Rédaction d'un guide sur l'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques '*Rock Manual* – 2^{ème} édition

S. Dupray^(a), J.J. Trichet^(b), M. Fons^(c)

^(a) chef de section, Ministère de l'Équipement, des Transports,
de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer –
CETE de Lyon, 25 avenue F Mitterrand – BP 1 - 69674 BRON cedex
sebastien.dupray@equipement.gouv.fr

^(b) chef de division, Ministère de l'Équipement, des Transports,
de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer –
CETMEF, 2 boulevard Gambetta - BP 60039 - 60321 COMPIÈGNE cedex
jean-jacques.trichet@equipement.gouv.fr

^(c) directeur de projet, SOGREAH, 6 rue de lorraine 38130 ECHIROLLES
michel.fons@sogreah.fr

Résumé:

Trois partenaires européens, Royaume-Uni, Pays-Bas et France s'associent pour produire un guide technique autoporteur sur l'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques qui sera publié en anglais, espagnol et français. Cet article présente tout d'abord l'essentiel des références techniques disponibles sur le sujet puis les motivations et l'organisation adoptée pour la rédaction de la seconde édition du '*Manual on the use of rock in hydraulic engineering*' plus connu comme le '*Rock manual*'. Enfin, un point sur l'état d'avancement du projet sera proposé au lecteur.

Abstract:

Three european partners, Netherland, United Kingdom and France, are in association to draft a self explanatory guidance document on the use of rock in hydraulic structures, which will be published in english, spanish and french. This paper presents the essential technical documentation on the topic then the motivations for working at a second edition of the 'manual on the use of rock in hydraulic engineering' also known under the nick name 'rock manual'. Finally, the point reached by the project will be presented to the reader.

Mots-clés : Enrochement, digue, guide technique, ouvrage hydraulique, bonne pratique, Europe

Keywords: Armourstone, breakwater, guidance, hydraulic structure, best practice, Europe

1. Les documents de référence sur l'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques

L'expression 'ouvrages hydrauliques en enrochements' couvre ici les ouvrages ou parties d'ouvrages partiellement ou complètement construits en enrochement, à savoir (i) les ouvrages maritimes, côtiers et portuaires (ii) les ouvrages en voies navigables ou en rivière, les protections de berges ou d'ouvrages (iii) les protections de barrage.

Jusqu'en 1989, en France, ces ouvrages ne faisaient l'objet d'aucune norme spécifique relative à leur conception, à leur dimensionnement, à leur construction ni aux matériaux utilisés. En 1989, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) publie le guide technique 'Les enrochements'¹, produit d'une collaboration entre le Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales (CETMEF ex-STCPMVN), le Réseau des Laboratoires des Ponts et Chaussées (RLPC) et des professionnels. Ce guide traite essentiellement du volet matériau sous l'angle de la prospection, de la production, du contrôle qualité et des spécifications. Il s'appuie sur des normes ou textes du domaine géotechnique notamment développés pour les granulats ou la mécanique des roches et propose des méthodes alors innovantes.

Le CETMEF a publié des guides sur la conception et le dimensionnement des digues à talus² et des protections de berges³.

En 1990, le United States Army Corps of Engineers (USACE) publie le guide '*Construction with large stones*'⁴. Ce guide a principalement pour cible les maîtres d'œuvre. Il présente les spécificités liées à l'utilisation de bloc de rocher dans les ouvrages hydrauliques et il fait des recommandations pour la production, le contrôle et les spécifications de ces matériaux. La conception et le dimensionnement sont traités dans le '*Shore Protection Manual*'⁵. Le Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) publie en 1991 l'édition initiale du '*Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*'⁶ plus connu sous le nom de '*Rock manual*', fruit d'une collaboration avec Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR) des Pays-Bas. Ce guide s'intéresse essentiellement à la conception, au dimensionnement et aux matériaux de construction des ouvrages maritimes et côtiers en enrochement. Une édition élargie⁷ est proposée par le CUR sous le nom '*Manual on the use of rock in hydraulic engineering*'. Celle-ci couvre en plus les ouvrages en rivière, en canaux, les barrages ainsi que les méthodes de construction.

Quelques autres documents doivent être mentionnés pour compléter l'inventaire des documents de référence sur l'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques⁸ : le proceeding de la conférence de 1991 sur la durabilité des enrochements pour les digues, deux publications sur l'utilisation des enrochements pour la lutte contre l'érosion de l'ASTM [9] et de Thorne¹⁰, le bilan des derniers développements sur l'évaluation des propriétés des granulats et des enrochements¹¹ édité par Latham.

2. Les motivations pour une seconde édition du ‘Rock Manual’

Des changements importants dans le domaine ont rendu nécessaire la mise à jour du ‘*Rock manual*’ afin d’être conforme au contexte législatif et normatif européen, d’intégrer les récentes recherches et les pratiques actuelles :

La directive ‘habitats, faune, flore’ (92/43/CEE)¹² a pour objet d’assurer le maintien de la diversité biologique par la conservation des habitats naturels et prévoit la mise sur pied d’un réseau de zones protégées. Les projets d’ouvrages hydrauliques à proximité de zones humides sont donc largement concernés par la mise en application de cette directive.

En application de la directive ‘produits de construction’ (89/106/CEE)¹³ et sous mandat M125^{14, 15} de la CE, le CEN a produit deux normes spécifiques au matériau enrochement EN 13383^{14, 15}. Cette norme concerne tous les matériaux naturels et artificiels, de taille supérieure à 45 mm, à l’exception des blocs bétons préfabriqués. Dans sa première partie, cette norme donne les spécifications pour que les ouvrages répondent aux exigences essentielles sur les ouvrages à savoir : résistance mécanique et stabilité, sécurité en cas d’incendie, hygiène, environnement, sécurité d’utilisation, protection contre le bruit, économie d’énergie. Elle propose aussi des exigences complémentaires qui peuvent être nécessaires pour certains types d’ouvrages ou d’environnement. La deuxième partie présente les méthodes de prélèvement et d’essais spécifiques aux enrochements. La version française sera accompagnée de documents nationaux et servira de référence aux producteurs pour effectuer le marquage CE de leurs produits avant mise sur le marché.

La mise en place des Eurocodes introduit un nouveau formalisme pour la justification des ouvrages. Il sera présenté dans les parties du guide qui le nécessitent, notamment pour ce qui concerne la géotechnique en intégrant le formalisme développé dans l’Eurocode 7.

L’utilisation de matériaux alternatifs, secondaires ou recyclés se développe pour limiter leur mise en décharge et préserver la ressource naturelle. Des recherches récentes proposent des méthodologies pour en étudier les utilisations possibles et pour évaluer les impacts de ces matériaux sur l’environnement.

L’estimation du coût global des structures incluant la construction, les mesures compensatoires et la maintenance se généralise. Ainsi, les éléments nécessaires à l’évaluation de solutions alternatives (utilisant des blocs artificiels en béton ou des gabions) doivent être présentés.

La forme et la méthode de pose de l’enrochement ont fait l’objet de recherches en Angleterre. Elles permettent de mieux comprendre et estimer leurs effets sur la porosité et la stabilité de la carapace.

L’intégrité des enrochements fait actuellement l’objet d’une recherche franco-anglaise qui a pour but de proposer une méthode d’essai pour déterminer la résistance in-situ d’enrochements présentant des défauts potentiels. Elle vise aussi à proposer une méthode d’estimation des changements de granulométrie lors de la construction et en service.

3. Le projet 'Rock manual'

3.1. Les grands principes de la collaboration

Suite à la proposition du Royaume-uni, une équipe composée de représentants hollandais, anglais et français a décidé en avril 2003 de rédiger une 2^{ème} édition du '*Rock manual*' pour intégrer les développements indiqués ci-dessus. L'Espagne a récemment rejoint l'équipe. Les principes qui régissent ce projet sont présentés ci-dessous et ils permettent au lecteur d'avoir une vision globale du contexte :

- Le '*Rock manual* – 2^{ème} édition' est un guide technique présentant un bilan des bonnes pratiques dans l'utilisation de l'enrochement dans les ouvrages hydrauliques. Les innovations du domaine sont mentionnées pour tenir le lecteur au fait des derniers développements dans les domaines scientifiques et techniques concernés. Le guide technique propose des méthodes et des outils appropriés à la résolution de problèmes identifiés mais il n'a légalement ni le statut de norme ni de recommandation.
- Les lecteurs ciblés pour ce guide sont les maîtres d'œuvre et d'ouvrage, les bureaux d'ingénierie, les producteurs d'enrochements, les entreprises et les laboratoires.
- Les structures visées par ce guide sont les ouvrages en enrochement, notamment les ouvrages maritimes, côtiers et portuaires, les ouvrages en rivière et en voies navigables, les barrages en enrochement et les protections de barrage.
- Le guide est 'autoporteur'. Ainsi, il couvre la conception, le dimensionnement, la construction et la maintenance des ouvrages concernés, ainsi que les matériaux de construction, i.e. les enrochements et l'essentiel de solutions alternatives proches, à savoir, les blocs artificiels en béton, les gabions.
- Le guide sera disponible en anglais, français et espagnol au format papier et électronique.
- La participation au projet est volontaire et autofinancée.

3.2. L'équipe de projet

L'équipe de projet est composée d'environ 120 personnes réparties, pour l'instant en trois groupes nationaux autonomes, auxquelles s'ajoutent environ 30 experts européens et internationaux. L'animation du projet est assurée par un comité de pilotage. Un comité éditorial veille à la qualité éditoriale du guide.

Les principaux partenaires dans l'équipe projet sont HRWallingford, Imperial College, Halcrow, au Royaume-Uni et Rijkswaterstaat, Delft Hydraulics, Technical University Delft aux Pays-Bas.

La composition de l'équipe française est indiquée dans le tableau 1. Cette composition n'est pas définitive et peut faire l'objet d'amendement pour intégrer de nouveaux membres dans la mesure où leur participation s'intègre dans le planning détaillé plus loin.

Tableau 1 : Composition de l'équipe française

Rôle	service ou société
Auteurs	Sogreah(a), Carrières du Boulonnais, Compagnie Nationale du Rhône, Cetmef(a), Port Autonome de Rouen, Port Autonome du Havre, Marine Nationale, LCPC, EDF - LNHE, France-Gabion, Cete de Lyon(a,b)
Relecteurs	LRPC Blois, LRPC Angers, FRABELTRA, GTM, Bouygues, LCPC, Arrondissement Interdépartemental des Travaux Loire, Service Navigation de la Seine, Port Autonome de Marseille, EDF - CEMETE, ENPC, Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG)

Note : (a) membre du comité de pilotage
(b) membre du comité éditorial

3.3. Le planning prévisionnel

Figure 1. Programme prévisionnel

Le projet est organisé en 7 phases successives comme présenté à la figure 1.

3.4. Le contenu du 'Rock manual – 2^{nde} édition

La table des matières produite à l'issue de la phase 2 est présentée ci-dessous et permet au lecteur d'appréhender le contenu du guide.

Table des matières à l'issue de la phase 2 :

1	INTRODUCTION
	1.1 utilisations de l'enrochement, 1.2 approches pour le dimensionnement, 1.3 structures couvertes par le guide, 1.4 utilisations du guide
2	CONCEPTION ET REALISATION
	2.1 introduction, 2.2 aspects fonctionnels, 2.3 aspects techniques, 2.4 aspects environnementaux, 2.5 aspects économiques
3	MATERIAUX
	3.1 introduction, 3.2 enrochements naturels, 3.3 blocs artificiels en béton, 3.5 gabions, 3.6 autres matériaux
4	CARACTERISATION DU SITE ET COLLECTE DE DONNEES
	4.1 données bathymétriques, 4.2 données hydrauliques : domaines maritimes et côtiers, 4.3 données hydrauliques : domaines fluviaux et navigation intérieur, 4.4 données géotechniques et reconnaissances, 4.5 données liées à la glace
5	PHENOMENES PHYSIQUES ET OUTILS DE DIMENSIONNEMENTS
	5.1 phénomènes hydrauliques, 5.2 réponses de l'ouvrage, 5.3 modélisations des phénomènes hydrauliques et du comportement des ouvrages, 5.4 études géotechniques
6	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES 'A LA MER'
	6.1 digues, 6.2 ouvrages portuaires, 6.3 protections côtières, 6.4 ouvrages off-shore
7	DIMENSIONNEMENT DES BARRAGES
	7.1 bouchures et casiers ; 7.2 protections des barrages réservoirs, 7.3 seuils, déversoirs, barrages de dérivation, 7.4 ouvrages de régulation et déversoirs de barrages
8	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES EN RIVIERE OU CANAL
	8.1 généralités et méthodologie, 8.2 ouvrages en rivière, 8.3 ouvrages en canal 8.4 ouvrages spéciaux
9	METHODES DE CONSTRUCTION
	9.1 équipements, 9.2 transport et de manutention, 9.3 spécificités liées au site, 9.4 préparation de chantier, 9.5 contrôles et suivi, 9.6 assurance qualité, 9.7 risques et sécurité sur chantier, 9.8 généralités sur les méthodes de construction 9.9 spécificités des méthodes constructives liées à l'ouvrage
10	GESTION ET MAINTENANCE DES OUVRAGES
	10.1 politiques de gestion et stratégies de maintenance, 10.2 surveillance et suivi, 10.3 évaluation des performances de l'ouvrage, 10.4 réparation et réhabilitation 10.5 programmes de suivi et de maintenance

3.5. La méthode de travail

L'objectif du travail est que le document reflète les pratiques des professionnels et que les derniers développements publiés soient intégrés. C'est pourquoi une part importante est laissée à la relecture de relecture par des professionnels et des experts du domaine. Ainsi, les phases 3 à 5 se décomposent comme suit :

- rédaction par des équipes organisées par chapitre,
- relecture par l'équipe de projet pour s'assurer de la cohérence du texte,
- relecture par des représentants des 3 pays partenaires pour s'assurer que les pratiques nationales sont respectées,
- relecture par des experts internationaux pour s'assurer de la validité du document hors d'Europe. A l'issue de chaque phase, le comité éditorial s'assure de la prise en compte des commentaires des relecteurs par les auteurs et la production est validée par le comité de pilotage.

4. Conclusion et appel à contribution

Cet article a présenté les motivations, l'organisation et l'essentiel du contenu de la seconde édition du '*Rock Manual*'. Ce guide autoporteur sur l'utilisation de l'enrochement dans les ouvrages hydraulique sera disponible en Français à partir de 2006. Ce projet est un bel exemple de collaboration entre des acteurs publics et privés au sein de l'Europe pour aboutir à un document intéressant et pratique.

Afin de s'assurer que les pratiques françaises sont prises en compte au mieux, toute personne désireuse d'être impliquée dans l'équipe française peut prendre contact avec les auteurs de l'article.

5. Références:

1. LCPC, (1989). *Les enrochements*. Ministère de l'Équipement, LCPC: Paris. 106 p.
2. Ropert, F., Bouttes, F., (1997). *Conception et dimensionnement des digues à talus*. CETMEF: Compiègne. 84 p.
3. Etienne, D., Richard, F., (1996). *Défenses de berges en enrochements*. CETMEF: Compiègne. 35p.
4. USACE, (1990). *Report EM 1110-2-2302 - "Construction with large stone"*. Washington: US Army Corps of Engineers. 50 p.
5. USACE, *Shore protection manual*. 4th ed. 1984.
6. CIRIA/CUR, (1991). *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering - CIRIA special Publication 83*. CIRIA : London. 607 p.
7. CUR/RWS, (1995). *Manual on the use of Rock in Hydraulic Engineering - Report 169*. A.A. Balkema. 800 p.
8. Magoon, T., Baird, W., (1991) *Durability of stone for rubble mound breakwaters*. Cleveland, Ohio: American Society for Civil Engineering 177 p.
9. McElroy, C., Lienhart, D. (1993). *Rock for erosion control*, A.S.T.M. Special Publication 1177 : Philadelphia: ASTM. 131 p.
10. Thorne, C.R., et al., eds, (1995) *River, Costal and Shoreline protection : erosion control using riprap and armourstone.*, Wiley. 765 p.
11. Latham, J.P., ed. (1998). *Advances in aggregates and armourstone evaluation*. The Geological Society: London. 197 p.

12.CEE. (1992). *Directive habitats, faune, flore (92/43/CEE)* Journal officiel des Communautés européennes L 206/7, 44 p.

13.CEE. (1989). *Directive Produits de Construction (89/106/CEE)* Journal officiel des Communautés européennes n° L 40/12, 15 p.

14.AFNOR (2003). *NF EN 13383-1 Enrochements - Partie 1 : spécifications* Indice de classement : P18-661-1. 45 p.

15.AFNOR (2003). *NF EN 13383-2 Enrochements - Partie 2 : méthodes d'essai* Indice de classement : P18-661-2. 44 p.