose de géotextile biodégradable en jute tissé.

L'objectif de ce géotextile qui a été posé sur le chantier d'Amboise (cf. Illustration 90) est de garantir la tenue de la terre végétale (sableuse) sur le talus côté val en cas de fortes pluies en attente de la repousse du gazon (cf. Illustration 91).



*Illustration 90 : Géotextile biodégradable côté val – DREAL Centre*



*Illustration 91 : Géotextile biodégradable côté val après repousse du gazon – DREAL Centre*

Le même type de géotextile a également été posé sur le chantier de Montlouis côté Loire afin de retenir la terre végétale en cas de montée des eaux toujours en attente de la repousse du gazon (cf. Illustration 92 et Illustration 93).



*Illustration 92 : Pose de géotextile biodégradable côté Loire – DREAL Centre*



*Illustration 93 : Pose de géotextile biodégradable côté Loire – DREAL Centre*

### 9.4.6 Terre végétale

Les coûts observés pour la terre végétale sont très variables : de 3 à 19 €/m<sup>3</sup> suivant que les matériaux du site sont réutilisés ou que les matériaux sont importés (site de prélèvement plus ou moins éloigné).



*Illustration 94 : mise en œuvre de terre végétale – ADIDR*

### 9.4.7 Ensemencement d'une végétation rase

Les coûts d'ensemencement d'une végétation rase représentent dans les opérations réalisées un pourcentage très faible de l'opération (inférieur à 1 %).

Ces coûts sont de l'ordre de 0,5 €/m<sup>2</sup>. Dans de rares cas, ils dépassent 1€/m<sup>2</sup>.



*Illustration 95 : Ensemencement par voie hydraulique – Symadrem*

## 10 Étude spécifique sur les maçonneries

### 10.1 Objet de cette étude spécifique

Cette section est dédiée à la maçonnerie et vise à appréhender la diversité des interventions et les coûts associés. Il est essentiel de remarquer tout d'abord que le traitement des ouvrages utilisant ce matériau varie suivant le contexte :

- sur de nombreuses digues situées en environnement péri-urbain ou rural, la maçonnerie est présente mais peu visible car recouverte de terre. Dans ce cas les interventions mettent en œuvre d'autres solutions techniques moins coûteuses et les coûts liés aux travaux de maçonnerie apparaissent peu ou pas dans le décompte des opérations.
- par contre lorsque la maçonnerie est présente sur des perrés et murs de soutènement situés en site urbain, sa valeur patrimoniale est généralement reconnue et des travaux sont alors entrepris pour la restaurer. Dans ce cas, les interventions de réparation ou de réfection de maçonneries représentent une part importante du coût des interventions.

Dans les opérations recensées, opérations qui concernent exclusivement les perrés et les murs de soutènement, la maçonnerie est mise en œuvre de façon combinée avec d'autres techniques (béton armé ou fibré, palplanches). La part du coût de la maçonnerie varie entre 20 et 45 % du coût total. Il peut bien entendu exister des opérations où la maçonnerie représente une part bien plus importante du coût total.

Le coût des travaux de maçonnerie dépend de la nature des désordres et du type d'ouvrage. Il peut être observé notamment que les maçonneries utilisées dans le domaine fluvial sont de types variables tant au niveau du parement qu'au niveau du support qui peut être meuble (matériau de granulométrie contrôlée) ou dur (béton). Lorsque la pente de l'ouvrage augmente, le support tend à se rigidifier. Les systèmes d'accroche des pierres et le mode de traitement de la maçonnerie (rejointoiement, ragréage des cavités, injection des fissures) sont adaptés à ces configurations et le coût varie en conséquence.

Donner un coût global pour des prestations de maçonnerie a donc relativement peu de sens dans la mesure où ces prestations sont en général réalisées sur des ouvrages existants, très divers, et combinent des prestations variables de réparation, de renforcement ou de réfection. Pour donner une estimation, il faut donc *a minima* connaître la nature des travaux. Sur la base de cette connaissance la présente partie vise à préciser les coûts associés.

### 10.2 Synthèse des coûts observés sur les maçonneries

Les interventions recensées sur les ouvrages maçonnés ont été classées de façon simplifiée dans les groupes suivants :

- réfection de maçonnerie avec matériaux réutilisés,
- réfection de maçonnerie avec matériaux fournis,
- rejointoiement, ragréage de cavités et injections de fissures.

### 10.3 Détail des coûts observés sur les maçonneries

<i>Synthèse des coûts pour les maçonneries</i>	
Techniques employées	Coûts surfaciques (€/m <sup>2</sup> )
reconstruction avec réutilisation de matériaux	170<300<470
reconstruction avec fourniture de matériaux	200<370<630
Rejointoiement, ragréage de cavités, injection de fissures	45<80<120

#### 10.3.1 Réfection de maçonnerie avec matériaux réutilisés

La réfection de maçonnerie a un coût variant de 170 à 470 €/m<sup>2</sup>, ce qui reflète l'hétérogénéité de ces interventions (différents types de matériaux qui supportent plus ou moins bien d'être réutilisés, différents types d'agencements, de supports...). Un coût moyen de 300 €/m<sup>2</sup> peut néanmoins être retenu en première approche.

#### 10.3.2 Réfection de maçonnerie avec matériaux fournis

Dans les opérations recensées, la réfection de maçonnerie avec apport de nouveaux matériaux n'est que légèrement supérieure en coût à la réutilisation de matériaux en place : le coût varie de 370 à 630 €/m<sup>2</sup> avec une moyenne à 370 €/m<sup>2</sup>. En d'autres termes, pour les opérations recensées, le coût de fourniture de matériaux nouveaux n'est que légèrement supérieur à celui de la dépose et du travail soigné sur le matériau recyclé.

#### 10.3.3 Rejointoiement, ragréage de cavités et injections de fissures

Pour l'estimation de ces travaux de rejointoiement, ragréage de cavités et injections de fissures, le coût de l'ensemble de ces prestations a été rapporté à la surface rejointoyée.

Le coût de ces prestations varie de 45 à 120 €/m<sup>2</sup>. Mais il apparaît généralement que dans le cas d'un rejointoiement simple, le coût est compris entre 45 et 80 €/m<sup>2</sup>. Le coût augmente lorsque se rajoute le traitement des fissures et des cavités. Logiquement lorsque ce traitement prend des proportions trop importantes, les travaux s'orientent vers une réfection de la maçonnerie avec les coûts présentés précédemment et qui sont supérieurs.



Illustration 96 : Reprise rejointement – Symadrem



Illustration 97 : Perré rénové, Arles – Symadrem



## 11 Références

Document stratégique interrégional pour la poursuite du Plan Loire Grandeur Nature sur la période 2007-2013, 2006, DREAL Centre

Les digues de protection contre les inondations – la mise en œuvre de la réglementation issue du décret n° 2007-1735 du 11/12/2007, CEPRI

Rapport de présentation synthétique du projet Isère amont, SYMBHY, 2009

Norme ISO 15686-5 – Calcul du coût global, CGDD, 2009

Les enseignements des inondations de 2010 sur le littoral Atlantique (Xynthia) et dans le Var (p.128), Cour des comptes, 2012

Programme de sécurisation des ouvrages de protection contre les crues du Rhône du barrage de Vallabrègues à la mer, Thibaut Mallet, Symadrem, 2012

International Levee Handbook, CIRIA/CETMEF/USACE, 2013

Analyse multicritères des projets de prévention des inondations. Guide Méthodologique, CGDD, 2014



**ANNEXE A : Tableau des opérations de travaux  
relatives aux digues – en complément étude spécifique  
aux terrassements**

Construction ou reconstruction

Terrassement et végétalisation

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Total m² matelas de gabion	Total m³ déblais & remblais	Prix HT	Prix total m² HT matelas de gabion	Prix total m³ HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total m² HT mars 2011	Prix total m³ HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m² matelas de gabion HT mars 2011	Coût au m³ terrassement HT mars 2011	Observations	Prix installation de chantier HT mars 2011	% installation chantier	% matelas de gabion	% déblais-remblais	% cumulé
FD13370(2)	Mallemort (13)	SMAVD	Reconstruction	DGD	1000	4	995,85	70512,96	315614,68	20912,85	158432,14	2010 avr	655,8	680,4	327454	21697,32	164375,16	327,45	21,79	2,33	aménagement d'une piste et pose d'équipements (buse diamètre 800 et glissière de sécurité)	53940,11	16%	7%	50%	73%
FD13350	Charleval (13)	SMAVD	restructuration	Marché	1125	3,5	520	61550	617167,85	16536,00	326775,5	2011 juin	680,4	680,4	617168	16536	326775,5	548,59	31,8	5,31	aménagement d'une piste et pose d'équipements (buse diamètre 800 et glissière de sécurité)	65327	11%	3%	53%	66%
FD04190	les Mées (04)	SMAVD	restructuration (digue de l'Annonciade)	Facture	400	3,5	750	9459	91965,69	28500	23105,69	2006 mars	546,8	680,4	114436	35463,42	28751,12	286,09	47,28	3,04	autres protections de talus ou crête par grave ciment et béton bitumineux	8088,15	7%	31%	25%	63%
FD13370	Mallemort (13)	SMAVD	restructuration	DGD	400	3	436	9494	77049,40	19620	31590,9	2009 mai	623,1	680,4	84134,83	21424,25	34495,99	210,34	49,14	3,63	création d'une piste ; aménagement d'un escalier	0	0%	25%	41%	66%
FD84120	Pertuis (84)	SMAVD	reconstruction (digue du père grand amont)	DGD	1000	3	s.o.	56055,92	583229,17		265741,08	2007 oct	585,6	680,4	677645		308760,64	677,65		5,51	dispositif de drainage (108000€), busage du canal d'irrigation (28000€) et équipement divers (14000€) soit 26% du montant total	38917,35	6%	0%	46%	51%
FD33320	Eysines (33)	SIJALAG	réfection (digue sud)	DE	250	3	s.o.	1740	49631,00		11622	2003 juill	484,9	680,4	69641,02		16307,71	278,56		9,37	Apport de 500 m³ d'argile à 36,5€/m³ (coût actualisé). Canalisations pour 230 m = 11454€ soit 49,8€/m. Ces deux postes représentent 24454€ soit 49% du montant total	4414,39	6%	0%	23%	30%
FD40300	Hastingsues (40)	Institution Adour	Reconstruction	Avenant 1	5717	hauteur estimée : 2 m	s.o.	87131	1037587		678935,4	2009 oct	633	680,4	1115283	0	729775,11	195,08		8,38	Marché en 3 sections ; pas de plan ; battage de pieux en bois (53750€), ouvrages à clapets (20000€), construction d'un déversoir de 150ml (49000€) soit 11% du total. Des enrochements ont également été posés mais ne représentent que 4% du total.	15969,08	1%	0%	65%	67%

CAMoy/ml	CAMoy/m2	CAMoy/m3
361 €	38 €	5 €
CAMini/ml	CAMini/m2	CAMini/m3
195 €	22 €	2 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m2	CAMaxi/m3
680 €	49 €	9 €

Terrassement et enrochement

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Total m³	T total	Prix HT	Prix total m³ HT	Prix enrochement (f,t,p) HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total m³ HT mars 2011	Prix enrochement HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011 (€)	Coût au m³ HT mars 2011	Coût à la tonne HT mars 2011	Observations	Blocométrie	tonnage d'enrochement au ml	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% déblais-remblais	% enrochement	% cumulé
FD84360	Lauris (84)	SMAVD	restructuration	DGD	400	9	57975	19800	806516,5	131287,1	469913,5	2009 mai	623,1	680,4	880683,4	143360,2	513126,54	2201,71	2,47	25,92	Prix de déblai chenal provisoire et pistes de 42237,50€HT	500 à 3000 kg	49,5	80895,75	9%	16%	58%	83,73%
FD05110	Monétier-Allemont (05)	SMAVD	réparation (travaux urgence) ; tranche ferme	DGD	120	1,5	1950	367,2	91700,00	2050,00	13260	2009 mars	617,8	680,4	100992	2257,72	14603,6	841,6	1,16	39,77	opération compliquée par la pose d'une buse diamètre 1000 et le coulage de 252m³ de béton (22680€ HT)	500 à 2000 kg	3,06	24779,86	25%	2%	14%	41,23%
FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)	SMAVD	Reconstruction ; tranche conditionnelle	DGD	n.c	2,5	20000	864	74390,00	42690	31200	2009 mars	617,8	680,4	81927,74	47015,66	34361,41	n.c	2,35	39,77		1000 à 3000 kg	#VALEUR !	550,66	1%	57%	42%	100,00%
FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)	SMAVD	Reconstruction	DGD	698	hauteur estimée 8,5 m	243171	40167,36	1744137,91	258174,56	1131097,48	2011 juill	680,4	680,4	1744138	258174,6	1131097,5	2498,76	1,06	28,16	réaménagement des lacs est compris dans le prix total HT soit 290685,71 € ; pas de plan	0,5 à 2 t ; 1 à 3 t	57,55	31981,92	2%	15%	65%	81,49%
FD14230	Isigny-sur-mer (14)	CG14	Reconstruction	DGD	40	4,6	646,84	159,9	24761,83	10178,71	4875,32	2000 mai	443,3	680,4	38005,75	15622,82	7482,9	619,05	15,74	30,49	opération digue + aqueduc ; 145t d'argile à 98,45€/T (coût actualisé)	10 à 300 kg	4	0	0%	41%	20%	60,80%

CAMoy/ml	CAMoy/m3	CAMoy/t
1 540 €	5 €	33 €
CAMini/ml	CAMini/m3	CAMini/t
620 €	1 €	26 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m3	CAMaxi/t
2 500 €	10 €	40 €





Enrochement et pose éventuelle d'un matelas de gabion (opérations effectuées sous perré maçonné)

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	Hauteur de confortement H (m)	Pente	T total	Prix HT	Prix enrochement (i.l.p) HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix enrochement HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût à la tonne HT mars 2011	Coût au m² de matelas de gabions HT mars 2011	Obs	Blocométrie	tonnage d'enrochement au ml	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% enrochement	% matelas de gabions	% cumulé
FP84300	Cavaillon (84)	SMAVD	Renforcement digue Sébastiani	DGD	625	4,5	3 sur 2	22484,74	475433,72	344610,33	2002 juill	469,5	680,4	688999,15	499409,73	1102,4	22,21	30,15	3679m² de gabions à 110909 € (prix actualisé mars 2011) ; Densité enrochement = 1,8	500 à 2000 kg	35,98	13767,41	2,00%	72,48%	16,10%	90,58%
FP45640	Sandillon (45)	Etat	protection	DGD	1460	5	3 sur 2	31185	1459704	1325340,6	2009 juin	625,6	680,4	1587568	1441435	1087,38	46,22	s.o.	Densité = 1,8	supérieur à 2 t	21,36	60905,37	3,84%	90,80%	0,00%	94,63%
FD45560	Saint-Denis en val (45)	Etat	renforcement	Marché	300	5	3 sur 2	1440	64940	46400	2010 juin	660,6	680,4	66886,43	47790,74	222,95	33,19	s.o.	Densité = 1,8 (enrochement en volume)	inférieur à 300kg	4,8	2000	2,99%	71,45%	0,00%	74,44%
	Ouvrouer-les-champs, Sigloy, Germigny-des-près et Saint-Benoît-sur-Loire (45)	DDE Loiret	protection	DGD	2295		3 sur 2 et 2 sur 1	54230,08	2240405	1869230,5	2009 juill	625,3	680,4	2437824	2033942,8	1062,23	37,51	s.o.			23,63	202281	8,30%	83,43%	0,00%	91,73%
	Barraux (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	300	3,5	n.c	4067	72350,83	72350,83	2005-déc	534,2	680,4	92151,82	92151,82	307,17	22,66	s.o.	Coût à la tonne calculé sur prix HT mars 2011	100/200/400kg	13,56	n.c	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%

CAMoy/ml	CAMoy/t	CAMoy/m²
756 €	32 €	30 €
CAMini/ml	CAMini/t	CAMini/m²
220 €	22 €	30 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/t	CAMaxi/m²
1 100 €	46 €	30 €

talus

Terrassement et enrochement

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Total m³	T total	Prix HT	Prix total m³ HT	Prix enrochement (f,t,p) HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total m³ HT mars 2011	Prix enrochement HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m3 HT mars 2011	Coût à la tonne HT mars 2011	Obs	Blocométrie	tonnage enrochement par ml	Prix installation chantier HT mars 2011	% installation chantier	% déblais-remblais	% enrochement	% cumulé
	La Rivière (38)	AD Isère	Confortement talus	synthèse opération	180		15750	3780	235038,02	151450	58170	2010 fév	637,4	680,4	250894,05	161667,05	62094,24	1393,86	10,26	16,43	Banquette en 0/400 avec 3 épis déflecteurs, réalisation de rampe d'accès et risberme en rivière (8000 m3 à 13€/m3). Les autres déblais remblais sont à 3,10€/m3.	100/200/400 kg	21	3267,5	1%	64%	25%	90,49%
	La Rivière (38)	AD Isère	Confortement ponctuel	synthèse opération	5		115	36	1605	1051	554	2010 avr	655,8	680,4	1665,21	1090,42	574,78	333,04	9,48	15,97	remblais à 13€/m3	100/200/400 kg	7,2	n.c		65%	35%	100,00%
FD04380 (2)	Barras (4)	SMAB	Réfection (lot2)	DGD	163		560,00	892,8	35359,5	4060,00	21402	2010 nov	661,2	680,4	36386,27	4177,89	22023,47	223,23	7,46	24,67	réutilisation de 36% d'enrochement (10€/T contre 30€/T pour enrochement importés), revégétalisation	50/150 kg	5,48	2469,69	7%	11%	61%	78,80%
	Montbonnot saint martin (38)	AD Isère	confortement	synthèse opération	100		6050,00	720	143526,6	84505,00	11920	2009 mai	623,1	680,4	156725,24	92276,04	13016,16	1567,25	15,25	18,08	stabilisation du pied de berge par banquette de matériau 0/400 et protection talus par panneau en acier galvanisé rempli de concassé 40/60.	100/200/400 kg	7,2	6026,52	4%	59%	8%	71,03%
	La Terrasse - Lumbin (38)	AD Isère	réfection de la confluence du ruisseau du Carré et de l'Isère, Confortement des berges du ruisseau du Carré	synthèse opération	200		n.c	1812	33057,69	n.c	33057,7	2003 février	481,4	680,4	46723	n.c	46723	233,62	n.c	25,79		n.c	9,06	n.c			100%	100,00%
	Gières (38)	AD Isère	Confortement de la courbe de Charlet	synthèse opération	260		3525,5	8926	227336,12	n.c	n.c	2004 -nov	523,5	680,4	295471,82	n.c	n.c	1136,43	n.c	n.c	mise en œuvre de 1960T de 70/200mm, 1897T de 0/400mm et 3194T de 0/400mm argileux	n.c	34,33	n.c		###	#VALEUR !	###
	Grenoble (38)	AD Isère	Confortement de la courbe de Grangeage	synthèse opération	565		2970	41000	702057,59	n.c	n.c	2005-juin	520	680,4	918615,36	n.c	n.c	1625,87	n.c	n.c	mise en œuvre de 940T de 70/200mm et de 5000T de 0/400mm	n.c	72,57	n.c		###	#VALEUR !	###
	la Terrasse (38)	AD Isère	renforcement de digue	synthèse opération	706		16952	16000	502864,55	157431,92	236640	2005 - août	521,9	680,4	655583,52	205243,68	308507,1	928,59	12,11	14,79	Mise en œuvre de 13500T de matériaux de carrière 0/400 : 13€/m3 Mise en dépôt provisoire de 5000m3 de déblais à environ 450m puis reprise et compactage : 14 €/m3. 1460 m² de matelas de gabion à 40,26€/m²(2005)/m²	100/200/400 kg	22,66	n.c		31%	47%	78,37%
	Grenoble (38)	AD Isère	Renforcement pied digue & aménagement berge	synthèse opération	218		n.c	5200	205077,38	n.c	n.c	2004-mars	509,9	680,4	273651,01	n.c	n.c	1255,28	n.c	n.c	Coût à la tonne calculé sur prix HT mars 2011. Technique mixte : enrochement et techniques végétales : ensemencement, lit de plants et plançons, arbustes	n.c	23,85	n.c		###	#VALEUR !	###
	Crolles (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	610		n.c	23082	337468,78	n.c	n.c	2005-déc	534,2	680,4	429827,33	n.c	n.c	704,63	n.c	18,62	Coût à la tonne calculé sur prix HT mars 2011. En sus de l'enrochement, apport de matériaux 0/400, de terre végétale et ensemencement.	100/200/400 kg	37,84	n.c		###	#VALEUR !	###
FD05190(2)	Remollon (05)	SMAVD	renforcement	Situation	1400	hauteur évaluée à 3m	25517	10146,6	311452,58	26756	223890	2011 juill	680,4	680,4	311452,58	26756	223890,47	222,47	1,05	22,07	pas de plan	0,5 à 2 t : 1 à 3 t	7,25	2572	1%	9%	72%	81,30%
site internet SMAVD	Nove (13)	SMAVD	Confortement de la digue de Peyrevert	bilan intégrant coût de maîtrise d'oeuvre	250	4	6500	292205				2005 sept	528	680,4	376545,99			1506,18			1250 m² de matelas de gabions et terre végétale ensemencée		26			0%	0%	0,00%
site internet SMAVD	Lauris (84)	SMAVD	Confortement de la digue de Lauris		100	6	5700	4680	157190,64			2004 août	521,3	680,4	205164,99			2051,65			pied de talus : carapace en enrochement. Parement : matelas de gabion;		46,8			0%	0%	0,00%

CAMoy/ml	CAMoy/m3	CAMoy/t
1 014 €	9 €	20 €
CAMini/ml	CAMini/m3	CAMini/t
220 €	6 €	15 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m3	CAMaxi/t
2 050 €	15 €	26 €



Pied de talus

Mise en œuvre de brut de minage 0/400

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	T total	Prix HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût à la tonne HT mars 2011	Obs
	Crolles-Lumbin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	410	n.c	25521	181066,62	2001-sept	456	680,4	270170,46	658,95	10,59	62T/ml
	Gières (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	100	n.c	5360	57816,88	2001-juin	453,8	680,4	86687,1	866,87	16,17	linéaire assez faible : 100m. 54T/ml
	Lumbin(38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	370	n.c	15783	116578,61	2001-nov	455,8	680,4	174023,88	470,33	11,03	43T/ml
	la Terrasse-Goncelin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	1260	n.c	46188	382742,01	2001-déc	455,7	680,4	571467,33	453,55	12,37	37T/ml
	Sainte Marie d'Alloix (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	270	n.c	17578	140521,49	2001-juin	453,8	680,4	210689,34	780,33	11,99	65T/ml
	Gières (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	50	n.c	3499	48373,41	2002-déc	474	680,4	69437,27	1388,75	19,84	faible linéaire : 50m. 70T/ml
	Goncelin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	736	n.c	36000	311209,89	2002-juill	469,5	680,4	451005,77	612,78	12,53	50T/ml
	la Terrasse (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	181	n.c	14835	126662,1	2002-mars	462,6	680,4	186296,79	1029,26	12,56	82T/ml
	Montbonnot (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	550	n.c	24120	126808,82	2002-mars	462,6	680,4	186512,58	339,11	7,73	44T/ml
	Tencin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	500	n.c	21710	186909,76	2003-avr	484,9	680,4	262267,27	524,53	12,08	43T/ml
	Saint Quentin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	700	n.c	25000	115120,74	2001-mars	448,5	680,4	174644,71	249,49	6,99	36T/ml
	Tullins (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	300	n.c	26346	114470,45	2001-fév	446,8	680,4	174318,92	581,06	6,62	91T/ml
	l'Albenc (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	360	n.c	28426	125690,49	2002-mars	462,6	680,4	184867,72	513,52	6,5	79T/ml
	Polienas (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	380	n.c	17450	96366,47	2002-mars	462,6	680,4	141737,45	372,99	8,12	46T/ml
	Saint Quentin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	290	n.c	6833	36786,77	2002-mars	462,6	680,4	54106,61	186,57	7,92	Assez faible tonnage au ml : 24T/ml
	Tullins (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	380	n.c	32922	136395,79	2002-fév	459,7	680,4	201878,82	531,26	6,13	87T/ml
	Veurey (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	1200	n.c	15000	74436,81	2002-mars	462,6	680,4	109482,93	91,24	7,3	Grand linéaire : 1200m et faible tonnage au ml : 13T/ml
	Voreppe (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	460	n.c	26000	102710,9	2002-mars	462,6	680,4	151068,95	328,41	5,81	57T/ml
	Veurey (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	Fiche synthèse	1057	n.c	49792	602845,36	2004-fév	499,7	680,4	820844,47	776,58	16,49	47T/ml
	La Rivière (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	190	n.c	17400	61212,86	2003-avr	484,9	680,4	85892,41	452,07	4,94	92T/ml
	Polienas (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	86	n.c	31999	145045,55	2003-déc	490,5	680,4	201200,8	2339,54	6,29	faible linéaire : 86m. Fort tonnage au ml : 80T/ml
	Saint Quentin (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	100	n.c	3500	34510,73	2003-janv	478,3	680,4	49092,83	490,93	14,03	35T/ml
	La Rivière (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	190	n.c	23598	120165,24	2004-janv	494,3	680,4	165406,49	870,56	7,01	124T/ml
FD38660	Lumbin (38)	AD Isère	Confortement pied digue	Fiche synthèse	150	n.c	14800	109711,05	2010 avr	655,8	680,4	113826,47	758,84	7,69	Pied de perré. Réutilisation de matériaux déblayés et apport de 0/400. Réalisation piste. 99 T/ml
	Polienas (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	Fiche synthèse	315	n.c	16700	68568,14	2003-mars	484,6	680,4	96272,72	305,63	5,76	coût à la tonne calculé sur prix total HT : 53T/ml

CAMoy/ml	CAMoy/T
639 €	10 €
CAMini/ml	CAMini/T
250 €	5 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/T
1 000 €	20 €

Pied de talus

Terrassement et enrochement

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H(m) de la butée	m3 déblais-remblais	T total	Prix HT	Prix total m³ HT	Prix enrochement (f.t.p) HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total m³ HT mars 2011	Prix enrochement HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m3 de déblais-remblais mars 2011	Coût à la tonne HT mars 2011	Obs	Blocométrie	tonnage au ml	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% déblais-remblais	% enrochement	% cumulé
FP44450	Saint Julien de Concelles & la Chapelle Bassem (44)	CG44	confortement (Boire d'anjou côté Loire) en pied de parement maçonné	Marché	430	2	5400	6200	174663	65250	68200	2010 oct	660,8	680,4	179843,68	67185,38	70222,88	418,24	12,44	11,33	Stockage des 4650m3 de déblais sur site de l'entrepreneur ; Pris en compte dans calcul déblais-remblais : 1100T de matériau 0/31,5 à 18€/T et 200m3 de terre végétale à 10€/m3	10 à 300 kg	14,42	29654,24	16,49%	37,36%	39,05%	92,89%
FP44450(2)	Saint Julien de Concelles & la Chapelle Bassem (44)	CG44	construction drain (Chaussin Rioux côté val)	Marché	45	2	790	600	27280	7690	7800	2010 oct	660,8	680,4	28089,15	7918,09	8031,36	624,2	10,02	13,39	Stockage de 350m3 de déblais sur site de l'entrepreneur ; Pris en compte dans calcul déblais-remblais : 80T de matériau 0/31,5 à 18€/T et 100m3 de terre végétale à 10€/m3 ; mur de soutènement autostable de 40ml à 6000€.	petits enrochements 40/120	13,33	3912,71	13,93%	28,19%	28,59%	70,71%
FP44450(3)	Saint Julien de Concelles & la Chapelle Bassem (44)	CG44	enrochement et remblais en pied de parement maçonné	Marché	250	2	350	750	43970	4230	8250	2010 oct	660,8	680,4	45274,19	4355,47	8494,7	181,1	12,44	11,33		10 à 300 kg	3	7825,42	17,28%	9,62%	18,76%	45,67%
	Seyssins (38)	AD Isère	Renforcement pied digue	synthèse opération	115	n.c	n.c.	2210	66495,86	n.c.	36023	2006-nov	565,6	680,4	79992,54	#VALEUR !	43334,6	695,59	#VALEUR !	19,61	linéaire assez faible : 115m	200/400/800kg	19,22	7557,83	9,45%	#VALEUR !	54,17%	63,62%
	Saint Nazaire les Eymes (38)	AD Isère	Confortement pied & talus digue	synthèse opération	21	n.c	162	360	20179,51	1201	5960	2011 janv	674	680,4	20371,13	1212,4	6016,59	970,05	7,48	16,71		100/200/400kg	17,14	n.c	###	5,95%	29,53%	###
FD44450	Saint Simon (44)	CG44	renforcement La Blanchetière – Boire d'Anjou (côté Loire)	Marché	950	2,5	n.c.	14254,2	353087,88	n.c.	219356,3	2006 mai	553,6	680,4	433961,33	#VALEUR !	269599,04	456,8	#VALEUR !	18,91	Largeur minimale à la base 1,5m, hauteur minimale 2m ; marché divisé en plusieurs parties et classé selon les matériaux	10 à 300 kg	15	28906,84	6,66%	#VALEUR !	62,13%	68,79%

CAMoy/ml	CAMoy/m3	CAMoy/t
633 €	11 €	15 €
CAMini/ml	CAMini/m3	CAMini/t
420 €	8 €	11 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m3	CAMaxi/t
970 €	13 €	20 €

Pied de talus

Gabion

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	Hauteur des gabions (m)	Total m³	Prix HT	Prix m³ (f.t.p) HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix m³ HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m3 gabion HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% gabion	% cumulé
FD38600	Fontaine (38)	AD Isère	Confortement	synthèse opération	497	2	3145	704393,95	401939	2009-déc	630,6	680,4	760021,64	433681,09	1529,22	137,9	Dont 232 m de rampe d'accès et travaux importants sur les réseaux	47221,93	6,21%	57,06%	63,27%
FD44450 (3)	Saint Simon (44)	CG44	renforcement (côté val)	Marché	179	2	349	74725,96	55469,26	2006 mai	553,6	680,4	91841,66	68174,29	513,08	195,34	Marché comprenant plusieurs parties et classé selon les techniques dans les tables de données relatives au confortement en pied de talus.	6117,71	6,66%	74,23%	80,89%

CAMoy/ml	CAMoy/m3
1021,15	166,62
CAMini/ml	CAMini/m3
513,08	137,9
CAMaxi/ml	CAMaxi/m3
1529,22	195,34

actualisation du matériau drainant

	Prix m3	Prix m3 mars 2011
FD38600	17,8	19,21
FD44450 (3)	16,35	20,09

Béton armé

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m) hauteur de soutènement	Total m3 (hors béton de propreté)	Prix HT	Prix total m³ HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total m³ HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m3 HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier
FD44450 (2)	Saint Simon (44)	CG44	renforcement butée pied av soutènement (côté val)	Marché	65	2	57	35101,41	20873,51	2006 mai	553,6	680,4	43141,26	25654,51	663,71	450,08	Hauteur de soutènement 1,75m ; marché comprenant plusieurs parties et classé selon les techniques dans les tables de données relatives au confortement en pied de talus.	2873,71	6,66

actualisation du béton de propreté

	Prix m²	Prix m² mars 2011
FD44450 (2)	11,9	14,63

Pied de talus

palplanches

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Total m² estimé à partir de la masse et des caractéristiques de profilé PU8	Prix HT	Prix total m² HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total m² HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m² HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% palplanches	% total étudié
FD45800	Combleux (45)	Ministère environnement	confortement (amont) TC2	avenant au marché TC2	180	12	1210	203629,2	184926,77	1998 mai	422,8	680,4	327694,67	297597,38	1820,53	245,95		25514,52	7,79%	90,82%	98,60%
FD45800(2)	Combleux (45)	Ministère environnement	confortement (aval)	Marché TC3	150	7,33	1100	281853,84	149521,99	1997 oct	422,7	680,4	453686,66	240678,41	3024,58	218,8	Corniche en béton armé sur palplanches. Remblai en grave sableuse et grave ciment entre palplanche et berge. Le rejointoiement et la réfection de parement maçonné constituent le reste de l'opération	25520,55	5,63%	53,05%	58,67%
FD45360(4)	Saint Firmin sur Loire (45)	Ministère environnement	mise en place palplanches	avenant au marché TC4	280	6,68	1870	212896,58	204451,58	1998 mai	422,8	680,4	342608,4	329018,11	1223,6	175,95	Corniche en béton armé sur palplanches. Remblai en grave ciment entre palplanche et berge.	7752,49	2,26%	96,03%	98,30%
FD45360	Saint Firmin sur Loire (45)	Ministère environnement	mise en place palplanches	DGD tranche ferme	241	8,72	2102,2	238818,62	205187,89	2001 mai	452,5	680,4	359098,76	308530,03	1490,04	146,77	Creusement d'une tranchée préalablement au battage des palplanches PU8. Puis liaisonnement au parement maçonné par béton et remblaiement de la tranchée; nettoyage et rejointoiement de perré.	14464,37	4,03%	85,92%	89,95%
FD45360(2)	Saint Firmin sur Loire (45)	Ministère environnement	mise en place palplanches	DGD tranche conditionnelle 1	536	8,95	4796,37	458996,79	404024,89	2001 mai	452,5	680,4	690168,87	607510,57	1287,63	126,66		14464,37	2,10%	88,02%	90,12%
FD45360(3)	Saint Firmin sur Loire (45)	Ministère environnement	mise en place palplanches	DGD tranche conditionnelle 2	252	9,88	2490,87	253320,67	227642,45	2001 mai	452,5	680,4	380904,72	342293,75	1511,53	137,42		14464,37	3,80%	89,86%	93,66%

masse linéaire PU6 (kg/ml)	76
masse linéaire PU8 (kg/ml)	90,9
masse linéaire PU12 (kg/ml)	110,1
masse linéaire PU16 (kg/ml)	124,5

	masse PU6	surface PU6	masse PU8	surface PU8	masse PU12	surface PU12	hauteur
FD45800	52000	684,21	47000	517,05	107000	971,84	12,07
FD45800(2)			100000	1100,11			7,33
FD45360			191090	2102,2			8,72
FD45360(1)			435990	4796,37			8,95
FD45360(2)			226420	2490,87			9,88
FD45360(4)			170000	1870,19			6,68

CAMoy/ml	CAMoy/m²
1 467 €	175 €
CAMini/ml	CAMini/m²
1 200 €	140 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m²
1 800 €	250 €

crête

réfection chemin de digue

Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	surface type1	surface type2	surface type3	Prix HT	Prix réfection type1 HT (réfection simple)	Prix réfection type2 HT (réfection soignée)	Prix réfection type3 HT (réfection soignée sur matériaux terreux)	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix réfection type1 HT mars 2011	Prix réfection type2 HT mars 2011	Prix réfection type3 HT mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m² HT type1 mars 2011	Coût au m² HT type2 mars 2011	Coût au m² HT type3 mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier
Lumbin (38)	AD Isère	Réfection chemin digue	Fiche synthèse	1500	0	4800	1200	27805	0	16320	11280	2008 mai	621,2	680,4	30454,8	0	17875,29	12354,98	20,3	#DIV/0 !	3,72	10,3		224,54	0,74%
Crolles (38)	AD Isère	Réfection chemin digue	Fiche synthèse	2200	2800	6000	0	23125	2520	20400	0	2008 juin	629,5	680,4	24994,84	2723,76	22049,5	0	11,36	0,97	3,67	#DIV/0 !		221,58	0,89%
La Buisnière (38)	AD Isère	Réfection chemin digue	Fiche synthèse	1050	12000	0	1400	25096	10800	0	13160	2008 avril	612,6	680,4	27873,52	11995,3	0	14616,49	26,55	1	#DIV/0 !	10,44	Mise en œuvre de 45T d'enrochement 100/200/400kg	227,69	0,82%
Villard-Bonnot (38)	AD Isère	Réfection chemin digue	Fiche synthèse	2580	0	11000	0	22885,64	0	37400	0	2008 mars	606	680,4	25695,36	0	41991,68	0	9,96	#DIV/0 !	3,82	#DIV/0 !	Mise en œuvre de 18T d'enrochement 100/200/400kg	735,42	2,86%
Crolles (38)	AD Isère	Réfection piste après travaux	Fiche synthèse	1000	3500	0	0	3355	3150	0	0	2010 avr	655,8	680,4	3480,85	3268,16	0	0	3,48	0,93	#DIV/0 !	#DIV/0 !		212,69	6,11%
La Rivière (38)	AD Isère	Réfection chemin digue	Fiche synthèse	2050	3500	1500	3500	42605	3150	4950	30100	2008 mars	606	680,4	47835,71	3536,73	5557,72	33795,45	23,33	1,01	3,71	9,66	Reprise et mise en remblais de 1400m3 de matériau déposé hors zone de terrassement	230,17	0,48%
Saint Quentin (38)	AD Isère	Confortement talus et réfection piste	Fiche synthèse	110	0	0	400	7565	0	0	3440	2008 oct	624,7	680,4	8239,52	0	0	3746,72	74,9	#DIV/0 !	#DIV/0 !	9,37	Confortement de 50m de talus par 320T de 0/400 et mise en œuvre de 90T d'enrochement 100/200/400kg	223,28	2,71%
Bourg d'Oisans (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	4880	28000	0	0	53600	49400	0	0	2010 oct	660,8	680,4	55189,83	50865,25	0	0	11,31	1,82	#DIV/0 !	#DIV/0 !	largeur de 8 à 10 mètre sur une partie de la section traitée	1544,49	2,80%
Bourg d'Oisans (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	2000	0	0	7500	52281	0	0	49071,2	2007 oct	585,6	680,4	60744,52	0	0	57015,1	30,37	#DIV/0 !	#DIV/0 !	7,6	scarification et recyclage enrobés ou bichouches présents sur place	3729,65	6,14%
Pontcharra (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	4500	0	16200	0	46862,45	0	40014	0	2005 déc	534,2	680,4	59687,78	50965,04	50965,04	0	13,26	#DIV/0 !	3,15	#DIV/0 !		8722,74	14,61%
Lumbin (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	2150	8600	0	0	4487	3010	0	0	2006 nov	565,6	680,4	5397,73	3620,94	0	0	2,51	0,42	#DIV/0 !	#DIV/0 !		1776,79	32,92%
Muriette (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	2500	3200	6800	0	18237	1120	15640	0	2006 mars	546,8	680,4	22692,86	1393,65	19461,33	0	9,08	0,44	2,86	#DIV/0 !		1837,88	8,10%
Frogès (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	900	3600	0	0	5207	1260	0	0	2006 oct	565,5	680,4	6264,97	1516,01	0	0	6,96	0,42	#DIV/0 !	#DIV/0 !	Sur 50m, talutage, pose de treillis coco et ensemencement	1777,1	28,37%
La Buisnière (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	2300	13000	7000	0	26238,07	6890	17290	0	2006 déc	564,7	680,4	31613,92	8301,68	20832,51	0	13,75	0,64	2,98	#DIV/0 !		2479,74	7,84%
Tencin (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	4250	18000	0	0	7777	6300	0	0	2006 nov	565,6	680,4	9355,5	7578,71	0	0	2,2	0,42	#DIV/0 !	#DIV/0 !		1776,79	18,99%
Crolles (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	2100	10000	5000	0	16477	3500	11500	0	2006 mars	546,8	680,4	20502,84	4355,16	14309,8	0	9,76	0,44	2,86	#DIV/0 !	largeur 5m	1837,88	8,96%
Saint Nazaire les Eymes (38)	AD Isère	Réfection piste	Fiche synthèse	3250	0	15000	0	35977	0	34500	0	2007 févr	573,6	680,4	42675,65	0	40923,64	0	13,13	#DIV/0 !	2,73	#DIV/0 !		1752,01	4,11%

Coût linéaire par type de travaux :

CAMoy/ml type1	CAMoy/ml type2	CAMoy/ml type3
3,8	12,1	52,6
CAMini/ml type1	CAMini/ml type1	CAMini/ml type1
2,2	10,0	30,4
CAMaxi/ml type1	CAMaxi/ml type2	CAMaxi/ml type3
7,0	13,3	74,9

CAMoy/ml	CAMoy/m² type1	CAMoy/m² type2	CAMoy/m² type3
16,6	0,8	3,3	9,5
CAMini/ml	CAMini/m² type1	CAMini/m² type1	CAMini/m² type1
2,2	0,4	2,7	7,6
CAMaxi/ml	CAMaxi/m² type1	CAMaxi/m² type2	CAMaxi/m² type3
74,9	1,8	3,8	10,4

étude terrassements

débroussaillage (+ abattage et dessouchage si non distingué dans DE)

	Id	Lieu & Département	surface	coût au m <sup>2</sup>	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m <sup>2</sup>	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	30245	0,21	2010 avr	655,8	680,4	0,22	
	FD13350	Charleval (13)	26000	0,18	2011 juin	680,4	680,4	0,18	
	FD04190	les Méés (04)			2006 mars	546,8	680,4	0	
	FD13370	Mallemort (13)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD84120	Pertuis (84)	300	1,4	2007 oct	585,6	680,4	1,63	faible quantité
	FD33320	Eysines (33)	2300	1,12	2003 juill	484,9	680,4	1,57	faible quantité

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	4100	0,4	2009 mai	623,1	680,4	0,44	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)	1000	1	2009 mars	617,8	680,4	1,1	
	FD40300	Hastings (40)	5292	1,05	2009 oct	633	680,4	1,13	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)	36730	0,41	2011 juill	680,4	680,4	0,41	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)			2007 oct	585,6	680,4	0	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)			2010 nov	661,2	680,4	0	
		Montbonnot saint martin (38)			2009 mai	623,1	680,4	0	
		la Terrasse (38)			2005 - août	521,9	680,4	0	
	FD05190(2)	Remollon (05)	6275	0,41	2011 juill	680,4	680,4	0,41	

Conclusion :

Le débroussaillage représente environ 1€ par m<sup>2</sup> (variant entre 0,2 et 1,60€/m<sup>2</sup>). Lorsqu'il n'y a pas d'abattage ou de dessouchage, ce poste est peu influant sur le prix.

étude terrassements

déblais (y compris décapage)

	Id	Lieu & Département	volume	coût au m3	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m3	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	7693	0,82	2010 avr	655,8	680,4	0,85	décapage
	FD13350	Charleval (13)	6400	4,05	2011 juin	680,4	680,4	4,05	Décapage (3,37€/m3) et mise en dépôt (0,68€/m3) ; déblais sans décapage et mise en dépôt : 2,23€/m3
	FD04190	les Mées (04)	2000	0,7	2006 mars	546,8	680,4	0,87	décapage et déblais
	FD13370	Mallemort (13)	10000	1,5	2009 mai	623,1	680,4	1,64	déblais réutilisables sur site
	FD84120	Pertuis (84)	22214	3,12	2007 oct	585,6	680,4	3,63	déblais réutilisables sur site
	FD33320	Eysines (33)	1500	3,45	2003 juill	484,9	680,4	4,84	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastings (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)	123924	1,38	2011 juill	680,4	680,4	1,38	déblais réutilisables sur site
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)	11962,58	1,96	2007 oct	585,6	680,4	2,28	déblais réutilisables sur site
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)	50	3,1	2009 janv	623,4	680,4	3,38	comprend la mise en dépôt hors zone de terrassement
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)	2000	3,1	2010 fév	637,4	680,4	3,31	comprend la mise en dépôt hors zone de terrassement
	FD04380 (2)	Barras (4)			2010 nov	661,2	680,4	0	
		Montbonnot saint martin (38)	1800	1,5	2009 mai	623,1	680,4	1,64	hors dépôt et évacuation
		la Terrasse (38)	5020	4,45	2005 - août	521,9	680,4	5,8	comprend la mise en dépôt (entre 200 et 500m de la zone de terrassement) ; déblais en rivière : 832m3 à 0,81€/m3.
	FD05190(2)	Remollon (05)	16798	1,38	2011 juill	680,4	680,4	1,38	déblais réutilisables sur site

Conclusion :

L'opération de déblais peut être évaluée entre 1 et 2€/m3.

Si un dépôt sur site est nécessaire, un coût supplémentaire de 1€ est observé sur l'opération de déblais.

Si un dépôt sur un site proche est nécessaire, un coût supplémentaire de 2€ est observé sur l'opération de déblais.

Si un dépôt sur un site distant de quelques centaines de mètres est nécessaire, un coût supplémentaire de 3 ou 4 € est observé sur l'opération de déblais.

étude terrassements

Evacuation déblais

	Id	Lieu & Département	volume	coût au m3	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m3	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	8011,3	1,9	2010 avr	655,8	680,4	1,97	Evacuation sur zone d'emprunt
	FD13350	Charleval (13)			2011 juin	680,4	680,4	0	
	FD04190	les Méés (04)			2006 mars	546,8	680,4	0	
	FD13370	Mallemort (13)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD84120	Pertuis (84)			2007 oct	585,6	680,4	0	
	FD33320	Eysines (33)			2003 juill	484,9	680,4	0	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	29351	1,5	2009 mai	623,1	680,4	1,64	grande quantité
	FD05110	Monétier-Allemont (05)	1950	3	2009 mars	617,8	680,4	3,3	faible quantité
	FD40300	Hastings (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)			2011 juill	680,4	680,4	0	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)			2007 oct	585,6	680,4	0	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)			2010 nov	661,2	680,4	0	
		Montbonnot saint martin (38)	2000	11,6	2009 mai	623,1	680,4	12,67	
		la Terrasse (38)			2005 - août	521,9	680,4	0	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

Le coût de l'évacuation de matériau peut être estimé a minima autour de 2€.

L'évacuation à une grande distance d'un matériau non réutilisable est bien plus onéreuse : un exemple est trouvé à 13€/m3.



étude terrassements

remblai par réutilisation matériaux déblayés

	Id	Lieu & Département	volume	coût au m3	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m3	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)			2010 avr	655,8	680,4	0	
	FD13350	Charleval (13)	2000	4,09	2011 juin	680,4	680,4	4,09	
	FD04190	les Mées (04)			2006 mars	546,8	680,4	0	
	FD13370	Mallemort (13)	13000	2,4	2009 mai	623,1	680,4	2,62	
	FD84120	Pertuis (84)	16790	2,02	2007 oct	585,6	680,4	2,35	
	FD33320	Eysines (33)	1500	3,45	2003 juill	484,9	680,4	4,84	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	18157	2,4	2009 mai	623,1	680,4	2,62	remblais simple 1,20€/m3
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	remblais simple 0,80€/m3
	FD40300	Hastings (40)	43637	3	2009 oct	633	680,4	3,22	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)	51700	0,73	2011 juill	680,4	680,4	0,73	remblais simple 0,41€/m3
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)	11963	2,15	2007 oct	585,6	680,4	2,5	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)	50	3	2009 janv	623,4	680,4	3,27	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)	750	3	2010 fév	637,4	680,4	3,2	
	FD04380 (2)	Barras (4)	460	6	2010 nov	661,2	680,4	6,17	comprend les déblais
		Montbonnot saint martin (38)			2009 mai	623,1	680,4	0	
		la Terrasse (38)	4200	6,5	2005 - août	521,9	680,4	8,47	comprend la reprise du déblais situé de 200 à 500m de la zone de terrassement.
	FD05190(2)	Remollon (05)	8719	0,41	2011 juill	680,4	680,4	0,41	remblais simple.

Conclusion :

Les prix de remblais issus de matériaux prélevés sur place sont différents suivant qu'ils sont ou ne sont pas compactés.

Pour les remblais simples, les coûts observés varient de 0,40 à 1,20€/m3.

Pour les remblais compactés ils sont généralement compris entre 2,5 et 3,5€/m3.

Dans les deux cas, les quantités supérieures à 10000 m3 permettront généralement de se situer dans le bas de la fourchette.

Cependant, la reprise sur un site de dépôt éloigné peut augmenter sensiblement le prix : de 2 à 5€/m3 supplémentaires suivant les quantités déplacées et la distance.

étude terrassements

remblai par matériaux provenant d'une zone d'emprunt

	Id	Lieu & Département	volume	coût au m3	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m3	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	39194	3	2010 avr	655,8	680,4	3,11	
	FD13350	Charleval (13)	11500	5,26	2011 juin	680,4	680,4	5,26	
	FD04190	les Méas (04)	7459	2,91	2006 mars	546,8	680,4	3,62	
	FD13370	Mallemort (13)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD84120	Pertuis (84)			2007 oct	585,6	680,4	0	
	FD33320	Eysines (33)			2003 juill	484,9	680,4	0	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastingues (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)	6700	4,5	2009 mars	617,8	680,4	4,96	remblais simple 3,80€/m3
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)			2011 juill	680,4	680,4	0	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)	24696	6,63	2007 oct	585,6	680,4	7,7	sélection de matériaux drainants
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)	450	6,4	2002 mars	462,6	680,4	9,41	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)			2010 nov	661,2	680,4	0	
		Montbonnot saint martin (38)			2009 mai	623,1	680,4	0	
		la Terrasse (38)			2005 - août	521,9	680,4	0	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

La mise en remblais de matériaux provenant de zones d'emprunt est comprise entre 3 et 5€/m3.

La recherche de caractéristiques particulières (matériau drainant) ou l'emploi de faibles quantités (inférieures à 1000 m3) augmente le coût (respectivement coûts observés à 8 et 10 €).

étude terrassements

remblai par matériaux d'apport

	Id	Lieu & Département	volume	coût au m3	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m3	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)			2010 avr	655,8	680,4	0	
	FD13350	Charleval (13)	23500	6,63	2011 juin	680,4	680,4	6,63	Matériau issu de zone d'emprunt?
	FD04190	les Méès (04)			2006 mars	546,8	680,4	0	
	FD13370	Mallemort (13)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD84120	Pertuis (84)	13025	11,29	2007 oct	585,6	680,4	13,12	
	FD33320	Eysines (33)			2003 juill	484,9	680,4	0	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)			2009 mai	623,1	680,4	0	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastingues (40)	43494	12,6	2009 oct	633	680,4	13,54	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)			2011 juill	680,4	680,4	0	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)	4557,5	18	2009 oct	633	680,4	19,35	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)	4573	20,14	2007 oct	585,6	680,4	23,41	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)	600	13	2009 janv	623,4	680,4	14,19	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)	11000	13	2010 fév	637,4	680,4	13,88	
	FD04380 (2)	Barras (4)			2010 nov	661,2	680,4	0	
		Montbonnot saint martin (38)	3000	15,1	2009 mai	623,1	680,4	16,49	
		la Terrasse (38)			2005 - août	521,9	680,4	0	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

Le coût de remblais à partir d'un matériau d'apport sélectionné varie entre 13 et 20€/m3.

Selon les quantités mobilisées (inférieures ou supérieures à 10 000m3), le prix se situera vers le haut ou vers le bas de la fourchette.

étude terrassements

géotextile anti-contaminant

	Id	Lieu & Département	surface	coût au m²	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m²	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	14911	0,62	2010 avr	655,8	680,4	0,64	
	FD13350	Charleval (13)	17041	0,71	2011 juin	680,4	680,4	0,71	
	FD04190	les Mées (04)	750	1	2006 mars	546,8	680,4	1,24	
	FD13370	Mallemort (13)	5000	0,7	2009 mai	623,1	680,4	0,76	
	FD84120	Pertuis (84)			2007 oct	585,6	680,4	0	
	FD33320	Eysines (33)			2003 juill	484,9	680,4	0	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	9044	0,78	2009 mai	623,1	680,4	0,85	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastingues (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)	18400	0,65	2011 juill	680,4	680,4	0,65	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)	7720	0,95	2007 oct	585,6	680,4	1,1	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)	400	2,6	2010 nov	661,2	680,4	2,68	feutre anti-contaminant type « bidim »
		Montbonnot saint martin (38)	800	3,6	2009 mai	623,1	680,4	3,93	
		la Terrasse (38)			2005 – août	521,9	680,4	0	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

Le prix du géotextile anticontaminant, lorsqu'il est utilisé, représente un coût faible par rapport au montant global (de 1 à 2%).

Ce coût se situe autour de 0,70€/m² pour les grandes superficies (supérieures à 10 000m²).

Pour des superficies réduites, il augmente : 1,20€/m² entre 5000 et 10000m², de 1,20 à 4€/m² pour des surfaces inférieures à 1000m².

étude terrassements

géotextile biodégradable

	Id	Lieu & Département	surface	coût au m²	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m²	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	16679	1,01	2010 avr	655,8	680,4	1,05	
	FD13350	Charleval (13)	11000	2,09	2011 juin	680,4	680,4	2,09	
	FD04190	les Mées (04)			2006 mars	546,8	680,4	0	
	FD13370	Mallemort (13)	4100	3,4	2009 mai	623,1	680,4	3,71	
	FD84120	Pertuis (84)	12515	3,84	2007 oct	585,6	680,4	4,46	
	FD33320	Eysines (33)			2003 juill	484,9	680,4	0	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	7215	3,4	2009 mai	623,1	680,4	3,71	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastingues (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)			2011 juill	680,4	680,4	0	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)			2007 oct	585,6	680,4	0	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)			2010 nov	661,2	680,4	0	
		Montbonnot saint martin (38)			2009 mai	623,1	680,4	0	
		la Terrasse (38)	1460	2,06	2005 – août	521,9	680,4	2,69	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

Le coût du géotextile biodégradable représente un pourcentage plus important que le géotextile anti-contaminant : de 5 à 10% du montant global d'une opération.

Il varie sensiblement d'une opération à une autre – de 1 à 5€/m²-, sans que ces variations soient en relation avec les surfaces couvertes.

Le type de géotextile et les conditions de mise en œuvre sont probablement à l'origine de ces écarts.

étude terrassements

terre végétale

	Id	Lieu & Département	volume	coût au m3	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m3	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	3104	3,22	2010 avr	655,8	680,4	3,34	
	FD13350	Charleval (13)	4400	4,11	2011 juin	680,4	680,4	4,11	
	FD04190	les Mées (04)	810	6	2006 mars	546,8	680,4	7,47	
	FD13370	Mallemort (13)	800	17,1	2009 mai	623,1	680,4	18,67	
	FD84120	Pertuis (84)	1450	13,4	2007 oct	585,6	680,4	15,57	
	FD33320	Eysines (33)	240	5,3	2003 juill	484,9	680,4	7,44	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	1136	17,1	2009 mai	623,1	680,4	18,67	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastingues (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)			2011 juill	680,4	680,4	0	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)			2007 oct	585,6	680,4	0	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)	100	13	2010 nov	661,2	680,4	13,38	
		Montbonnot saint martin (38)	240	4,9	2009 mai	623,1	680,4	5,35	
		la Terrasse (38)	150	12,96	2005 – août	521,9	680,4	16,9	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

Les coûts observés pour la terre végétale sont très variables :

de 3 à 19€ suivant que les matériaux du site sont réutilisés ou que des matériaux d'apport sont importés (site de prélèvement plus ou moins éloigné).

étude terrassements

ensemencement

	Id	Lieu & Département	surface	coût au m²	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	coût actualisé au m²	observations
construction remblais	FD13370(2)	Mallemort (13)	16679	0,4	2010 avr	655,8	680,4	0,42	
	FD13350	Charleval (13)	16000	0,23	2011 juin	680,4	680,4	0,23	
	FD04190	les Mées (04)	2500	0,4	2006 mars	546,8	680,4	0,5	
	FD13370	Mallemort (13)	4100	0,3	2009 mai	623,1	680,4	0,33	
	FD84120	Pertuis (84)	14500	0,4	2007 oct	585,6	680,4	0,46	
	FD33320	Eysines (33)	3450	1,3	2003 juill	484,9	680,4	1,82	

construction remblais et enrochement	FD84360	Lauris (84)	6500	0,3	2009 mai	623,1	680,4	0,33	
	FD05110	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD40300	Hastingues (40)			2009 oct	633	680,4	0	
	FD05110(2)	Monétier-Allemont (05)			2009 mars	617,8	680,4	0	
	FD05190	Rochebrune (05) & Piégut (04)			2011 juill	680,4	680,4	0	
	FD14230	Isigny-sur-mer (14)			2000 mai	443,3	680,4	0	

confortement remblais végétalisé	FD64520	Came, Bidache, Bardos & Guiche (64)			2009 oct	633	680,4	0	
		Bourg d'Oisans (la croix du Plan) (38)	34000	0,46	2007 oct	585,6	680,4	0,53	
		L'Albenc (Saint Gervais) (38)			2009 janv	623,4	680,4	0	
	FD56860(2)	Séné (56)			2002 mars	462,6	680,4	0	

confortement remblais et enrochement		La Rivière (38)			2010 fév	637,4	680,4	0	
	FD04380 (2)	Barras (4)	631	1,5	2010 nov	661,2	680,4	1,54	
		Montbonnot saint martin (38)			2009 mai	623,1	680,4	0	
		la Terrasse (38)	2000	0,65	2005 – août	521,9	680,4	0,85	
	FD05190(2)	Remollon (05)			2011 juill	680,4	680,4	0	

Conclusion :

Les coûts d'ensemencement représentent dans les opérations réalisées un pourcentage très faible de l'opération (inférieur à 1%). Ces coûts sont de l'ordre de 0,5€/m². Dans de rares cas ils dépassent 1€/m².





**ANNEXE B : Tableaux des opérations de travaux  
relatives aux perrés et murs de soutènement – en  
complément étude spécifique à la maçonnerie**

perré - réfection

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Pente	volume déblais remblais (m3)	surface palplanche (m²)	volume béton (m3)	surface de parement maçonné (m²)	Prix HT	Prix total déblais remblais HT	Prix total palplanche HT	Prix total béton HT	Prix total parement maçonné HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total déblais remblais HT mars 2011	Prix total palplanche HT mars 2011	Prix total béton HT mars 2011	Prix total parement maçonné HT mars 2011	Ratio au ml HT mars 2011	Ratio au m3 déblais remblais HT mars 2011	Ratio au m' palplanche HT mars 2011	Ratio au m³ béton HT mars 2011	Ratio au m' maçonnerie HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% déblais remblais	% palplanche	% béton	% maçonnerie	% cumulé
FP13200	Aries (13) quai St Pierre amont	Symadrem	réfection	DGD	270	9	1 sur 2	25303	1358	977,5	4693	2485315	391940	287479	262998	833584	2010 sept	659,2	680,4	2565243	404544,9	296724,38	271456,07	860392,2	9500,9	15,99	218,5	277,7	183,34	prise en compte béton fibré pour la structure mais pas le béton désactivé de VRD (295822€); rejointoiement 3361m², reconstruction 1332 m², pierre de couronnement en béton teinté (205ml à 66215€) et traitement au minéralisant des maçonnerie (4798m² à 34586€)	319697,17	12%	16%	12%	11%	34%	84%
FP13200 (2)	Aries (13) quai St Pierre aval et trinquetaille	Symadrem	réfection	DGD	600	8	1 sur 1	3191	3665	1791	3864	4121876	139957	920966	509877	1055324	2010 sept	659,2	680,4	4254436	144458	950584,45	526274,74	1089263	7090,73	45,27	259,37	293,84	281,9	rejointoiement 1741m², reconstruction 2123 m², Injection du quai haut 455m3 144476€, micropieux 23319€, batardeaux (barrière de protection contre les inondations) 48216€, béton désactivé 504515€, finitions 318073€.	274541,71	6%	3%	22%	12%	26%	70%
FP13200 (3)	Aries (13) quai de la Gabelle	Symadrem	réfection	DGD	260	7	1 sur 1	2184	1532	450,4	3878	1147410	135136	300165	135621	352516	2010 sept	659,2	680,4	1184311	139482	309818,36	139982,6	363853	4555,04	63,87	202,23	310,8	93,82	rejointoiement 2715m², reconstruction 1163 m²	226012,12	19%	12%	26%	12%	31%	100%

CAMoy/ml	CAMoy/m³	CAMoy/m²	CAMoy/m³	CAMoy/m²
7 049 €	42 €	227 €	294 €	186 €
CAMini/ml	CAMini/m³	CAMini/m²	CAMini/m³	CAMini/m²
4 500 €	16 €	200 €	270 €	90 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m³	CAMaxi/m²	CAMaxi/m³	CAMaxi/m²
9 500 €	64 €	260 €	310 €	280 €

Soutènement - construction et confortement

béton revêtu de maçonnerie (avec éventuellement palplanche en butée)

Id	Lieu & Département	Maitre ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H (m)	Pente	volume déblais remblais (m3)	surface palplanche (m²)	volume béton (m3)	surface de parement maçonné (m²)	Prix HT	Prix total déblais remblais HT	Prix total palplanche HT	Prix total béton HT	Prix total parement maçonné HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total déblais remblais HT mars 2011	Prix total palplanche HT mars 2011	Prix total béton HT mars 2011	Prix total parement maçonné HT mars 2011	Ratio au ml HT mars 2011	Ratio au m3 déblais remblais HT mars 2011	Ratio au m² palplanche HT mars 2011	Ratio au m³ béton HT mars 2011	Ratio au m² maçonnerie HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% déblais remblais	% palplanche	% béton	% maçonnerie	% cumulé
FP29460	Daoulas (29)	Daoulas	construction	DGD	225	3	1 sur 10	8925	s.o.	844	621	455605	72962,5	s.o.	189215	124936	2004 juill	518,9	680,4	597405,36	95671,01	s.o.	248105	163820,49	2655,13	10,72	s.o.	293,96	263,8	surface et prix parement prenant en compte pierre de couronnement	32962,48	6%	16%	0%	42%	27%	90%
FP04380	Thoard (4)	SMAB	Réfection (lot1)	DGD	13	3,2	vertical	100	s.o.	52	83	38184	3600	s.o.	24689	7095	2010 sept	659,2	680,4	39412	3715,78	s.o.	25483	7323,18	3031,69	37,16	s.o.	490,06	88,23	Mise en décharge des déblais ; rejointoiement de maçonnerie et reconstitution couronnement des murs	1500	4%	9%	0%	65%	19%	96%
FP45150	Jargeau (45)	Ministère environnement	rénovation	Marché	82	6	1 sur 10	2000	s.o.	510	750	1512395	24200	s.o.	291197	550582	2002 juill	469,5	680,4	2191765	35070,67	s.o.	422003	797904,14	26728,84	17,54	s.o.	827,46	1063,87	Hauteur importante ; Maçonnerie réalisée pour moitié avec des pierres d'apport et pour moitié avec des pierres réutilisées ; 533770€ d'injection et scellement	69957	3%	2%	0%	19%	36%	60%
FP44450 (4)	Saint Julien de Concelles & la Chapelle Basse mer (44)	CG44	restauration mur revanche	Marché	521	2,5	vertical	350	s.o.	157,5	1302,5	636754	4168	s.o.	246518	282657,5	2008 sept	635,5	680,4	681742,6	4462,48	s.o.	263935	302628,11	1308,53	12,75	s.o.	1675,78	232,34	voile en béton projeté de 15cm d'épaisseur pour mur de revanche ; s'ajoute en surplomb une murette.	64584	9%	1%	0%	39%	44%	93%
FS13200	Quai de la Roquette Aries (13)	SYMADREM	réfection de quai	DGD	650	6	vertical	4563	1280	577,58	2116,58	2095646	80433	348003	378828	450922	2010 sept	659,2	680,4	2163042	83019,74	359194,84	391011	465423,74	3327,76	18,19	280,62	676,98	219,89	Les prix de bétons désactivés (CA=610 386€) et de mise en place de batardeaux (CA=356 721€) n'ont pas été intégrés dans le prix total.	271958,73	13%	4%	17%	18%	22%	73%

CAMoy/ml	CAMoy/m³	CAMoy/m²	CAMoy/m³	CAMoy/m²
2 581 €	19 €	281 €	572 €	374 €
CAMini/ml	CAMini/m³	CAMini/m²	CAMini/m³	CAMini/m²
1 300 €	10 €	281 €	300 €	90 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m³	CAMaxi/m²	CAMaxi/m³	CAMaxi/m²
3 300 €	37 €	281 €	830 €	1 100 €

observations sur l'opération FS13200 : calcul du coût surfacique du béton désactivé et des batardeaux

	coût HT	CA HT	surface	CA par m²
béton désactivé	591368	610386,5	7030	86,83
Batardeaux (11 éléments de tailles variables)	345607	356721,8	99,63	3580,6

étude maçonnerie

détail maçonnerie

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	surface rejointoiement, ragréage cavités, injection fissures	surface reconstruction avec matériaux réutilisés	surface reconstruction avec matériaux fournis	prix total maçonnerie	prix rejointoiement, ragréage cavités, injection fissures	prix reconstruction avec matériaux réutilisés	prix reconstruction avec matériaux fournis	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	prix total maçonnerie mars 2011	prix rejointoiement, ragréage cavités, injection fissures mars 2011	prix reconstruction avec matériaux réutilisés mars 2011	prix reconstruction avec matériaux fournis mars 2011	ratio au m² rejointoiement, ragréage cavités, injection fissures	ratio au m² reconstruction avec matériaux réutilisés	ratio au m² reconstruction avec matériaux fournis	% rejointoiement, ragréage cavités, injection fissures	% reconstruction avec matériaux réutilisés	% reconstruction avec matériaux fournis	%cumulé	observations
FP13200	Arlés (13) quai St Pierre amont	Symadrem	réfection	DGD	3361	728	604	833584	273014	261303	193032	2010 sept	659,2	680,4	860392,22	281794,18	269706,56	199239,95	83,84	370,48	329,87	33%	31%	23%	87%	Rejointoiement : 191577€ ; ragréage de cavité : 50300€ ; injection de fissures : 3301€.
FP13200 (2)	Arlés (13) quai St Pierre aval et trinquette	Symadrem	réfection	DGD	1741	138	1985	1055324	140109	39444	664975	2010 sept	659,2	680,4	1089263,42	144614,93	40712,53	686360,73	83,06	295,02	345,77	13%	4%	63%	80%	Rejointoiement : 102719€ ; ragréage de cavité : 0€ ; injection de fissures : 6480€.
FP13200 (3)	Arlés (13) quai de la Gabelle	Symadrem	réfection	DGD	2715	177	986	352516	118945	29913	196235	2010 sept	659,2	680,4	363852,98	122770,29	30875,01	202545,96	45,22	174,44	205,42	34%	8%	56%	98%	Rejointoiement simple.
FP04380	Thoard (4)	SMAB	Réfection (lot1)	DGD	75	0	0	4125	4125	0	0	2010 sept	659,2	680,4	4257,66	4257,66	0	0	56,77	s.o.	s.o.	100%	0%	0%	100%	rejointoiement simple
FP45150	Jargeau (45)	Ministère environnement	renovation	Marché	270	375	845	550582	15390	49500	366690	2002 juill	469,5	680,4	797904,14	22303,21	71735,46	531407,62	82,6	191,29	628,88	3%	9%	67%	78%	rejointoiement simple.
FS13200	Quai de la Roquette Arlés (13)	SYMADRE M	réfection de quai	DGD	2004	77,58	35	450922	237470	35066	11130	2010 sept	659,2	680,4	465423,74	245107,08	36193,73	11487,94	122,31	466,53	328,23	53%	8%	2%	63%	Le solde de la maçonnerie correspond aux pierres de couronnement et au minéralisant, durcisseur, traitement hydrofuge des maçonneries. Rejointoiement: 117336 € ; ragréage de cavité : 56906€ ; traitement des fissures : 48228€.

CAMoy/m²	CAMoy/m²	CAMoy/m²
79 €	300 €	368 €
CAMini/m²	CAMini/m²	CAMini/m²
45 €	170 €	200 €
CAMaxi/m²	CAMaxi/m²	CAMaxi/m²
122 €	470 €	630 €

Calcul des coûts liés au rejointoiement, au ragréage de cavités et au traitement des fissures pour le quai de la Roquette

rejointoiement	117336
ragréage	56906
fissures	48228

## **ANNEXE C : Tableaux des opérations de travaux relatives aux épis et dispositifs de rétention**

épis

Construction, réfection ou restructuration

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H moy (m)	Pente	volume déblais-remblais (m3)	T total	surface matelas de gabion (m²)	Prix HT	Prix déblais-remblais (m3)	Prix enrochement (f,t,p) HT	prix matelas gabion m²	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix HT déblais-remblais mars 2011	Prix enrochement HT mars 2011	Prix matelas gabions mars 2011	Coût au ml HT mars 2011	Coût au m3 de déblais-remblais mars 2011	Coût à la tonne HT mars 2011	Coût au m² matelas de gabion mars 2011	Obs	Blocom étrie	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% déblais-remblais	% enrochement	% matelas de gabion	% cumulé
FE38520	Bourg d'oisans (38)	AD Isère	réfection (épi de confluence)	Fiche synthèse	90	4	1 sur 1	3510	5166	s.o.	112785,5	15205	86961	s.o.	2008 oct	624,7	680,4	122841,77	16560,72	94714,69	s.o.	1364,91	4,72	18,33	s.o.	Densité enrochement = 1,8 ; matériaux déblayés non réutilisables ; enrochement en provenance de l'Alpe d'Huez (13km)	200/400 /800Kg	10205,46	8,31%	13,48%	77,10%		98,89%
FE13370	Mallemort (13)	SMAVD	restructuration	DGD	480	3,25	1 sur 2 & 1 sur 1	13280	2831,4	1059	263450,6	73670	62920	31770	2011 juill	680,4	680,4	263450,6	73670	62920	31770	548,86	5,55	22,22	30	Densité enrochement = 1,8 ; matelas de gabion : 30€/m² sur 1000m². Travaux de VRD en complément.	0,5 à 2 t	8500	3,23%	27,96%	23,88%	12,06%	67,13%
site internet SMAVD	Mées (04)	SMAVD	construction de l'épi de la Roberte	prévisionnel opération	654	3		30000	12000	1500	510033	n.c	n.c	n.c	2004 avril	516,1	680,4	672402,16	###	###		1028,14	#VALEUR !	###		un tronçon insubmersible de 260m et une partie plus basse de 394m			0,00%	###	###		###

CAMoy/ml	CAMoy/m3	CAMoy/t	CAMoy/m²
981 €	5,1 €	20 €	30 €
CAMini/ml	CAMini/m3	CAMini/t	CAMini/m²
550 €	4,7 €	18 €	30 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m3	CAMaxi/t	CAMaxi/m²
1 400 €	5,5 €	22 €	30 €

bassins de rétention et d'infiltration

Construction bassin de rétention

Id	Lieu & Département	Maitre ouvrage	Travaux	Source	L (m)	H moyenne (m)	Surface (m²)	volume déblais-remblais (m3)	Total m³ bassin	Prix HT	Prix déblais-remblais HT	Prix ouvrages hydrauliques HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix déblais-remblais HT mars 2011	Prix ouvrages hydrauliques HT mars 2011	Ratio au ml HT mars 2011	Ratio au m² HT mars 2011	Ratio réserve d'eau au m3 HT mars 2011	Ratio déblais-remblais au m3 HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% déblais - remblais	% ouvrage hydraulique	% cumulé
FB76570	Mesnil panneville (Nord) (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	188	1	n.c	5199	7000	78403,68	17067,58	38002,54	2006 janv	541,2	680,4	98569,59	21457,47	47777,03	524,31	#VALEUR !	14,08	4,13	Digue ne représente que le demi périmètre du bassin ; traitement à la chaux des matériaux apportés sur la digue; réutilisation en couverture des matériaux décapés ; ouvrages hydrauliques comportent : dispositif de surverse & vidange	15519,85	15,75%	21,77%	48,47%	85,98%
FB76570 (2)	Mesnil panneville (Nord) (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	236	1	3717	6918	3036	73577,36	8735,1	37032,87	2006 janv	541,2	680,4	92501,91	10981,82	46557,95	391,96	24,89	30,47	1,59	Utilisation de chaux. Réutilisation en couverture des matériaux décapés.	14980,15	16,19%	11,87%	50,33%	78,40%
FB76570 (3)	Mesnil panneville (Nord) (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	197	2	n.c	4059	5000	83463,38	20775,3	38303,94	2006 janv	541,2	680,4	104930,68	26118,84	48155,95	532,64	#VALEUR !	20,99	6,43	idem	15773,83	15,03%	24,89%	45,89%	85,82%
FB76570 (4)	Mesnil panneville (Nord) (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	620	1,25	3000	11036	3000	84477	26619,58	24817,64	2006 janv	541,2	680,4	106205,01	33466,3	31200,89	171,3	35,4	35,4	3,03	idem	14662,68	13,81%	31,51%	29,38%	74,70%
FB76570 (5)	Mesnil panneville (Sud) (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	160	1,5	n.c	2766	4000	61021,98	9574,25	32911,35	2006 janv	541,2	680,4	76717,21	12036,81	41376,35	479,48	#VALEUR !	19,18	4,35	Idem + curage d'une mare de 50m3	13843,81	18,05%	15,69%	53,93%	87,67%
FB76570 (6)	Mesnil panneville (Sud) (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	260	3,75	n.c	7831	25000	134558,62	43364,66	55204,09	2006 janv	541,2	680,4	169167,93	54518,32	69402,92	650,65	#VALEUR !	6,77	6,96	Utilisation de chaux. Réutilisation en couverture des matériaux décapés.	15780,38	9,33%	32,23%	41,03%	82,58%
FB01700 (3)	Beynot (01)	CCCMP	construction	Marché	n.c.	2,3	n.c	13800	###	150052,5	77650	56652	2004 oct	524,7	680,4	194579,23	100691,94	73462,97	#VALEUR !	#VALEUR !	#VALEUR !	7,3	idem+ 400m3 d'enrochements bétonnés pour 25600€ HT	1945,11	1,00%	51,75%	37,75%	90,50%
FB01700 (4)	Miribel (01)	CCCMP	construction	Marché	150	1,5	3000	5640	1200	94741	12690	27131	2009 mars	617,8	680,4	104340,85	13975,84	29880,11	695,61	34,78	86,95	2,48	Faible volume d'eau stockée (1200m3); gazon et haies coûtent 15000€	17588,2	16,86%	13,39%	28,64%	58,89%
FB76360	Bouville (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	158	4	n.c	12835	12000	156860,03	69750,5	57345	2008 fév	599,9	680,4	177908,93	79110,25	65040,07	1126,01	#VALEUR !	14,83	6,16	Utilisation de chaux	20886,09	11,74%	44,47%	36,56%	92,76%
FB76190	Blacqueville (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	122	3,5	6100	12940	12000	178005,98	93078,5	56996	2008 fév	599,9	680,4	201892,43	105568,61	64644,24	1654,86	33,1	16,82	8,16	Utilisation de chaux	19593,12	9,70%	52,29%	32,02%	94,01%
FB76570 (7)	Pavilly (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	140	2,5	4900	5775	5000	102806,87	41285,3	34436	2008 fév	599,9	680,4	116602,42	46825,33	39056,93	832,87	23,8	23,32	8,11	Utilisation de chaux	22695,12	19,46%	40,16%	33,50%	93,12%
FB76190 (2)	Blacqueville (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	142,5	3	n.c	6335	7000	167067,98	39277,5	13480	2008 fév	599,9	680,4	189486,67	44548,11	15288,87	1329,73	#VALEUR !	27,07	7,03	Utilisation de chaux	21901,19	11,56%	23,51%	8,07%	43,14%
FB76570 (8)	Pavilly (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	65	3,5	6760	11000	14000	124823,3	48225	55318	2008 oct	624,7	680,4	135952,89	52524,88	60250,31	2091,58	20,11	9,71	4,77	Utilisation de chaux ; aménagement paysager pour 15812€.	1394,13	1,03%	38,63%	44,32%	83,98%
FB76360 (2)	Barentin (76)	SMBVAS	Réalisation fossé	Marché	215	2	5160	14000	2200	111826,85	35650	34592,5	2008 oct	624,7	680,4	121797,64	38828,65	37676,86	566,5	23,6	55,36	2,77	Faible volume d'eau stockée (2200m3) ; Aménagement paysager pour 35808€.	1394,13	1,14%	31,88%	30,93%	63,96%
FB76570 (9)	Goupillières (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	74	2,5	2368	5400	2000	68555,3	18015	29075	2008 oct	624,7	680,4	74667,88	19621,27	31667,41	1009,03	31,53	37,33	3,63	Faible volume d'eau stockée (2000m3) ; Utilisation de chaux ; aménagement paysager pour 15812€.	1394,13	1,87%	26,28%	42,41%	70,56%
FB76570 (10)	Sainte Austreberthe & Sierville (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	138	2	12558	8000	9200	88239,7	33600	30405	2008 oct	624,7	680,4	96107,4	36595,87	33115,99	696,43	7,65	10,45	4,57	Utilisation de chaux ; aménagement paysager pour 14206€.	1394,13	1,45%	38,08%	34,46%	73,99%
FB76690	Sierville (76)	SMBVAS	Réalisation	Marché	103	4	3296	6400	8000	106875,2	31225	50618	2008 oct	624,7	680,4	116404,49	34009,11	55131,24	1130,14	35,32	14,55	5,31	Utilisation de chaux ; aménagement paysager pour 14652€.	3082,33	2,65%	29,22%	47,36%	79,23%

CAMoy/ml	CAMoy/m²	CAMoy/m3	CAMoy/m3
724 €	26 €	25 €	5 €
CAMini/ml	CAMini/m²	CAMini/m3	CAMini/m3
400 €	20 €	6 €	2 €
CAMaxi/ml	CAMaxi/m²	CAMaxi/m3	CAMaxi/m3
1 300 €	35 €	55 €	14 €

bassins de rétention et d'infiltration

Construction bassin de rétention et d'infiltration

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	Surface (m²)	Volume m3 bassin	Prix HT	Prix fossé HT	Prix total bassin décantation HT	Prix total bassin infiltration HT	Prix ouvrages déshuileurs HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix fossé HT mars 2011	Prix total bassin décantation HT mars 2011	Prix total bassin infiltration HT mars 2011	Prix ouvrages déshuileurs HT mars 2011	Ratio au m² HT mars 2011	Ratio au m3 d'eau stockée HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier	% fossé	% bassin décantation	% bassin infiltration	% ouvrage déshuileur	% cumulé
FA01700	Beynot (01)	CCCMP	Réalisation	Marché	22100	18700	682486,07	102946,75	205528	220331,8	76528,85	2003 juill	484,9	680,4	957648,01	144452,4	288391,94	309164,27	107383,44	43,33	51,21	Coût d'évacuation des matériaux = 287026,5 € HT	40472,74	4,23%	15,08%	30,11%	32,28%	11,21%	92,92%

Construction bassin enterré

Id	Lieu & Département	Maître ouvrage	Travaux	Source	L (m)	Surface (m²)	Total m³ bassin	Prix HT	Prix total bassin rétention HT	Année	Indice TP02	Indice TP02 mars 2011	Prix HT mars 2011	Prix total bassin rétention HT mars 2011	Ratio au m² HT mars 2011	Ratio au m³ d'eau stockée HT mars 2011	Obs	Prix instal chantier HT mars 2011	% instal chantier
FA14360	Trouville-sur-mer (14)	CCCCF	construction	Marché	24,6	265,68	300	130717,75	61500	2009 avr	618,3	680,4	143846,61	67676,86	541,43	479,49	les coûts au m² et m3 sont calculés sur le prix total HT mars 2011 ; pas de plan	880,35	0,61%
FA14360 (2)	Trouville-sur-mer (14)	CCCCF	construction	Marché	37,8	n.c	360	215486	74000	2010 janv	634,1	680,4	231220,11	79403,25	n.c	642,28	les coûts au m² et m3 sont calculés sur le prix total HT mars 2011 ; pas de plan	1609,53	0,70%

CAMoy/m²	CAMoy/m³
540 €	561 €
CAMini/m²	CAMini/m³
540 €	480 €
CAMaxi/m²	CAMaxi/m³
540 €	640 €



© 2014 - Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, créé au 1er janvier 2014 par la fusion des 8 CETE, du Certu, du Cetmef et du Sétra.

Le Cerema est un établissement public à caractère administratif (EPA), sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Égalité des territoires et du Logement. Il a pour mission d'apporter un appui scientifique et technique renforcé, pour élaborer, mettre en œuvre et évaluer les politiques publiques de l'aménagement et du développement durable, auprès de tous les acteurs impliqués (État, collectivités territoriales, acteurs économiques ou associatifs, partenaires scientifiques).

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que se soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Impression : A déterminer

Coordination-Maquettage : service éditions Cerema/Direction technique Eau, mer et fleuves

Achevé d'imprimer : Juillet 2014

Dépôt légal : Juillet 2014

ISBN : 978-2-37180-003-8

Prix : 100 euros

Illustration couverture ou crédits photos : Talus-Terrassement et végétalisation-ADIDR

### **Editions du Cerema**

Cité des mobilités,  
25 avenue François Mitterrand  
CS 92803  
69674 Bron Cedex

### **Direction technique Eau, mer et fleuves**

134 rue de Beauvais  
CS 60039  
60280 Margny Lès Compiègne

### **Bureau de vente de la Direction technique Eau, mer et fleuves**

Cerema/Direction technique eau, mer et Fleuves  
151 quai du Rancy  
BP 30023  
94381 Bonneuil-sur-Marne cedex  
[bventes.dtecmf@cerema.fr](mailto:bventes.dtecmf@cerema.fr)

[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

## La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

## Coût des protections contre les inondations fluviales

Le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) a engagé une démarche globale relative à l'analyse multicritères dans le but d'éclairer la prise de décision portant sur les aménagements de protection contre les inondations. La présente étude est destinée à servir de référence pour l'évaluation des coûts des ouvrages dans le domaine fluvial. En ce sens elle présente, d'une part une méthodologie de calcul du coût global actualisé d'un ouvrage, et d'autre part une synthèse des coûts observés en France au cours des dix dernières années.

Les coûts présentés sont issus de deux approches complémentaires :

- estimation des coûts annuels linéaires liés aux investissements, à l'entretien et à la gestion des ouvrages sur la base des dépenses de trois grands parcs d'ouvrages : la Loire, le Rhône et l'Isère,
- estimation du coût des interventions au travers l'étude des marchés de travaux réalisés depuis 2001 en France métropolitaine. L'analyse a porté sur 140 opérations mettant en œuvre les principales techniques de construction, reconstruction, confortement, réparation ou maintenance.

## Sur le même thème

International Levee Handbook, CIRIA/CETMEF/USACE, 2013

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures  
Impacts sur la santé - Mobilité et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables



Prix 100€  
ISSN : en attente  
ISBN : 978-2-37180-003-8



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

Direction technique Eau, mer et fleuves - 134, rue de Beauvais CS 60039 - 60280 Margny Lès Compiègne - Tél. : +33 (0)3 44 92 60 00  
Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30