

1 Introduction



1

2

3

4

5

6

7

8

9

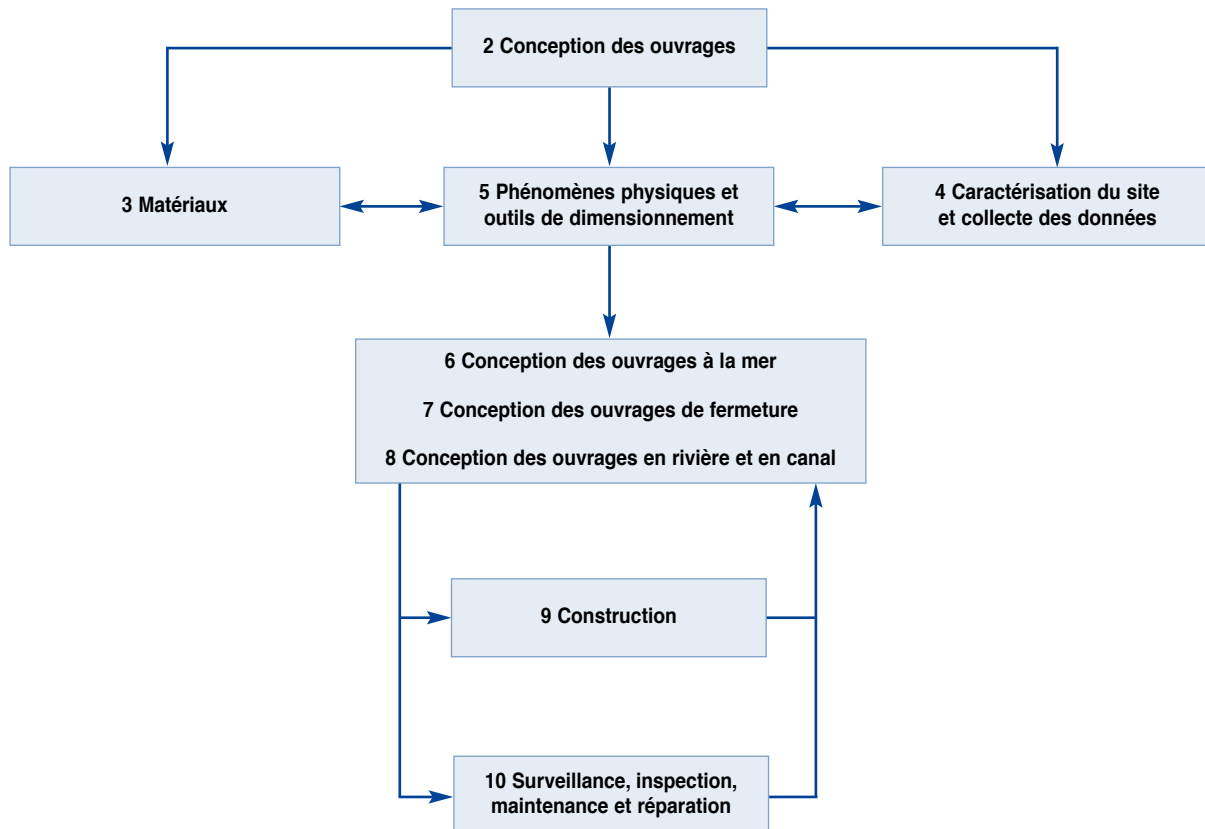
10

SOMMAIRE du Chapitre 1

1.1	Utilisation de l'enrochement	3
1.2	Contexte du guide	4
1.3	Organisation du guide	4
1.3.1	Les chapitres	4
1.3.2	Utilisation du guide	5
1.4	Public ciblé	7
1.5	Étendue	8
1.5.1	Changements par rapport aux versions précédentes	8
1.5.2	Catégories d'ouvrages traités	9
1.5.2.1	Ouvrages à la mer	10
1.5.2.2	Ouvrages de fermeture	13
1.5.2.3	Ouvrages en rivière et en canal	14
1.6	Références bibliographiques	14

1 Introduction

Ce logigramme présente les liens entre les chapitres qui suivent ce chapitre d'introduction. Il est reproduit au début de chaque chapitre et développé pour montrer en détail le contenu du chapitre en question. Il est à utiliser conjointement avec le sommaire et l'index pour naviguer dans le guide.



1.1 UTILISATION DE L'ENROCHEMENT

Le rocher est un matériau de construction couramment utilisé en milieu aquatique, maritime ou fluvial, sous forme de granulat ou d'enrochement. Il est mis en œuvre pour protéger contre l'érosion et les affouillements et pour limiter le franchissement, la submersion marine et les crues.

L'enrochement naturel, extrait de carrières, est défini comme étant un matériau granulaire utilisé dans les ouvrages hydrauliques et d'autres ouvrages de génie civil. La masse des blocs varie de 1 kg approximativement à 20-30 t. Le matériau rocheux peut être employé comme enrochement en carapace, en filtre et en sous-couche, ou comme un matériau de remplissage.

Lorsque des enrochements naturels de taille ou de qualité suffisante ne sont pas disponibles, des blocs artificiels (généralement en béton) peuvent être mis en œuvre. Des gabions ou matelas de gabions remplis de petits enrochements sont également une alternative. D'autres matériaux, comme certains sous-produits de l'industrie, peuvent aussi remplacer l'enrochement naturel.

Des solutions "toutes faites" n'existent généralement pas dans ce domaine d'ingénierie. Pour développer une solution utilisant l'enrochement, robuste et adaptée au site, il est nécessaire de considérer un large éventail de problématiques incluant des considérations sur les matériaux, l'environnement, les méthodes constructives, la maintenance, l'hygiène et la sécurité des personnels de chantier et du public.

1.2 CONTEXTE DU GUIDE

En 1991, le CIRIA et le CUR ont publié le premier *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*, usuellement connu sous le nom de « Rock manual ». Celui-ci a été suivi en 1995 par le *Manual on the use of rock in hydraulic engineering* publié par le CUR. En France, deux guides ont été également produits à la fin des années quatre-vingt : *Le dimensionnement des digues à talus* (EDF-LNH, 1987) et *Les enrochements* (LCPC, 1989). Depuis la publication de ces guides, d'importantes recherches ont été menées pour améliorer la compréhension du comportement de l'enrochement dans les ouvrages hydrauliques et pour amender les pratiques courantes. Cette nouvelle édition du Rock Manual présente des recommandations pour la conception et la construction d'ouvrages en enrochement. Lorsque cela est approprié, le guide présente des technologies nouvelles ou émergentes n'étant pas, au moment de la rédaction du guide (2005), devenues pratique courante, pour permettre aux lecteurs d'être au fait des résultats de recherches récentes et d'en faire bon usage. Le contenu du guide réactualisé est présenté à la Section 1.5 et comprend une liste des changements par rapport aux versions précédentes.

La mise à jour a été menée par une équipe projet principalement britannique, française et hollandaise et a bénéficié d'une relecture internationale étendue pour s'assurer de sa pertinence hors d'Europe. Le guide rassemble les résultats de recherches et les informations techniques disponibles ainsi que de nombreux retours d'expérience. Dans cette mise à jour, un effort particulier a été fait pour indiquer les limites des méthodes de conception et de la connaissance des phénomènes physiques complexes, et pour identifier les domaines de validité des outils de dimensionnement, des formules empiriques et d'analyse critique de l'ingénieur.

Une liste complète des remerciements aux entreprises et individus qui ont contribué à la mise à jour est disponible au début de ce guide.

1.3 ORGANISATION DU GUIDE

1.3.1 Les chapitres

Le guide comporte 10 chapitres.

1. **Introduction** : présente l'objectif de ce guide, les aspects clés de sa mise à jour et l'organisation du contenu.
2. **Conception des ouvrages** : donne les considérations essentielles pour un projet d'ouvrage en enrochement dans un milieu aquatique. Ce chapitre est un premier point de passage obligé car c'est un aide-mémoire des problèmes à résoudre. Le lecteur est encouragé à lire ce chapitre avant les autres. Le contenu est concis et ciblé pour en améliorer l'utilisation.
3. **Matériaux** : discute des différentes problématiques relatives à la sélection des matériaux naturels ou certaines alternatives comme les blocs artificiels en béton. Ce chapitre traite des reconnaissances et de l'évaluation du gisement, des propriétés, de la prédiction des performances, de la production et de la logistique des opérations en carrière. Il décrit les différentes méthodes d'essais permettant de vérifier les propriétés des enrochements et fait référence aux exigences européennes sur les enrochements (EN 13383).
4. **Caractérisation du site et collecte des données** : résume les méthodes de collecte de données et leur exploitation pour obtenir les conditions hydrauliques, géotechniques et liées à la glace. Ce chapitre est indispensable pour les concepteurs car il est la base du dimensionnement. Les entreprises et les fournisseurs peuvent également le consulter pour obtenir les informations sur les conditions de site nécessaires aux opérations de construction.
5. **Phénomènes physiques et outils de dimensionnement** : présente les méthodes et les équations de dimensionnement des ouvrages en enrochement en milieu marin et fluvial. Il couvre la performance hydraulique et la stabilité de l'ouvrage ainsi que son comportement géotechnique. Les données d'entrée de ce chapitre sont les paramètres hydrauliques et géotechniques déterminés au Chapitre 4 et les caractéristiques des matériaux déterminés au Chapitre 3.

6. **Conception des ouvrages à la mer** : voir ci-dessous
7. **Conception des ouvrages de fermeture** : voir ci-dessous
8. **Conception des ouvrages en rivière et en canal** : voir ci-dessous

Les Chapitres 6, 7 et 8 fournissent des recommandations opérationnelles pour la conception des différents types d'ouvrages. Ces chapitres s'appuient sur les résultats des outils du Chapitre 5 et donnent des recommandations sur les dimensions et les détails des ouvrages, en prenant en compte les contraintes associées à la constructibilité et à l'accès (discutées au Chapitre 9), à la disponibilité des matériaux (discutée au Chapitre 3) et à la maintenance (discutée au Chapitre 10). En particulier, les Chapitres 6 à 8 couvrent le tracé en plan, la géométrie des profils, les détails structurels (pied, crête, etc.), les transitions et jonctions, l'influence de la construction sur le dimensionnement, les considérations de coûts et de maintenance, la réparation et la réhabilitation d'ouvrages existants. La sélection des conditions appropriées au projet est aussi abordée dans ces chapitres.

9. **Construction** : couvre les équipements communément utilisés pour la mise en œuvre et le transport, les spécificités liées au site et à sa localisation (incluant la préparation du chantier), le contrôle qualité dans les ouvrages en enrochement (incluant les techniques de contrôle et de mesure, le placement et la densité de pose), les risques, l'hygiène et la sécurité sur chantier. Les méthodes de construction des ouvrages en enrochement les plus fréquents en milieu aquatique sont décrites.
10. **Surveillance, inspection, maintenance et réparation** : couvre les techniques de surveillance, l'évaluation des performances d'un ouvrage, et les méthodes de réparation.

1.3.2 Utilisation du guide

Les fonctionnalités suivantes ont été conçues pour guider les lecteurs au travers du guide :

- **diagramme du contenu, décliné suivant le projet** : la Figure 1.1 est un logigramme de la structure et du contenu de l'ensemble du guide. Il relie le contenu du guide aux phases clés d'un projet ;
- **diagramme du contenu, décliné suivant le type d'utilisateur** : le Tableau 1.1 classe le contenu du guide suivant l'intérêt de chaque utilisateur ;
- **sommaire réduit** : ce sommaire des titres principaux de l'ensemble du guide est donné en son début ;
- **sommaires détaillés** : au début de chaque chapitre, un sommaire détaillé du chapitre est fourni ;
- **structures de chaque chapitre** : la première page de chaque chapitre inclut :
 - un sommaire détaillé du chapitre,
 - une introduction sur le contenu du chapitre,
 - un logigramme reliant le chapitre considéré aux autres chapitres ;
- **où suis-je ?** sur chaque page est matérialisée la localisation du lecteur dans le guide. Le numéro du chapitre est indiqué sur la barre de navigation située sur le côté extérieur de la page droite et le titre de la section principale et le titre du chapitre sont inscrits en en-tête ;
- **index des sujets clés** : l'index liste les sujets les plus importants par mots clés en donnant le numéro de la section où ils sont traités. Un index exhaustif n'est pas fourni car pour la plupart des sujets il est facile de les retrouver grâce au sommaire réduit en début de guide et détaillé au début de chaque chapitre. L'index est particulièrement utile pour localiser des sujets qui s'étendent sur plusieurs chapitres ;
- **version électronique** : l'ensemble du guide est disponible sur un CD-Rom joint, à l'intérieur de la couverture arrière du guide et sur les sites internet du CIRIA (www.ciria.org) et du CETMEF (www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr).

PHASE DU PROJET	CONTENU DU GUIDE			
<p>Compréhension de la problématique</p> <ul style="list-style-type: none"> Exigences fonctionnelles Critères de performance Contraintes : budget, accès, matériaux, environnement, maintenance 	<p>Chapitre 2 : Conception des ouvrages</p> <ul style="list-style-type: none"> Définition des exigences du projet Considérations techniques Considérations économiques Considérations environnementales Considérations sociales 			
<p>Informations requises</p> <p>Obtenir toutes les informations nécessaires sur le site :</p> <ul style="list-style-type: none"> Matériaux disponibles Conditions hydrauliques, p. ex. houle, courants et niveaux d'eau Bathymétrie et topographie Conditions de sol 	<p>Chapitre 3 : Matériaux</p> <ul style="list-style-type: none"> Matériaux rocheux Béton Matériaux recyclés 			
	<p>Chapitre 4 : Caractérisation du site et collecte de données</p> <ul style="list-style-type: none"> Bathymétrie Niveaux d'eau Houle, courants Géotechnique 			
<p>Développement des solutions</p> <ul style="list-style-type: none"> Études préliminaires <ul style="list-style-type: none"> développer les types d'ouvrages et profils identifier les informations nécessaires vérifier la faisabilité du projet Avant projet sommaire <ul style="list-style-type: none"> effectuer les études analytiques requises et la modélisation estimer la taille des enrochements et les coupes de l'ouvrage évaluer les alternatives suivant les critères de performance et les contraintes estimer le coût comparer les alternatives (techniques, environnementales et économiques) sélectionner la solution préférée Avant projet détaillé <ul style="list-style-type: none"> vérifier les états limites de service et ultimes calculer la taille des blocs de carapace nécessaire, dimensionner les sous-couches et les filtres calculer les dimensions de l'ouvrage dimensionner la butée de pied et la crête concevoir les transitions, les musoirs, le drainage, les servitudes, etc. 	<p>Chapitre 5 : Phénomènes physiques et outils de dimensionnement</p> <ul style="list-style-type: none"> Interactions hydrauliques Réponse structurale aux actions hydrauliques Interactions géotechniques Réponse géotechnique 			
	<p>Chapitre 6 : Conception des ouvrages à la mer</p>			
	<p>Chapitre 7 : Conception des ouvrages de fermeture</p> <p>Chapitre 8 : Conception des ouvrages en rivières et en canal</p> <ul style="list-style-type: none"> Tracé en plan Géométrie des coupes Détails structurels – butée de pied et crête Transitions et jonctions Aspects constructifs influençant la conception Coût Réparation et réhabilitation Aspects de la maintenance influençant la conception 			
<p>Exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> Extraction, production et contrôle des enrochements Spécifications Construction 	<p>Chapitre 9 : Construction</p> <ul style="list-style-type: none"> Équipements et conditions sur chantier Transport Caractéristiques du site et localisation Placement, densité de pose et tolérances Levés, mesures et contrôle qualité Risque, hygiène et sécurité sur chantier Exigences constructives (Annexe 1) 			
<p>En service</p> <ul style="list-style-type: none"> Surveillance Maintenance Désaffectation ou enlèvement 	<p>Chapitre 10 : Surveillance, inspection, maintenance et réparation</p> <ul style="list-style-type: none"> Surveillance Évaluation des performances de l'ouvrage Réparation et réhabilitation 			

Considérations techniques (2.3)

Considérations économiques (2.4)

Considérations environnementales (2.5)

Considérations sociales (2.6)

Note : les numéros de sections correspondantes sont donnés entre parenthèses.

Figure 1.1 Structure du guide et relation avec les phases d'un projet

1.4 PUBLIC CIBLÉ

L'audience ciblée pour ce guide est étendue et inclut des aménageurs, projeteurs, ingénieurs consultants, architectes, chefs de chantier, gestionnaires d'ouvrages, entrepreneurs, producteurs et fournisseurs d'enrochement, maîtres d'ouvrage, personnels des organismes de contrôle, investisseurs et les organismes de formation. Les recommandations sont valables pour une application mondiale.

À la rédaction il a été supposé que le lecteur ait un niveau de connaissance technique minimal correspondant à un diplôme de génie civil et deux ans d'expérience ou une qualification ou une expérience équivalente.

Le guide est approprié au non-spécialiste dans la mesure où il fournit au lecteur une explication des principes et procédures impliquées. Cependant, il est indiqué que le guide ne peut, à lui seul, former une personne non qualifiée en un spécialiste et le guide ne doit pas être utilisé comme un substitut à l'expérience et à l'analyse critique.

Le guide répond aux besoins d'un large éventail d'utilisateurs qui peuvent s'y référer à différents stades de l'avancement du projet, lorsqu'ils entrent en jeu. Le Tableau 1.1 croise le contenu du guide avec les intérêts des différents utilisateurs pour les aider à localiser les informations utiles.

Tableau 1.1 Pertinence des chapitres pour des utilisateurs différents

Lecteur/Utilisateur	Chapitres									
	1. Introduction	2. Conception des ouvrages	3. Matériaux	4. Caractérisation du site et collecte des données	5. Phénomènes physiques et outils de dimensionnement	6. Conception des ouvrages à la mer	7. Conception des ouvrages de fermeture	8. Conception des ouvrages en rivière et en canal	9. Construction	10. Surveillance, inspection, maintenance et réparation
Producteur d'enrochement	****	***	****	*	*	*	*	*	****	**
Fournisseur d'enrochement	****	***	****	****	*	*	*	*	****	*
Transporteur	***	**	***	***	*	*	*	*	****	***
Entrepreneur de travaux	****	****	****	****	**	***	***	***	****	***
Ingénieur consultant	****	****	****	****	****	****	****	****	****	***
Maître d'ouvrage	****	****	***	****	***	***	***	***	****	****
Investisseur	****	****	**	****	***	***	***	***	****	****
Organisme de contrôle	****	****	*	****	*	*	*	*	****	****
Organisation environnementale	****	****	***	****	**	**	**	**	**	****
Laboratoire d'essai	**	*	****	*	*	*	*	*	*	***
Ingénieur géotechnicien	****	***	****	***	****	**	**	**	**	***
Ingénieur hydraulicien	****	***	**	****	****	****	****	****	**	***
Organisme de formation	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

Note : l'intérêt du chapitre pour chaque groupe d'utilisateur est indiqué par les symboles suivants : **** très fort, *** fort, ** faible, * très faible.

1.5 ÉTENDUE

Le guide fournit des recommandations qui peuvent s'appliquer à un projet dès qu'il a été décidé de construire un ouvrage en milieu aquatique utilisant l'enrochement comme seul matériau ou comme matériau associé à d'autres matériaux. Les recommandations pour les études de faisabilité ne sont pas fournies.

Des recommandations sur les blocs préfabriqués en béton sont fournies lorsqu'ils sont utilisés comme une alternative à l'enrochement naturel. Seuls les blocs préfabriqués pleins sont traités. Le guide ne couvre pas les blocs de revêtement en béton.

Des recommandations sur d'autres matériaux alternatifs sont fournies seulement lorsque ces matériaux sont utilisés en combinaison avec de l'enrochement ou à sa place.

Les références à « le projet » tout au long du guide renvoient uniquement aux activités associées aux ouvrages en enrochement.

1.5.1 Changements par rapport aux versions précédentes

Le guide actualisé contient les nouveaux aspects suivants :

- reprise intégrale des recommandations précédentes, avec mises à jour et parfois des réécritures ;
- extension du contenu (par rapport à la version de 1991) pour couvrir les ouvrages côtiers, des voies d'eau intérieures, les digues de fermeture et barrages ;
- ajout de recommandations sur la conception et la construction de carapace en blocs préfabriqués en béton ;
- révision des spécifications constructives pour les ouvrages en enrochement ;
- ajout de références à la nouvelle norme européenne EN 13383 sur les enrochements, qui supprime les spécifications des versions précédentes devenues obsolètes ;
- mise à jour des recommandations sur la description des climats de houle et des paramètres représentatifs de la houle, incluant les distributions des hauteurs de houle en eau peu profonde ;
- nouvelles recherches sur l'intégrité des blocs d'enrochement, sur la densité de pose et le placement des enrochements ;
- nouvelles recherches sur la prédiction du rendement d'une carrière et des distributions granulométriques de l'enrochement ;
- nouvelles avancées sur la performance des tapis plongeants en enrochement ;
- actualisation des recommandations sur le franchissement, le run-up et la transmission de la houle sur un ouvrage ;
- nouvelles recommandations sur la stabilité du talus arrière des ouvrages en enrochement ;
- nouvelles recommandations sur les ouvrages de fond en enrochement ;
- actualisation des recommandations sur la stabilité des ouvrages à crête abaissée et la stabilité des talus en enrochement situés en eau peu profonde ;
- nouvelles recommandations sur la conception et la construction des digues à berme statiquement stable ;
- nouvelles recommandations sur les réponses d'un ouvrage à l'action de la glace ;
- nouvelle section sur la conception des protections en enrochement des ouvrages portuaires ;
- révision complète du chapitre sur la maintenance et la gestion des ouvrages.

Par rapport aux versions précédentes les sujets ou parties suivants ne sont plus traités :

- les plages de galets, car ce sujet est couvert dans d'autres manuels traitants des plages ;
- les recommandations détaillées sur l'affouillement, car ce sujet est couvert dans d'autres ouvrages de référence ;
- les annexes sur les essais sur l'enrochement, la collecte des données hydrauliques et géotechniques ;
- l'annexe sur les techniques de surveillance car ce sujet est maintenant traité au Chapitre 10.

1.5.2 Catégories d'ouvrages traités

Le guide fournit des recommandations sur l'utilisation de l'enrochement dans de nombreux types d'ouvrages en milieu aquatique. Les différents ouvrages et leurs fonctions principales sont rassemblés au Tableau 1.2. Certains ouvrages sont illustrés aux Figures 1.2 à 1.19.

Tableau 1.2 Ouvrages en enrochement traités dans ce guide

	Type d'ouvrages	Description	Fonctions
Chapitre 6	Digue à talus (Figures 1.2, 1.3 et 1.4)	Ouvrage à talus s'avancant dans la mer, composé d'enrochements naturels de différentes blocométries, protégés par une carapace en gros enrochement naturel ou des blocs artificiels	Abrite les navires et les ouvrages contre la houle et les courants Prévient l'envasement des chenaux d'accès
	Protection en enrochement des ouvrages portuaires (Figure 1.5)	Généralement protection en enrochement située au pied des quais verticaux ou sur les talus des quais sur pieux	Apporte une protection contre les jets d'hélice et les vagues induites par la navigation
	Revêtement (Figure 1.6)	Ouvrage de protection normalement placé sur un talus à protéger, pour former un ouvrage de défense	Protège le littoral contre l'érosion Protège les zones inondables des inondations
	Ouvrage de défense (butée de pied) (Figure 1.7)	Risberme en enrochement en pied d'ouvrage, généralement mis en œuvre auprès d'ouvrages existants ayant des problèmes d'affouillements	Protège de l'affouillement
	Épi ou cap artificiel (Figure 1.8)	Ouvrage en enrochement généralement construit sur une plage perpendiculairement au trait de côte	Intercepte et piège les sédiments
	Brise-lames (Figure 1.9)	Ouvrage en enrochement généralement construit parallèlement au rivage, mais non connecté à la côte	Intercepte et stabilise les sédiments
	Seuil ou digue immergée	Ouvrage en enrochement généralement construit parallèle à la côte au pied d'une plage	Piège et retient les sédiments dans une position élevée (soutient la plage)
	Protection de conduites et de câbles (Figure 1.10)	Couche d'enrochement disposée sur le fond marin ou en remblaiement d'une tranchée	Assure la stabilité de la conduite Protège contre les impacts, par exemple des ancres et matériels de pêche
	Protection anti-affouillement des ouvrages élancés	Protection en enrochement autour de la base de l'ouvrage	Protège l'ouvrage de l'affouillement
	Protection anti-affouillement d'ouvrages importants (p. ex. ouvrage poids en béton)	Protection en enrochement en pied d'ouvrage	Protège l'ouvrage de l'affouillement

Tableau 1.2 Ouvrages en enrochement traités dans ce guide (suite)

	Type d'ouvrages	Description	Fonctions
Chapitre 7	Fermeture finale en enrochement (Figure 1.11)	Barrage composé d'enrochement, plutôt déversé sur place, caractérisé par des courants importants pendant la phase finale de fermeture	Stoppe l'écoulement de l'eau et dans certains cas assure un rôle de batardeau protégeant le chantier de construction d'un barrage ou autre ouvrage important
	Fermeture d'estuaire (Figure 1.12)	Barrage construit où les niveaux d'eaux et les courants sont régis par la marée; dans la plupart des cas l'ouvrage de fermeture est incorporé dans le barrage final de l'estuaire	Utilisé pour le contrôle des crues et submersion marine, poldérisation, création d'un réservoir d'eau douce, création d'énergie marémotrice, ou création d'une connexion routière ou ferroviaire
	Coupure de rivière	Ouvrage en rivière composé de barrages visant à détourner ou stocker temporairement un débit	Dérive une rivière (dérivation temporaire ou permanente), p. ex. pour la régulation de la rivière, pour un ouvrage provisoire, pour l'irrigation ou pour le contrôle du niveau d'eau pour la navigation
	Protection en enrochement des barrages-réservoirs (Figure 1.13)	Carapace en enrochement de protection des talus aval et amont, des déversoirs ou dans les filtres du système de drainage. Le barrage peut quelquefois être fait entièrement d'enrochement.	La protection en enrochement prévient l'érosion du noyau du barrage qui peut être partiellement construit en enrochement, ainsi que des vagues créées sur le plan d'eau
	Protection en enrochement des barrages, seuils, déversoirs, etc.) (Figure 1.14)	Ouvrage bas par rapport au niveau d'eau conçu pour un écoulement traversant ou déversant une grande partie du temps	Protège les zones à l'aval de ces ouvrages, contre les écoulements internes et les débordements
Chapitre 8	Protection de berges (Figures 1.15 et 1.16)	Revêtement en enrochement ou en gabion mis en place sur les berges	Protège les berges de l'érosion Contrôle le tracé de la rivière, empêchant l'attaque des ouvrages adjacents
	Épi (Figure 1.17)	Petit remblai protégé par de l'enrochement, généralement perpendiculaire aux berges	Contrôle la position du lit mineur Réduit la section pour contrôler le niveau d'eau Éloigne les courants des berges
	Digue longitudinale (Figure 1.18)	Ouvrage linéaire protégé par des enrochements, généralement parallèle aux berges	Protège les berges de l'érosion Contrôle l'écoulement et le tracé de la rivière, en empêchant l'attaque des ouvrages adjacents
	Protection de lit	Tapis de protection en enrochement ou en gabion du lit de la rivière	Lutte contre l'affouillement du lit, comprenant aussi celui créé par la navigation
	Passe à poissons	Chenal pouvant être recouvert d'enrochement	Fournit un passage franchissable par les poissons au niveau d'un ouvrage obstruant la rivière. L'enrochement sert de protection anti-affouillement.
	Protection anti-affouillement des ponts	Risberme ou protection du lit autour de la base des piles de pont	Protège le lit de l'affouillement autour des piles de pont

1.5.2.1 Ouvrages à la mer

Des exemples d'ouvrages en enrochement en milieu marin, côtier ou portuaire sont montrés sur les figures suivantes. Les recommandations de conception de ces ouvrages sont données au Chapitre 6.



Figure 1.2 Digue à talus en enrochement naturel
(source : B. Wegner, USACE)



Figure 1.3 Construction d'une digue à talus composée
d'une carapace en blocs artificiels (source : CUR)



Figure 1.4 Digue d'enclosure pour un futur terre-plein
(source : E. Nuttall)



Figure 1.5 Protection en enrochement d'ouvrage por-
tuaire (source : E. Nuttall)



Figure 1.6 Revêtement en enrochement
(source : HR Wallingford)



Figure 1.7 Protection anti-affoulement d'un mur de
haut de plage (source : C. Orbell-Durrant)



Figure 1.8 *Épis* (source : Halcrow)



Figure 1.9 *Brise-laves à marée basse* (source : C. Orbell-Durrant)



Figure 1.10
Protection en enrochements des conduites mise en œuvre à l'aide d'un tube plongeur (d'après CUR, 1995, source : Van Oord nv)

1.5.2.2 Ouvrages de fermeture

Différents types d'ouvrages de fermeture en enrochement sont montrés sur les figures suivantes. Les recommandations de conception de ces ouvrages sont données au Chapitre 7.



Figure 1.11
Fermeture en enrochement en construction (source : KARICO)



Figure 1.12
Digue de fermeture (source : KOWACO)

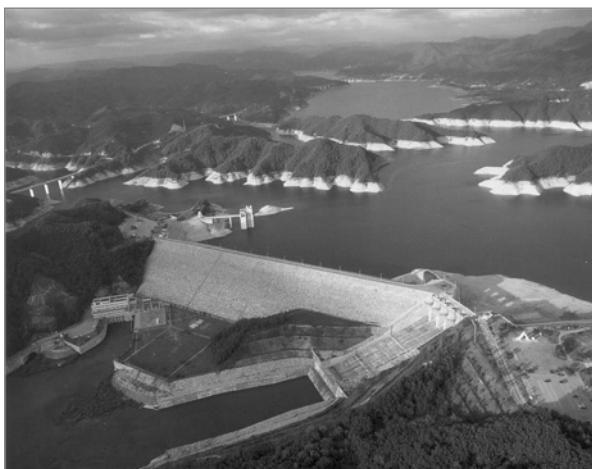


Figure 1.13 Barrage-réservoir (source : KOWACO)



Figure 1.14 Seuil (source : A. Pepper)

1.5.2.3 Ouvrages en rivière et en canal

Les ouvrages en rivière et en canal utilisant de l'énrochement sont montrés sur les figures suivantes. Les recommandations de conception de ces ouvrages sont données au Chapitre 8.



Figure 1.15 Revêtement en énrochement en construction sur un géotextile (source : M. MacDonald)



Figure 1.16 Protection en énrochement d'un émissaire d'évacuation (source : C. Rickard)



Figure 1.17 Épis (d'après CUR 1995)



Figure 1.18 Digue longitudinale en gabion (source : M. MacDonald)

1.6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CIRIA/CUR (1991). *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*. CIRIA Special Publication 83/CUR Report 154, Londres

CUR (1995). *Manual on the use of rock in hydraulic engineering*. AA Balkema, Rotterdam

EDF-LNH (1987). *Le dimensionnement des digues à talus*. Collection des études et recherches no 64. Eyrolles Ed, Paris, 172 pp

LCPC (1989). *Les énrochements*. Ministère de l'Équipement. LCPC, Paris, 106 pp