

# Guide Enrochement

*L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques  
Version française du Rock Manual (2<sup>e</sup> édition)*



Centre  
d'Études  
Techniques  
Maritimes  
et Fluviales



**Guide Enrochement. L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques. Version française du Rock Manual**

CIRIA ; CUR ; CETMEF

ISBN 978-2-11-098518-7

<p><b>Mots-clés CIRIA</b></p> <p>Changement climatique, côtier et maritime, gestion de la construction, conception et constructibilité, inondation, reconnaissance géotechnique et caractérisation, construction durable, utilisation durable des ressources, coût du cycle de vie, matériaux, béton et ouvrage, barrage et retenue, bonne pratique environnementale, santé et sécurité, réhabilitation, rivière et voie navigable, approvisionnement, analyse de la valeur et du risque, infrastructure hydraulique</p>	<p><b>Mots-clés généraux</b></p> <p>Enrochement, changement climatique, côtier et maritime, construction, conception et constructibilité, inondation, géotechnique, hydraulique, construction durable, utilisation durable des ressources, coût du cycle de vie, matériaux de construction, exploitation de carrière, béton et ouvrage, barrage et retenue, bonne pratique environnementale, santé et sécurité, rénovation et réparation, rivière et voie navigable, maintenance</p>
<p><b>Lecteurs intéressés</b></p> <p>Gestionnaires, consultants, ingénieurs en génie civil, ingénieurs hydrauliques, ingénieurs géotechniciens, ingénieurs géologues, autorités de réglementation environnementale, géomorphologues, modélisateurs, autorités de planification et d'acceptation, conseillers en environnement, entreprises, exploitants de carrière, laboratoires, universitaires</p>	<p><b>Classification</b></p> <p>DISPONIBILITÉ Non-limitée</p> <p>CONTENU Recommandation/guide</p> <p>STATUT Comité de guidage</p> <p>UTILISATEUR Gestionnaires, consultants, entreprises, fournisseurs, autorité d'acceptation, autorité de réglementation et conseiller en environnement, chercheurs</p>

**Responsabilité**

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ou distribuée sous aucune forme ou par aucun moyen, y compris la reproduction et l'enregistrement, sans permission écrite du gestionnaire des droits (CIRIA, CUR, CETMEF), la demande devra être adressée à l'éditeur. Une telle permission écrite doit également être obtenue avant qu'une quelconque partie de cette publication soit stockée dans un système de stockage de données de quelque nature que ce soit.

Cette publication est conçue pour fournir des informations précises et bien fondées au regard des thèmes couverts. Elle est vendue et/ou distribuée avec l'accord que ni les auteurs ni l'éditeur ne sont tenus de prestation légale ou de quelque service professionnel que ce soit. Bien que tous les efforts aient été faits pour s'assurer de l'exactitude et de la perfection de la publication, aucune garantie ou aptitude n'est fournie ou est impliquée, et les auteurs et l'éditeur n'auront ni la responsabilité ni obligation légale à toute personne ou entité en ce qui concerne une quelconque perte ou des dommages résultant de son utilisation.

**Droits commerciaux**

Certains produits mentionnés dans ce livre sont des marques déposées ; pour des précisions, les lecteurs devront consulter le fabricant. La mention dans cette publication d'une marque propriétaire ne veut pas dire que les auteurs ou les éditeurs approuvent ou recommandent le produit.

**Référencement de cette publication**

Lorsque cette publication est référencée dans d'autres supports écrits, veuillez employer l'information suivante :

Titre	<i>Guide Enrochement. L'utilisation des enrochements pour les ouvrages hydrauliques. Version française du Rock Manual</i>
Auteur	CIRIA ; CUR ; CETMEF
Date	2009
Éditeur	CETMEF, Compiègne

**Exemple**

En utilisant le système standard Harvard, la référence devrait apparaître comme suit : CIRIA, CUR, CETMEF (2009). *Guide Enrochement. L'utilisation des enrochements pour les ouvrages hydrauliques. Version française du Rock Manual*, P09-01, CETMEF, Compiègne

# Préface ministérielle

Nos ports, défenses côtières et fluviales et voies navigables sont essentiels au développement économique et commercial. Les enrochements naturels et durables sont l'un des principaux matériaux utilisés dans les travaux maritimes et fluviaux pour empêcher l'affouillement et l'érosion, et pour limiter le franchissement de la houle et les inondations. On estime qu'au moins 10 millions de tonnes d'enrochements sont mis en œuvre tous les ans en Europe, dans des travaux de construction évalués à approximativement 1 milliard d'euros. Pourtant beaucoup d'ingénieurs emploient encore des techniques traditionnelles dans l'utilisation des enrochements et ne bénéficient pas des avantages de l'expérience industrielle et des nouvelles recherches. Ils ont besoin également de recommandations pour s'assurer que leurs projets respectent l'environnement et le développement durable.

Nos gouvernements nationaux ont réalisé qu'il y avait un besoin de promouvoir la production d'une source simple de référence de bonnes pratiques dans l'utilisation des enrochements pour les ouvrages hydrauliques, s'appuyant sur l'expertise d'un nombre limité d'experts à travers l'Europe. Le projet de production de ce guide est donc le fruit d'une collaboration entre trois pays de l'Union européenne : la France, les Pays-Bas et le Royaume-Uni.

Ce nouveau guide est plus qu'une révision des documents existants. Il est basé sur deux années d'efforts par une équipe d'experts internationaux. Ils ont constitué une synthèse complète des bonnes pratiques sur l'utilisation des enrochements en génie civil pour nos fleuves, côtes et mers et ont incorporé toutes les avancées significatives dans la connaissance qui ont été produites au cours des 10-15 dernières années. Nous croyons que l'application des recommandations de ce guide aidera à réaliser une amélioration à long terme de l'utilisation des enrochements et favorisera la conservation des écosystèmes en équilibre avec la protection appropriée de la vie et de la propriété humaines.

Nous avons donc le plaisir de recommander ce document à tous ceux qui sont intéressés par le sujet aussi bien les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre que les constructeurs.



I Pearson

Ministre d'État, DEFRA  
(Department for  
Environment, Food and  
Rural Affairs), Royaume-Uni



G Caude

Directeur du CETMEF  
(Centre d'Études Techniques  
Maritimes et Fluviales),  
France



L H (Bert) Keijts

Directeur général des  
Travaux Publics et de la  
Gestion de l'Eau,  
Pays-Bas

# Résumé

En 1991 CIRIA/CUR a produit le *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*, usuellement connu sous le nom de Rock Manual (CIRIA, 1991). CUR/RWS a mis à jour ce guide en 1995 pour inclure l'utilisation des enrochements dans les barrages et l'ingénierie fluviale et la construction (CUR, 1995). Deux ouvrages de référence français ont été produits vers la fin des années 80: *Le dimensionnement des digues à talus* (EDF R & D, 1987) et *Les Enrochements* (LCPC/CETMEF, 1989). Depuis la publication de ces textes de référence, des recherches significatives ont été faites pour améliorer la compréhension du comportement des enrochements et pour déterminer des pratiques pour l'ingénierie hydraulique. En conséquence, ce guide a été développé pour apporter une mise à jour des publications précédentes et mettre l'accent sur les problématiques environnementales et de durabilité.

Les nouvelles informations incorporées dans cette édition incluent :

- un élargissement de la portée du guide (par rapport à l'édition de 1991) pour couvrir le côtier, les voies navigables et les fermetures ;
- des recommandations sur la conception et la construction utilisant des enrochements artificiels ;
- des recommandations mises à jour sur les spécifications des enrochements et les modèles de spécifications pour la construction des ouvrages en enrochement ;
- des références croisées vers les nouvelles normes sur les enrochements EN 13383, qui rendent obsolètes les éditions précédentes ;
- des références croisées complètes vers les Eurocodes pour des considérations géotechniques ;
- des nouvelles recherches sur l'intégrité des enrochements, la pose et le placement, le rendement de carrière et les distributions granulométriques des enrochements ;
- un nouveau modèle d'évaluation des risques ;
- une réactualisation des recommandations sur le franchissement de la houle, le run-up et la transmission de la houle ;
- des recommandations mises à jour sur la description des climats de houle et des paramètres représentatifs de la houle y compris la distribution des hauteurs de la houle en eau peu profonde ;
- une réactualisation des recommandations sur le choix des conditions de dimensionnement hydrauliques, y compris la conception avec des probabilités combinées des, par exemple, vagues et niveaux d'eau ;
- une réactualisation des recommandations sur l'hydraulique fluviale et les conditions de dimensionnement pour des ouvrages fluviaux ;
- une réactualisation des recommandations sur la mise en place des tapis plongeurs ;
- une réactualisation des recommandations sur la stabilité des ouvrages à crête abaissée, la protection au pied des digues verticales, le calcul des forces hydrodynamiques sur les éléments de couronnement et sur la stabilité des talus en enrochement en eau peu profonde ;
- des recommandations actualisées sur la stabilité du talus arrière des ouvrages en enrochement, sur la stabilité des ouvrages de fond, sur la conception et la construction des digues à bermes statiquement stables et sur la réponse des ouvrages aux charges liées à la glace ;
- une nouvelle section sur la conception d'ouvrages portuaires de protection en enrochement ;
- un chapitre complètement révisé sur la maintenance et la gestion des ouvrages.

Par rapport aux précédentes éditions, les changements suivants ont été faits dans cette mise à jour :

- les plages de gravier ont été supprimées, puisque celles-ci sont couvertes dans d'autres textes de référence sur la conception des plages ;
- des conseils détaillés sur l'affouillement sont supprimés, car ce sujet est bien couvert dans d'autres textes et manuels de référence ;
- des annexes sur la collecte de mesures sur les enrochements, de données hydrauliques et géotechniques ont été supprimées.

Le chapitre sur la construction fournit une référence aux recherches récentes sur la sécurité et les risques en construction. Le Chapitre 10 sur la surveillance, l'inspection, la maintenance et la réparation se concentre sur des expériences et approches pratiques pour la surveillance post-construction et l'évolution et la réparation des ouvrages.

Cette publication est disponible en langue anglaise et française en version papier et CD-Rom. Le matériel peut également être téléchargé sur les sites internet du CIRIA et du CETMEF ([www.ciria.org](http://www.ciria.org), [www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr)). Un grand nombre d'équations de ce guide sont incluses dans l'ensemble logiciel CRESS, qui est en téléchargement libre sur le site internet [www.cress.nl](http://www.cress.nl).

Plus de 100 experts européens et internationaux ont été impliqués dans le projet de mise à jour du *Rock Manual* et ont mis tout en œuvre pour que la nouvelle édition soit un guide de référence international sur l'utilisation de l'enrochement dans les ouvrages hydrauliques.

# Remerciements

## Équipes d'édition et de publication

<b>Organisations partenaires</b>	Cette publication est le résultat d'un projet de recherches communes du CIRIA (Royaume-Uni), Projet de Recherche 683 <i>Update of the manual on the use of rock in hydraulic engineering</i> , le CUR (Pays-Bas), Projet de Recherche C138 <i>Update Rock Manual</i> , et le CETMEF (France), Projet de Recherche <i>Guide Enrochement</i> .	
<b>Sous-traitants</b>	<b>Royaume-Uni:</b> HR Wallingford et sous-traitant Imperial College, Halcrow et University of Southampton, sous contrat du CIRIA. <b>France:</b> SOGREAH, CETE de Lyon sous contrat du CETMEF. <b>Pays-Bas:</b> WLDelft. Hydraulics, GeoDelft, Infram, Van Duivendijk et Royal Haskoning, sous contrat du CUR.	
<b>Équipe technique éditoriale</b>	Sébastien Dupray	CETE de Lyon, France
	Daan Heineke	Rijkswaterstaat, Pays-Bas
	Kirsty McConnell	HR Wallingford, RU
<b>Relecteur technique principal</b>	Jonathan Simm	HR Wallingford, RU
<b>Directeurs de projet</b>	Nick Bean	CIRIA, RU
	Marianne Scott	CIRIA, RU
<b>Équipe exécutive d'orientation</b>	Sébastien Dupray	CETE de Lyon, France
	Michel Fons	SOGREAH, France
	Daan Heineke	Rijkswaterstaat, Pays-Bas
	Joop Koenis	CUR, Pays-Bas
	Huub Lavooij	Rijkswaterstaat, Pays-Bas
	Kirsty McConnell	HR Wallingford, RU
	Marianne Scott	CIRIA, RU
	Jonathan Simm	HR Wallingford, RU
	Dick Thomas	Faber Maunsell, RU
	Jean-Jacques Trichet	CETMEF, France
	Henk Jan Verhagen	Technische Universiteit Delft, Pays-Bas
<b>Éditeurs</b>	Kasay Asmerom	HR Wallingford, RU
	Jeroen van den Bos	Technische Universiteit Delft, Pays-Bas
	Clare Drake	CIRIA, RU
	Sébastien Dupray	CETE de Lyon, France
	Daan Heineke	Rijkswaterstaat, Pays-Bas
	Kirsty McConnell	HR Wallingford, RU
	Marianne Scott	CIRIA, RU
	Céline Trmal	CETMEF, France
<b>Suivi de la publication</b>	Nick Bean	CIRIA, RU
	Richard D'Alton	CIRIA, RU
	Clare Drake	CIRIA, RU

## Financements

<b>Contributeurs de projet</b>	L'équipe du projet voudrait exprimer ses remerciements aux organisations contributrices qui ont pourvu aux fonds financiers permettant le développement de ce guide.
<b>Contributeurs anglais</b>	Defra/Environment Agency joint flood and coastal management research and development programme – Engineering TAG Department of Trade and Industry Network Rail CEMEX (RMC Aggregates) Royal Boskalis Westminster

SCOPAC  
Stema Shipping (UK) Ltd  
Van Oord UK Ltd

**Contributeurs  
français** CETE de Lyon  
CETMEF  
EDF-LNHE  
France Maccaferri  
LCPC  
SOGREAH  
UNICEM/Carrières du Boulonnais

**Contributeurs  
néerlandais** DHV Milieu en Infrastructuur  
Grontmij Advies & Techniek  
Havenbedrijf Rotterdam  
Raadgevend Ingenieursbureau Lievens  
Rijkswaterstaat Bouwdienst en DWW  
Royal Boskalis Westminster  
Royal Haskoning  
Stichting Fonds Collectief Onderzoek GWW  
STOWA  
Van Oord nv  
VBKO  
Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs

#### Traduction française

**Directeur  
de projet** Jean-Jacques Trichet CETMEF, France

**Chef de projet** Céline Trmal CETMEF, France

**Traducteurs** AGS Traduction, France

**Mise en forme** Franca Berland CETE de Lyon, France  
Gilbert Bader CETE de Lyon, France

**Relecteurs** CETMEF: Céline Trmal, Jean-Jacques Trichet, Sébastien Dupray, Olivier Soulat, Mathieu Galiana, Patrick Chassé; SOGREAH: Luc Hamm, Pierre-François Demenet, Nicolas Garcia, François Hacques; Jérôme Crosnier, CETE de LYON; Annette Moiset, Carrières du Boulonnais; Nicolas Vayr, France Maccaferri; Jacques Perrier, CNR; Olivier Artières, Tencate geosynthetics France

#### Équipes par chapitre

*Chapitre 1* Introduction

**Pilote du chapitre** Kirsty McConnell, HR Wallingford

**Auteur** Marianne Scott, CIRIA

*Chapitre 2* Conception des ouvrages

**Pilote du chapitre** Kevin Burgess, Halcrow

**Auteurs** Kirsty McConnell, HR Wallingford; Hans Noppen, Technische Universiteit Delft; Clive Orbell-Durrant, consultant indépendant; Lydia Roumégas, CETMEF

*Chapitre 3* Matériaux

**Pilote du chapitre** Sébastien Dupray, CETE de Lyon; John-Paul Latham, Imperial College  
**Auteurs** Ed Berendsen, Rijkswaterstaat; Jérôme Crosnier, CETE de Lyon; Francis Derache, France Maccaferri; Michel Fons, SOGREAH; Remi Mattras, France Maccaferri; Jan van Meulen, Royal Boskalis; Annette Moiset, Carrières du Boulonnais; Jacques Perrier, CNR; Krystian Pilarczyk, Rijkswaterstaat; David Shercliff, Geofabrics; Jonathan Simm, HR Wallingford; Céline Trmal, CETMEF; Michael Wallis, HR Wallingford; Thierry Wojnowski, TPPL

- Chapitre 4*      *Caractérisation du site et collecte des données*  
**Pilote du chapitre**      Michel Benoit, EDF-LNHE  
**Auteurs**                      David Brew, Royal Haskoning; Sébastien Dupray, CETE de Lyon; Peter Hawkes, HR Wallingford; Vanessa Laborie, CETMEF; Arny Lengkeek, Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs; Jean-Pierre Magnan, LCPC; Olivier Soulat, CETMEF; Jean-Jacques Trichet, CETMEF; Henk Verheij, WL|Delft Hydraulics
- Chapitre 5*      *Phénomènes physiques et outils de dimensionnement*  
**Pilote du chapitre**      Marcel van Gent, WL|Delft Hydraulics  
**Auteurs**                      Kasay Asmerom, HR Wallingford; Michel Benoit, EDF-LNHE; Martijn Coeveld, WL|Delft Hydraulics; Manuela Escarameia, HR Wallingford; Maarten de Groot, GeoDelft; Daan Heineke, Rijkswaterstaat; Jurgen Herbschleb, Royal Haskoning; Bas Hofland, WL|Delft Hydraulics; Arny Lengkeek, Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs; Jean-Pierre Magnan, LCPC; Markus Muttray, Delta Marine Consultants; Beatriz Pozueta, WL|Delft Hydraulics; Olivier Soulat, CETMEF; Terry Stewart, HR Wallingford; Henk Jan Verhagen, Technische Universiteit Delft
- Chapitre 6*      *Conception des ouvrages à la mer*  
**Pilote du chapitre**      Kirsty McConnell, HR Wallingford  
**Auteurs**                      Teus Blokland, Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam; Javier Escartin, Prointec; Michel Fons, SOGREAH; Mark Glennerster, Halcrow; Greg Smith, Van Oord nv; Alf Tørum, SINTEF; Céline Trmal, CETMEF; Arnaud Sallaberry, SOGREAH
- Chapitre 7*      *Conception des ouvrages de fermeture*  
**Pilote du chapitre**      Henk Jan Verhagen, Technische Universiteit Delft  
**Auteurs**                      Gé Beaufort, Rijkswaterstaat; Hans van Duivendijk, independent consultant
- Chapitre 8*      *Conception des ouvrages en rivière et en canal*  
**Pilote du chapitre**      Fabrice Daly, CETMEF  
**Auteurs**                      Hans van Duivendijk, independent consultant; Mark Franssen, Rijkswaterstaat; Remi Mattras, France Maccaferri; Bas Reedijk, Delta Marine Consultants; Charlie Rickard, independent consultant; Bert te Slaa, Royal Haskoning; Maarten van der Wal, Rijkswaterstaat; Dick de Wilde, Rijkswaterstaat
- Chapitre 9*      *Construction*  
**Pilote du chapitre**      Jelle Olthof, Hydronamic  
**Auteurs**                      Pieter Bakker, Delta Marine Consultants; Andrew Bradbury, University of Southampton; Ian Cruickshank, HR Wallingford; Martin Johansen, Stema Shipping (UK) Ltd; John Laker, Dean & Dyball Limited; John-Paul Latham, Imperial College; Jan van Meulen, Royal Boskalis Westminster; Yves Rhan, Port Autonome de Rouen; David Rochford, Sillanpää; Greg Smith, Van Oord nv; Pierre Vetro, Marine Nationale – STTIM
- Chapitre 10*      *Surveillance, inspection, maintenance et réparation*  
**Pilote du chapitre**      Andrew Bradbury, University of Southampton  
**Auteurs**                      Bart van Bussel, Infram; Ep van Hijum, Infram; Steven Hughes, USACE; David Lhomme, ATM3D; Cliff Ohl, HR Wallingford

*Relecteurs  
de tous les  
chapitres*

**Relecteurs**

John Ackers, Black & Veatch; William Allsop, HR Wallingford; Pierre Aristaghes, ENI-SAIPEM; Olivier Artières, BIDIM; Bill Baird, WF Baird & Associates; Brian Bell, Network Rail; Jeremy Benn, JBA Consulting; Michel Benoit, EDF-LNHE; André Beziau, Merceron TP; Romke Bijker, independent consultant; Teus Blokland, Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam; Stéphane Bonelli, CEMAGREF; Andrew Bradbury, University of Southampton; Mervyn Bramley, Environment Agency; Franck Brisset, FRABELTRA; Sjoerd van den Brom, Royal Boskalis Westminster; Chris Browne, Royal Haskoning; Amund Bruland, SINTEF; Hans Burcharth, Aalborg University; Kevin Burgess, Halcrow; Neil Chamberlain, Black & Veatch; Zhi Wen Chen, Alkyon; Malcolm Chevin, CEMEX; Ken Croasdale, K.R. Croasdale & Associates Ltd; Gérard Degoutte, CEMAGREF; Francis Derache, France Maccaferri; Hans van Duivendijk, independent consultant; Jean-Louis Durville, CETE de Lyon; Craig Elliott, Environment Agency; Manuela Escarameia, HR Wallingford; Jean-Pascal Faroux, Port Autonome du Havre; Michel Fons, SOGREAH; Steve Fort, High-Point Rendel; Leopoldo Franco, Modimar; Denis François, LCPC; Ron Gardner, Royal Boskalis Westminster; Marcel van Gent, WLDelft Hydraulics; Yoshimi Goda, Yokohama National University; David Goutx, CETE Normandie-Centre; Maarten de Groot, GeoDelft; Luc Hamm, SOGREAH; Paul Hesk, Van Oord UK Ltd; Martin Hirst, Dean & Dyball Limited; Brian Holland, Arun District Council; Kevin Howat, Edmund Nuttall; Andy Hughes, British Dam Society; Steven Hughes, USACE; Martin Johansen, Stema Shipping (UK) Ltd; Jean-Claude Jouanneau, CETE Normandie-Centre; Andreas Kortenhaus, Leichtweiss-Institut; Stein Krogh, SINTEF; Kurt Larson, Foster Yeoman Limited; George Lees, Scottish Natural Heritage; Fabien Lemaitre, Service Maritime Boulogne Calais; François Leroy, GSM; Dave Lienhart, independent consultant; Han Ligteringen, Royal Haskoning; Mike Little, Black & Veatch; Mervyn Littlewood, HR Wallingford; Philippe Maron, Université de Pau; Jon McCue, Atkins; Alastair McNeill, Scottish Environmental Protection Agency; Jentsje van der Meer, Infram; Jeff Melby, USACE; Jan van Meulen, Royal Boskalis Westminster; Edmond Richard Michalski, ANTEA; Annette Moiset, Carrières du Boulonnais; David Moussay, DDE 45; Clive Orbell-Durrant, independent consultant; Finn Ouchterlony, BAM Civiel; Hocine Oumeraci, Leichtweiss-Institut; Eray Ozguler, DSI; Christopher Pater, English Nature; Andrew Patterson, Patterson Britton & Partners Pty Ltd; Jacques Perême, CTPL; Jean-Luc Person, Port Autonome de Marseille; Paolo Di Pietro, Maccaferri; Krystian Pilarczyk, Rijkswaterstaat; Peter Prins, BAM Civiel; Suan Tie Pwa, Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs; Gerard van Raalte, Royal Boskalis Westminster; David Rochford, Sillanpää; Paul Samuels, HR Wallingford; Ignacio Rodriguez Sanchez-Arevalo, Puertos del Estado; Paul Sedgwick, Environment Agency; Daoxian Shen, Han-Padron Associates; David Shercliff, Geofabrics; Björn Shoenberg, SP; Sigurdur Sigurdarson, Siglingastofun Íslands (Icelandic Maritime Administration); Jonathan Simm, HR Wallingford; Omar Smarason, STAPI Ltd; Shigeo Takahashi, PARI; Dick Thomas, Royal Haskoning; Tamer Topal, TU Ankara; Alf Tørum, SINTEF; Jean-Jacques Trichet, CETMEF; Henk Verheij, WLDelft Hydraulics; Peter Verhoef, Royal Boskalis Westminster; Han Vrijling, Technische Universiteit Delft; Thierry Wojnowski, TPPL; John Zabicki, Grontmij.

**Équipes nationales****Groupes support nationaux**

Trois groupes de support nationaux furent établis afin de guider le projet et représenter les parties prenantes des pays partenaires

*Groupe support anglais***Pilote national Marianne Scott, CIRIA**

John Ackers, Black & Veatch; Brian Bell, Network Rail; Jeremy Benn, JBA Consulting; Rob Bentinck, ICE Maritime Board representative; Andrew Bradbury, SCOPAC and New Forest District Council; Mervyn Bramley, Environment Agency; Chris Browne, Royal Haskoning; Malcolm Chevin, CEMEX (RMC Aggregates); Steve Fort, High-Point Rendel; Ron Gardner, Royal Boskalis Westminster; Paul Hesk, Van Oord UK Ltd; Martin Hirst, Dean & Dyball Limited; Brian Holland, Arun District Council; Kevin Howat, Edmund Nuttall; Martin Johansen, Stema Shipping (UK) Ltd; Kurt Larson, Foster Yeoman Limited; George Lees, Scottish Natural Heritage; Jon McCue, Atkins; Alastair McNeill, Scottish Environment Protection Agency; Clive Orbell-Durrant, independent consultant; Christopher Pater, English Nature; Charlie Rickard, independent consultant; David Rochford, Sillanpää; Mike Roe, Atkins (DTI representative); Neil Sandilands, Scottish and Southern Energy plc; Paul Sedgwick, Environment Agency; **Dick Thomas (président)**, Royal Haskoning; Chris Wainwright, Aggregate Industries UK Ltd; Russ Wolstenholme, Atkins (DTI representative).

*Groupe support français***Pilote national Sébastien Dupray, CETE de Lyon**

Pierre Aristaghes, ENI-SAIPEM; Olivier Artières, BIDIM; Michel Benoit, EDF-LNHE; André Beziau, Merceron TP; Stéphane Bonelli, CEMAGREF; Franck Brisset, FRABELTRA; Jérôme Crosnier, CETE de Lyon; Fabrice Daly, CETMEF; Gérard Degoutte, CEMAGREF; Francis Derache, France Maccaferri; Sébastien Dupray, CETE de Lyon; Jean-Louis Durville, CETE de Lyon; Jean-Pascal Faroux, Port Autonome du Havre; Michel Fons, SOGREAH; Denis François, LCPC; Nicolas Fraysse, BRL; David Goutx, CETE Normandie-Centre; Michel Gueret, Merceron TP; Luc Hamm, SOGREAH; Jean-Claude Jouanneau, CETE Normandie-Centre; Vanessya Laborie, CETMEF; Pascal Lebreton, CETMEF; Fabien Lemaitre, Service Maritime Boulogne-Calais; François Leroy, GSM; David Lhomme, ATM3D; Jean-Pierre Magnan, LCPC; Philippe Maron, Université de Pau; Remi Mattras, France Maccaferri; Edmond Richard Michalski, ANTEA; Annette Moiset, Carrières du Boulonnais; David Moussay, DDE 45; Jacques Perême, CTPL; Jacques Perrier, CNR; Jean-Luc Person, Port Autonome de Marseille; Yves Rhan, Port Autonome de Rouen; François Ropert, Service Navigation de la Seine; Lydia Roumégas, CETMEF; Arnaud Sallaberry, SOGREAH; Olivier Soulat, CETMEF; Céline Trmal, CETMEF; **Jean-Jacques Trichet (président)**, CETMEF; Pierre Vetro, Marine Nationale, SID; Thierry Wojnowski, TPPL.

*Groupe support néerlandais***Pilote national Joop Koenis, CUR**

Marcel van Gent, WLD/Delft Hydraulics; Maarten de Groot, GeoDelft; Ami Habib, Grontmij; Daan Heineke, Rijkswaterstaat; Stefan van Keulen, Royal Boskalis Westminster; Joop Koenis, CUR; **Huub Lavooij (président)**, Rijkswaterstaat; Han Ligteringen, Royal Haskoning; Jentsje van der Meer, Infram; Arie Mol, Raadgevend Ingenieursbureau Lievense; Henk Nieboer, Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs; Hans Noppen, Technische Universiteit Delft; Jan van Overeem, Alkyon; Krystian Pilarczyk, Rijkswaterstaat; Bas Reedijk, Delta Marine Consultants; Ben Reeskamp, DHV Milieu en Infrastructuur; Bert te Slaa, Royal Haskoning; Greg Smith, Van Oord nv; Henk Jan Verhagen, Technische Universiteit Delft.

# Sommaire

Préface ministérielle .....	iii
Résumé .....	iv
Remerciements .....	vi
Glossaire .....	xiv
Acronymes .....	xxv
Notations .....	xxvii
Indices couramment utilisés .....	xxxvii
<b>1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Utilisation de l'enrochement .....	3
1.2 Contexte du guide .....	4
1.3 Organisation du guide .....	4
1.4 Public ciblé .....	7
1.5 Étendue .....	8
1.6 Références bibliographiques .....	14
<b>2 Conception des ouvrages .....</b>	<b>15</b>
2.1 Introduction .....	19
2.2 Définition des exigences .....	20
2.3 Considérations techniques .....	29
2.4 Considérations économiques .....	43
2.5 Considérations environnementales .....	51
2.6 Considérations sociales .....	64
2.7 Références bibliographiques .....	65
<b>3 Matériaux .....</b>	<b>67</b>
3.1 Introduction .....	74
3.2 Enrochement naturel – aperçu des propriétés et des fonctions .....	90
3.3 Enrochement naturel – propriétés intrinsèques .....	101
3.4 Enrochement naturel – propriétés induites par la production .....	107
3.5 Enrochement naturel – propriétés induites par la construction .....	130
3.6 Qualité, durabilité et prédiction de la durée de service .....	138
3.7 Préparation des spécifications de l'enrochement .....	163
3.8 Essais et mesures .....	168
3.9 Opérations en carrière .....	189
3.10 Contrôle de la qualité des enrochements .....	240
3.11 Coût de l'enrochement naturel .....	253
3.12 Enrochement artificiel .....	256
3.13 Matériaux recyclés et secondaires .....	272
3.14 Gabions .....	280

3.15	Enrochement lié	287
3.16	Géotextiles et géosystèmes	290
3.17	Références bibliographiques	298
<b>4</b>	<b>Caractérisation du site et collecte des données</b>	<b>309</b>
4.1	Bathymétrie et morphologie	314
4.2	Conditions aux limites hydrauliques et collecte de données – eaux maritimes et côtières	328
4.3	Conditions aux limites hydrauliques et collecte des données – eaux intérieures	417
4.4	Reconnaitances géotechniques et collecte des données	460
4.5	Conditions liées à la glace	476
4.6	Références bibliographiques	480
<b>5</b>	<b>Phénomènes physiques et outils de dimensionnement</b>	<b>495</b>
5.1	Performance hydraulique	502
5.2	Réponse structurelle aux actions hydrauliques	552
5.3	Modélisation des interactions hydrauliques et de la réponse structurelle	702
5.4	Conception géotechnique	717
5.5	Références bibliographiques	776
<b>6</b>	<b>Conception des ouvrages à la mer</b>	<b>795</b>
6.1	Digues à talus	800
6.2	Protection en enrochement des ouvrages portuaires	846
6.3	Ouvrages de protection du littoral et de stabilisation du trait de côte	859
6.4	Utilisation de l'enrochement en ingénierie offshore	907
6.5	Références bibliographiques	929
<b>7</b>	<b>Conception des ouvrages de fermeture</b>	<b>933</b>
7.1	Introduction	937
7.2	Fermetures d'estuaires	944
7.3	Fermetures de rivières	964
7.4	Barrages-réservoirs	979
7.5	Barrages à vannes, seuils, barrages fluviaux et barrages de dérivation	983
7.6	Modélisation relative au modèle d'écoulement, à l'affouillement et à la protection du fond	989
7.7	Références bibliographiques	990
<b>8</b>	<b>Conception des ouvrages en rivière et en canal</b>	<b>991</b>
8.1	Introduction	996
8.2	Aménagements fluviaux	1007
8.3	Canaux de navigation et d'adduction d'eau	1053
8.4	Ouvrages construits dans les petites rivières	1063
8.5	Ouvrages spéciaux	1072
8.6	Utilisation de matériaux spéciaux	1078
8.7	Références bibliographiques	1093

<b>9 Construction</b> .....	<b>.1095</b>
9.1 Préparation des travaux .....	.1102
9.2 Préparation du site .....	.1106
9.3 Équipement .....	.1115
9.4 Transport .....	.1138
9.5 Risques liés à la construction et sécurité .....	.1147
9.6 Problèmes géotechniques .....	.1157
9.7 Techniques de mise en œuvre .....	.1158
9.8 Contrôle qualité .....	.1185
9.9 Techniques de levés et de mesures .....	.1196
9.10 Références bibliographiques .....	.1206
<b>10 Surveillance, inspection, maintenance et réparation</b> .....	<b>.1207</b>
10.1 Modes de gestion .....	.1211
10.2 Élaboration d'une stratégie de gestion .....	.1215
10.3 Surveillance .....	.1219
10.4 Évaluation de l'état et des performances de l'ouvrage .....	.1244
10.5 Maintenance, réparation et réhabilitation .....	.1254
10.6 Références bibliographiques .....	.1269
<b>Annexe 1: modèle de spécifications pour la construction</b> .....	<b>.1275</b>
<b>Annexe 2: évaluation des risques associés à la manipulation d'enrochement en carrière ou sur site</b> .....	<b>.1285</b>
Index .....	.1291

# Glossaire

<b>Abaissement du niveau de la mer due à la houle</b>	Abaissement du niveau d'eau avant la zone de déferlement de manière à conserver le moment alors que les vitesses orbitales de la houle et les pressions changent avant le déferlement de la houle (en anglais « wave set-down »).
<b>Accrétion</b>	Processus de déposition et d'accumulation de sédiments transportés par l'écoulement des eaux (antonyme d'érosion).
<b>Affouillement</b>	Érosion du fond ou du lit sous l'effet des forces de cisaillement induites par les courants ou les vagues.
<b>Altération</b>	Phénomène de dégradation d'une roche par actions d'agents physiques, chimiques et biologiques conduisant à la détérioration de la résistance de la roche, ou celle des blocs rocheux extraits.
<b>Altération de la roche</b>	Processus de dégradation physique et minéralogique de la roche dû à une exposition à des conditions climatiques actuelles ou révolues.
<b>Aménagement fluvial</b>	Tout ouvrage construit dans l'écoulement ou placé sur, adjacent ou au voisinage de berges d'un cours d'eau qui vise à dévier les courants, faire déposer les sédiments, limiter les affouillements, ou dans d'autres cas modifier le régime de l'écoulement ou des sédiments d'une rivière.
<b>Appui latéral, culée</b>	Portion des rives où se placera un barrage ou remblai d'accès dans le cas de ponts qui peut s'avancer dans la voie d'eau.
<b>Asymétrie</b>	Forme des vagues gravitaires lorsqu'elles deviennent plus cambrées, leur profil devient distordu avec une tendance en avant, des crêtes plus pointues, des creux plus plats, caractéristique des trains de houle de Stokes infinie. Un tel profil a un moment d'ordre 3 non nul c'est-à-dire que l'asymétrie est supérieure à zéro.
<b>Attrition</b>	Mécanisme de dégradation dû au mouvement de cisaillement des particules.
<b>Barrage anti-marée</b>	Ouvrage construit au travers d'un estuaire dans le but d'empêcher, ou du moins modifier, la propagation de la marée.
<b>Barrage de retenue</b>	Ouvrage construit en rivière ou dans un estuaire pour séparer l'eau en deux parties et/ou pour en retenir une partie.
<b>Barrage mobile ou seuil fixe</b>	Ouvrage ou mur de faible hauteur construit en travers de l'écoulement pour relever le niveau d'eau amont. On parle de seuil fixe quand il n'y a pas d'organes de réglage mobiles.
<b>Bassin d'amortissement</b>	Bassin construit pour dissiper l'énergie d'un écoulement d'eau rapide, par exemple d'un déversoir ou d'une vidange de fond et pour éviter l'érosion du lit de la rivière.
<b>Bassin versant</b>	Zone géographique dont les eaux se déversent vers un lieu donné : cours d'eau, lac, ouvrage artificiel, etc.
<b>Bastion</b>	Épi massif, ou section en saillie d'un ouvrage maritime normalement construit avec une crête au-dessus du niveau de l'eau.
<b>Batardeau</b>	Enceinte étanche destinée à protéger des eaux tout ou une partie d'un chantier, permettant la construction à sec.
<b>Bathymétrie</b>	Topographie des fonds marins, estuariens ou lacustres.
<b>Berne</b>	Partie horizontale sur le profil d'un talus.
<b>Bief</b>	Tronçon de rivière dans lequel le débit, la pente et les profils sont uniformes.
<b>Bloc d'enrochement</b>	Bloc rocheux (enrochement naturel) ou bloc préfabriqué en béton (enrochement artificiel) sélectionné pour ses propriétés particulières de masse et de forme. Il est souvent utilisé en carapace.

<b>Blocométrie du gisement</b>	Blocométrie de la population de blocs limités par les discontinuités du massif rocheux avant extraction.
<b>(Butée de) Pied</b>	Partie la plus basse d'un ouvrage côtier ou fluvial de défense, qui peut soutenir la protection de talus et/ou assurer une protection contre les affouillements.
<b>Brise-lames</b>	Digue sans connexion à la côte, en générale parallèle à la côte.
<b>Brut de primaire</b>	Matériau de carrière issu du concasseur primaire qui contient toutes les fractions inférieures à l'ouverture du concasseur.
<b>Caisson</b>	Ouvrage cellulaire en béton.
<b>Cambrure</b>	Rapport entre la hauteur et la longueur d'onde de la houle.
<b>Cambrure nominale de la houle</b>	Le rapport entre la hauteur de la houle locale -en eau peu profonde- et la longueur d'onde théorique de la houle au large, exprimée en terme de hauteur de la houle locale et de période de la houle accompagnée d'un facteur.
<b>Canal</b>	Voie d'eau artificielle, généralement de section trapézoïdale, à écoulement lent.
<b>Canal de dérivation</b>	Voie d'eau utilisée pour dévier l'eau de son cours naturel. Ce terme est généralement appliqué à une solution temporaire, par exemple pendant la construction d'un barrage.
<b>Carapace</b>	Couche externe, formée des matériaux les plus gros et/ou les plus durables, pour la protection des talus contre la houle ou des berges.
<b>Carrière de pierres ornementales</b>	Carrière qui produit de la pierre de construction par sciage ou fendage (par opposition aux carrières de granulats qui utilisent l'abattage à l'explosif).
<b>Charge de fond</b>	Partie des sédiments en mouvement qui ne sont pas constamment en suspension.
<b>Charge sédimentaire</b>	Quantité de sédiments transportés dans un chenal ou un cours d'eau par le courant.
<b>Charge sédimentaire totale</b>	Totalité des quantités de sédiments transportés par charriage et par suspension.
<b>Charriage</b>	Mode de transport sédimentaire durant lequel les sédiments roulent ou glissent sur le fond en formant une couche en mouvement de quelques diamètres de sédiments d'épaisseur.
<b>Chenal</b>	Partie d'un plan d'eau suffisamment profonde pour y permettre la navigation, impossible ailleurs.
<b>Coefficient d'uniformité</b>	Coefficient exprimant la gradation dans le modèle de Rosin-Rammler.
<b>Confluence</b>	Jonction de deux ou plus bras ou tronçons de rivière (antonyme de diffluence).
<b>Contrainte de cisaillement au niveau du fond</b>	Contrainte agissant tangentiellement au fond et représentant le transfert d'énergie de la houle et des courants au fond.
<b>Contrôle qualité</b>	Système de management incluant la traçabilité, basée sur des suivis réguliers avec analyse et ajustement si nécessaire, dont le but est de maintenir les performances ou les propriétés visées.
<b>Contrôle qualité de la production en carrière</b>	Système mis en place pour suivre la qualité de la production (avec analyse et ajustement si nécessaire), basé sur des essais périodiques, et permettant de s'assurer que la carrière continue de fabriquer des matériaux aux propriétés désirées.
<b>Courant de flot</b>	Courant vers la côte ou vers l'amont durant la période de marée montante.
<b>Courant de jusant</b>	Courant de marée s'éloignant de la côte ou s'écoulant vers l'aval.
<b>Courbe de remous</b>	Profil longitudinal de la surface de l'eau dans un chenal à écoulement libre quand la profondeur d'eau est modifiée par la présence d'une singularité, barrage ou seuil déversant par exemple, par une modification de la rugosité, de la largeur du chenal ou de la pente du lit.

<b>Courbe de rendement</b>	Distribution granulaire caractéristique de la production d'une carrière sur une période donnée (elle peut être prédite ou issue de l'analyse des productions antérieures). Elle est généralement utilisée pour calculer les fractions des différentes classes granulaires disponibles sur le gisement.
<b>Crête</b>	Partie supérieure d'une digue, d'un seuil ou d'un barrage.
<b>Crue</b>	Écoulement dépassant la capacité de la voie d'eau.
<b>Défenses contre la mer</b>	Ouvrage pour prévenir ou diminuer l'invasion de la mer.
<b>Défenses douces</b>	Qualifient usuellement les plages (naturelles ou artificielles) mais peuvent aussi désigner des ouvrages absorbant l'énergie de la houle, par exemple ouvrages en enrochement naturel.
<b>Déferlement</b>	Dissipation de l'énergie et diminution de la hauteur des vagues à l'approche de la côte due à une profondeur d'eau limitée.
<b>Densité de pose</b>	Terme caractérisant la pose d'enrochement (lâche ou dense) exprimé en terme de masse ou nombre de blocs mis en œuvre par unité de volume. Cette caractéristique est sensible au mode de pose, à la blocométrie, à la forme et à la densité du matériau, à la méthode utilisée pour contrôler le volume, et suivant si on considère une couche fine de matériau ou un matériau de remplissage.
<b>Déversoir</b>	Dispositif permettant d'évacuer les excédents d'eau.
<b>Diffluence</b>	Lieu où se sépare une rivière en plusieurs bras (antonyme de confluence).
<b>Diffraction</b>	Processus par lequel l'énergie de la houle est transmise longitudinalement suivant une ligne de crête de la houle. Propagation de la houle dans la zone abritée située derrière l'obstacle, par exemple une digue.
<b>Digue (en portuaire)</b>	Ouvrage s'avancant dans la mer de manière à créer une zone à l'abri des vagues et des courants pour les bateaux, à prévenir l'envasement du chenal de navigation et à protéger les zones côtières.
<b>Digue à berme</b>	Digue à talus composée d'enrochement naturel comprenant une berme horizontale environ au niveau de la mer au repos. Elle peut être (re) profilée par la houle.
<b>Digue ou endiguement</b>	Ouvrage en terre le long de la mer ou d'une rivière construite pour protéger les zones en contre bas des inondations dues aux niveaux d'eau extrêmes (les digues le long des rivières sont aussi appelées levées).
<b>Digue-récif</b>	Terme anglais utilisé pour une digue submersible dont la taille des blocs est unique. La digue peut être reprofilée par la houle.
<b>Discontinuité</b>	Zone ou plan de faiblesse dans un massif rocheux ou dans un bloc d'enrochement.
<b>Distribution blocométrique</b>	Représentation mathématique des masses de blocs d'enrochement exprimant les proportions relatives en blocs plus légers et plus lourds.
<b>Durabilité</b>	Capacité d'un matériau à conserver ses propriétés physiques et mécaniques quand il est exposé aux sollicitations de son environnement en service.
<b>Eau peu profonde</b>	Eau pour laquelle la propagation de la houle est affectée par la topographie du fond de la mer. En général la profondeur est inférieure à une demie longueur d'onde de la houle.
<b>Eau profonde</b>	Eau pour laquelle la propagation de la houle n'est pas affectée par le fond de la mer. En général de l'eau dont la profondeur est supérieure à la moitié de la longueur d'onde de la houle est considérée comme profonde.
<b>Élancement</b>	Caractéristique de la forme d'un bloc d'enrochement définie par le rapport de sa plus grande longueur à son épaisseur minimum.
<b>Enrochement lié</b>	Enrochement traité avec un liant, généralement à base de bitume ou de ciment, de sorte que les mouvements individuels des blocs soient limités.

<b>Enrochement naturel</b>	Matériau granulaire, naturel, utilisé dans les ouvrages hydrauliques et d'autres types d'ouvrages de génie civil (à l'exclusion du tout-venant).
<b>Enrochement secondaire</b>	Enrochement alternatif résultant de process industriels comprenant des modifications thermiques ou autres, à l'exclusion des blocs préfabriqués en béton.
<b>Épaulement</b>	Transition horizontale entre des profils pentus d'un ouvrage souvent utilisée lorsqu'il y a un changement de taille des blocs d'enrochements.
<b>Épi (en côtier)</b>	Ouvrage généralement perpendiculaire au littoral, construit dans le but de contrôler le transit littoral.
<b>Épis (en fluvial)</b>	Ouvrage perpendiculaire aux berges d'une rivière et rattaché à celles-ci, conçu pour protéger les berges ou pour fournir une profondeur d'eau suffisante à la navigation.
<b>Érosion</b>	Processus par lequel les particules sont emportées sous l'effet du vent, des courants ou des vagues (antonyme de accrétion).
<b>Érosion interne</b>	Formation de vides dans un sol ou un ouvrage due à une migration mécanique ou altération chimique de matériaux liés à la circulation des eaux.
<b>Érosion par contournement</b>	Érosion ou affouillement derrière ou autour de l'extrémité d'un ouvrage sur berge qui peut menacer la stabilité ou l'intégrité de l'ouvrage et son fonctionnement.
<b>Estran</b>	Zone transversale à la côte comprise entre le niveau moyen des hautes eaux (de vive eau) et le niveau moyen des basses eaux (de vive eau).
<b>Estuaire</b>	1) embouchure de rivière qui subit l'influence de la marée et de la houle du large 2) région près de l'embouchure où les eaux douces de la rivière se mélangent aux eaux salées et qui reçoit les sédiments fluviaux et littoraux.
<b>État de mer</b>	Description de la surface de la mer par référence à son agitation.
<b>États-limites</b>	Scénarios de dimensionnement pour lesquels un ouvrage doit assurer sa fonction. Les États-Limites Ultimes (ELU) sont des conditions où l'intégrité de l'ouvrage doit être vérifiée et sa rupture totale ou partielle évitée. Les États-Limites de Service (ELS) représentent des conditions de service pour lesquelles le fonctionnement de l'ouvrage doit être assuré et ses déformations limitées.
<b>Fermeture combinée</b>	Construction d'un barrage de fermeture par le biais de la méthode de fermeture horizontale et celle verticale.
<b>Fermeture en enrochement</b>	Ouvrage conçu pour arrêter l'écoulement de l'eau, composé d'enrochements libres (généralement déversés sur place) et caractérisé par un écoulement important en phase finale de construction avant la fermeture totale.
<b>Fermeture horizontale</b>	Construction d'un barrage par déversement de matériaux d'une ou des deux rives, réduisant la passe latéralement et progressivement jusqu'à ce que l'ouverture soit comblée.
<b>Fermeture verticale</b>	Construction d'un barrage par déversement de matériaux sur toute la largeur de l'ouverture. Ainsi la crête du barrage est augmentée plus ou moins uniformément le long de l'ouverture jusqu'à ce que le chenal soit entièrement bloqué. Cette méthode est aussi appelée déversement frontal.
<b>Fetch</b>	Zone relative à un point particulier de la mer ou d'un plan d'eau sur laquelle le vent souffle et forme des vagues à ce point. La longueur du fetch dépend de la forme et des dimensions du plan d'eau et de la direction du vent.
<b>Filtre</b>	Couche intermédiaire dans un ouvrage empêchant les matériaux fins des couches inférieures d'être emportés à travers les vides des couches supérieures.
<b>Filtre granulaire</b>	Couche d'enrochement, mise à l'intérieur d'une digue. La granulométrie de cette couche est choisie de telle façon que l'écoulement à travers cette zone de filtre n'entraîne pas les matériaux des zones adjacentes.

<b>Flot</b>	Période pendant laquelle la marée monte, souvent utilisée pour moyenner le courant de flot.
<b>Flot de retour, retrait</b>	Retour de l'eau vers le large après ascension sur un ouvrage ou sur une plage.
<b>Fournisseur</b>	Partie à qui l'acheteur prend des matériaux en échange d'une commission. Cela peut être le producteur, un agent de transport ou un entrepreneur.
<b>Fractile à x %</b>	Valeur d'une distribution statistique ayant une probabilité de dépassement de x %.
<b>Franchissement</b>	Passage d'eau par-dessus la crête d'un ouvrage, résultat de l'ascension des vagues sur l'ouvrage ou d'une surcote.
<b>Gabion</b>	Nom générique pour un système de protection de berge composé d'une cage en grillage métallique ou en treillis métallique ou polymère remplie de petits enrochements. Ce type couvre aussi les boîtes de gabions, les matelas de gabion et les sacs de gabions.
<b>Géotextile</b>	Textile synthétique, tissé ou non-tissé, utilisé comme couche filtrante ou de séparation entre différents matériaux granulaires.
<b>Gradation</b>	Paramètre caractérisant l'étendue d'une courbe blocométrique ou granulométrique.
<b>Granulométrie, blocométrie</b>	Distribution des tailles et des masses d'une population d'enrochement, définie par des limites nominales et extrêmes. On distingue les enrochements dits « petits » pour lesquels la distribution est exprimée en taille (granulométrie) et les enrochements « moyens » et « gros » pour lesquels la distribution est exprimée en masse (blocométrie).
<b>Hauteur de la houle</b>	Distance verticale entre la crête et le creux précédent.
<b>Hauteur maximale de l'eau</b>	Niveau d'eau maximal, incluant la surélévation due à une crue, servant au dimensionnement d'un barrage.
<b>Hauteur significative (houle)</b>	Hauteur moyenne du tiers supérieur en hauteur pour un état de mer donné.
<b>Houle aléatoire</b>	Houle irrégulière qui se produit <i>in situ</i> et qui est parfois utilisée en laboratoire pour la simulation d'un état de mer.
<b>Houle incidente</b>	Houle se propageant vers la côte et/ou vers un ouvrage.
<b>Houle irrégulière</b>	Houle ayant une période aléatoire (en pratique également de hauteur aléatoire) caractéristique d'une houle levée par le vent.
<b>Houle monochromatique</b>	Voir houle régulière.
<b>Houle océanique</b>	Vagues levées par le vent qui se sont propagées au-delà de leur surface de génération. La houle (océanique) est plus régulière, la période est plus longue et les crêtes sont plus plates que les vagues des mers de vent à l'intérieur de leur fetch.
<b>Houle réfléchie</b>	Partie de la houle incidente qui retourne vers le large après avoir touché une structure réfléchissante comme par exemple une plage ou un ouvrage longitudinal.
<b>Houle régulière ou houle monochromatique</b>	Houle de hauteur, période et direction constantes.
<b>Hydraulique</b>	Science de l'écoulement de l'eau.
<b>Hydrologie</b>	Science appliquée au cycle de l'eau (incluant les précipitations, le ruissellement et les inondations fluviales).
<b>Index AQD</b>	Indice global représentant la qualité d'une source d'enrochements, compris entre 1 (médiocre) et 4 (excellente).
<b>Inondable, Submersible</b>	Se dit d'une zone ou d'un ouvrage pouvant se trouver sous le niveau de la mer ou dans une plaine d'inondation.
<b>Intégrité</b>	(1) Capacité d'un bloc d'enrochement à rester entier pendant la construction et en service, contrôlée par les discontinuités géologiques et celles issues de l'extraction. (2) Capacité de l'enrochement à ne pas présenter de modification majeure de sa blocométrie.

<b>Intertidale</b>	Se dit de la zone entre les plus hautes et plus basses eaux définies par les niveaux de marée.
<b>Jusant</b>	Période pendant laquelle la marée descend, souvent utilisée pour moyennier le courant de jusant.
<b>Laminage de crue</b>	Effet atténuateur d'une crue dans une vallée, un chenal ou un réservoir induit par son stockage et/ou provoqué par une section de contrôle, par exemple un réservoir muni d'un évacuateur de crue d'une capacité inférieure au débit entrant de la crue, ou l'élargissement ou le rétrécissement d'une vallée.
<b>Large</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) En terme de plage, qualifie la zone de profondeur variable, allant de l'avant-côte à l'arrête du plateau continental. Cette zone est constamment submergée.</li> <li>2) Qualifie la direction s'éloignant de la côte et allant vers la pleine mer (ou océan).</li> <li>3) Qualifie la zone se trouvant au-delà de la zone littorale où les mouvements des sédiments du fond induit par la houle cessent et où les effets du fond sur la houle sont négligeables comparés aux effets du vent.</li> <li>4) Qualifie la zone de déferlement directement derrière la ligne de marée basse.</li> </ol>
<b>Lit mineur</b>	Partie la plus profonde de la section d'écoulement d'une rivière par laquelle s'écoule l'essentiel du débit de la rivière.
<b>Littoral</b>	Caractérise une zone qui se trouve en bordure de mer.
<b>Longueur d'onde</b>	Distance horizontale entre 2 crêtes ou 2 creux successives dans un enregistrement de houle.
<b>Maintenance, entretien</b>	Ensemble des réparations ou remplacements de composants d'un ouvrage dont la durée de vie est inférieure à celle de la structure ou d'une partie endommagée.
<b>Marée</b>	Mouvements de l'eau, dus à la réponse astronomique globale des océans, sur la plate-forme continentale et dans les eaux côtières – et principalement dans les baies et les estuaires – très influencés (amplifiés) par les eaux peu profondes et les plateaux continentaux.
<b>Masse volumique en place</b>	Masse d'enrochements mis en œuvre par unité de volume, voir densité de pose.
<b>Matelas de fascines</b>	Matelas construit à partir de branchages ou de bambous ou de roseaux, de géotextile et liés ensemble pour protéger la côte, une digue ou le fond marin ou d'une rivière contre l'érosion.
<b>Matériau alternatif</b>	Matériau, comme le plastique et le caoutchouc, qui n'est généralement pas considéré comme un matériau de construction traditionnel.
<b>Matériau alternatif granulaire</b>	Matériau granulaire excluant les matériaux rocheux provenant de carrières ou de dépôts naturels. Il comprend les matériaux secondaires et recyclés.
<b>Matériau du noyau</b>	Matériau dont la fonction essentielle est de faire du volume. Les proportions en fines et en blocs peuvent être contrôlées mais il n'y a normalement pas de contraintes sur la masse ou la taille médiane.
<b>Matériau primaire</b>	Matériau dont la production suppose l'extraction directe d'une source naturelle.
<b>Matériau recyclé</b>	Matériau collecté et séparé des déchets et qui a subi un traitement quelconque le rendant apte à sa réutilisation.
<b>Matériau secondaire</b>	Matériau de génie civil récupéré ou issu de déchets de génie civil réutilisé pour la construction.
<b>Matériaux en suspension</b>	Matériaux se déplaçant en suspension dans l'eau par action des composantes verticales du courant tourbillonnaire ou de la suspension colloïdale.
<b>Méandre</b>	Sinuosité d'une rivière.
<b>Modèle 2D ou 3D</b>	Modèle mathématique pour lequel les paramètres de l'écoulement varient dans 2 ou 3 dimensions.

<b>Modèle à une dimension (1 D)</b>	Modèle mathématique (et parfois numérique) dans lequel les paramètres sont supposés constants dans une section normale à la direction principale. Dans le cas d'écoulement, il y a seulement un gradient de vitesse dans la direction de l'écoulement.
<b>Modèle de dégradation de l'enrochement en service</b>	Modèle récent qui vise à estimer les pertes de masse annuelles de la carapace à partir des propriétés de la roche et des conditions du site.
<b>Modèle numérique</b>	Description de la réalité à l'aide d'équations mathématiques résolues sur ordinateur. Il permet de prévoir les écoulements, le transport de sédiment et le comportement des ouvrages.
<b>Modèle physique</b>	Voir modèle réduit.
<b>Modèle pseudo trois dimensions</b>	Modèle numérique dans lequel les paramètres de l'écoulement varient dans deux directions mais qui permet de déterminer des paramètres dans la troisième direction.
<b>Modèle réduit ou physique</b>	Modélisation d'un ouvrage et/ou de son environnement (hydraulique) en général dans des dimensions inférieures pour estimer les conséquences de futurs changements. Le modèle peut être à fond fixe ou à fond mobile.
<b>Morphologie</b>	Description physique d'une rivière, des fonds marins ou des berges d'une rivière, affectée dans le temps par le transport de sédiments.
<b>Mur chasse-mer</b>	Mur de couronnement dont une face est construite pour rejeter les vagues.
<b>Mur de couronnement</b>	Superstructure en béton mis en place en partie supérieure d'un ouvrage à talus.
<b>Mur de parapet</b>	Voir mur de couronnement.
<b>Musoir</b>	Extrémité d'une digue.
<b>Musoir en enrochement</b>	Terminaison d'une digue en enrochement souvent renforcée par des blocs de taille supérieure, de densité supérieure et/ou avec une pente adoucie.
<b>Niveau d'eau</b>	Élévation du plan d'eau au repos par référence à un niveau zéro.
<b>Niveau de dommage</b>	Échelle pour qualifier le degré de dégradation d'une carapace par référence à une carapace intacte, généralement déterminé par la surface érodée par l'action hydraulique ramenée à la taille des blocs.
<b>Niveau de l'eau au repos</b>	Niveau d'eau en l'absence de vagues.
<b>Niveau de référence</b>	Ligne, plan ou surface permanent utilisé comme référence pour le calcul des niveaux d'eau.
<b>Niveau de retenue normale</b>	Pour un réservoir à crête déversante fixe, c'est le niveau du déversoir. Pour un réservoir dont le débit excédentaire est évacué en totalité ou en partie par des vannes mobiles, siphons ou tout autre moyen, c'est le niveau maximum, mesuré au barrage, auquel le plan d'eau peut monter en exploitation normale, sans tenir compte de la surélévation occasionnée par une crue.
<b>Nombre d'onde</b>	Inverse de la longueur d'onde multiplié par $2\pi$ .
<b>Nombre de coordinations ou de contacts</b>	Nombre exact ou moyen des points de contact d'un bloc d'enrochement avec ses voisins dans une carapace.
<b>Noyau</b>	Partie intérieure, souvent la moins perméable, d'un ouvrage à talus ou d'un barrage.
<b>Onde de Match</b>	Onde se propageant le long d'un ouvrage et de hauteur supérieure à la normale générée lorsque la houle incidente atteint un ouvrage avec un angle d'incidence non nul.
<b>Orthogonales aux crêtes de la houle</b>	Dans un diagramme de réfraction ou de diffraction de la houle, lignes perpendiculaires aux lignes de crête de la houle.
<b>Ouvvert</b>	Qualifie un revêtement ou une carapace qui permet le mouvement rapide de l'eau à l'intérieur comme pendant l'action de la houle (beaucoup de géotextiles et de bitume peuvent être imperméables à l'action des vagues mais perméables en termes de mécanique des sols).

<b>Ouvrage de restitution, ouvrage de vidange</b>	Ouverture à travers laquelle l'eau est lâchée à partir d'un réservoir dans la rivière.
<b>Ouvrages côtiers</b>	Terme générique couvrant toutes protections du trait de côte, incluant les protections côtières et les défenses contre la mer.
<b>Parapet</b>	Mur construit sur la crête d'un ouvrage maritime arasé au-delà du niveau de la crête.
<b>Parement</b>	Revêtement de divers matériaux, en briques ou en maçonnerie, posé dans un but architectural ou de protection (par exemple parement en pierres ou parement en briques de barrage en béton) ou un revêtement étanche d'un talus amont d'un barrage.
<b>Percolation, infiltration</b>	Mouvement interstitiel de l'eau tel qu'il peut se produire au travers d'un barrage, de sa fondation ou de ses culées.
<b>Période de la houle</b>	Temps pour une crête de vague de parcourir une distance égale à une longueur d'onde.
<b>Période de pic</b>	Période de la houle (définie comme étant l'inverse de la fréquence) à laquelle l'énergie spectrale de la houle atteint son maximum.
<b>Période de retour</b>	Inverse de la probabilité qu'un événement donné se produise dans l'année. Elle peut aussi être considérée comme la durée moyenne statistique entre deux occurrences de cet événement.
<b>Période moyenne de la houle</b>	Valeur moyenne de la période de la houle définie par référence au passage au niveau moyen.
<b>Période significative (houle)</b>	Moyenne des périodes associées au tiers supérieur des hauteurs de la houle pour un état de mer donné.
<b>Perméabilité</b>	Propriété d'un géomatériau (sable, granulat, roche tendre <i>in situ</i> ) qui caractérise sa capacité à laisser passer l'eau par ses pores.
<b>Pierres</b>	Morceaux de roche.
<b>Pierres ou enrochements appareillés</b>	Maçonnerie sèche ou blocs préfabriqués ou enrochement naturel placé individuellement suivant un maillage régulier sans ou avec (pour augmenter les frottements) jointoiment, généralement placé sur les digues, les berges, les talus amonts de barrage en remblai ou barrages réservoir, pour les protéger contre les actions hydrodynamiques et liées à la glace.
<b>Plaine d'inondation</b>	Zone inondable adjacente à une rivière, souvent contenue à l'intérieur des digues de protection contre les crues.
<b>Porosité</b>	Propriété d'un matériau ou d'une couche d'enrochement, exprimée comme étant le pourcentage du volume total occupé par de l'air et/ou de l'eau et non par de la matière solide.
<b>Porte ou vanne</b>	Structure mixte en béton ou acier avec ou non un remblai adjacent. Elle permet de contrôler le niveau de l'eau.
<b>Prélèvement</b>	Partie du mode opératoire qui conduit à quantifier les propriétés d'un lot d'enrochement ou d'un gisement, en prélevant seulement une partie représentative pour la tester.
<b>Pression interstitielle</b>	Pression d'eau présente dans les pores d'un sol, d'une roche ou d'un béton.
<b>Processus côtier</b>	Terme générique couvrant les actions des forces naturelles sur le trait de côte ou sur le fond de la mer adjacent.
<b>Protection anti-affouillement</b>	Ouvrages prévenant ou diminuant l'affouillement.
<b>Protection de talus</b>	Dispositif qui permet de lutter contre l'action des vagues ou l'érosion des talus de digues.
<b>Protection du fond ou du lit</b>	Ouvrage (en enrochement) posé sur le fond marin ou sur le lit d'un cours d'eau pour le protéger contre l'érosion due au courant et/ou à la houle.

<b>Protections côtières</b>	Ouvrages de protection des terres contre l'érosion ou la submersion marine.
<b>Prototypage</b>	Ensemble des hypothèses simplificatrices appliquées à un ouvrage ou aux conditions réelles ( <i>in situ</i> ) qui sont utilisées pour la simulation dans un modèle.
<b>Recalibrage ou requalification</b>	Amélioration de la performance d'un ouvrage par des travaux substantiels.
<b>Réflexion</b>	Phénomène physique qui conduit à renvoyer une partie de la houle vers le large lors du contact avec une structure réfléchissante.
<b>Réfraction</b>	Phénomène physique qui conduit à l'alignement des lignes de crête de la houle suivant les lignes bathymétriques lorsque la profondeur d'eau est faible.
<b>Régime côtier</b>	Système résultant de l'interaction des processus côtiers sur la côte et le fond de la mer.
<b>Régime d'une rivière</b>	Combinaisons du débit, des niveaux d'eau, caractérisant une période donnée (en général une année ou une saison) et déterminant la morphologie d'une rivière.
<b>Régime de l'écoulement</b>	Ensemble des caractéristiques de l'écoulement d'une rivière: débit, hauteur d'eau, valeurs moyennes (annuelles ou saisonnières) et variations autour de ces valeurs.
<b>Régime fluvial</b>	Régime de l'écoulement pour lequel le niveau aval influence la charge hydraulique amont.
<b>Régime stationnaire</b>	Régime pour lequel les valeurs moyennes statistiques des caractéristiques ne varient pas en fonction du temps.
<b>Régime torrentiel</b>	Régime de l'écoulement pour lequel la charge hydraulique amont est indépendante du niveau aval.
<b>Réhabilitation</b>	Consiste à remettre l'ouvrage en bonnes conditions opérationnelles ou de performance. Ceci implique que des mesures soient prises pour corriger les problèmes avant que la fonctionnalité de l'ouvrage ne soit significativement dégradée. La réhabilitation peut être considérée comme une maintenance préventive.
<b>Remblai</b>	Massif, en général en terre ou en enrochement, dont les flancs sont des talus et dont la longueur est très supérieure à sa hauteur.
<b>Remplacement</b>	Processus de démolition et de reconstruction.
<b>Réparation</b>	Consiste à remettre l'ouvrage en état après que des désordres se soient produits et que la fonctionnalité de l'ouvrage soit significativement réduite. La réparation peut être considérée comme une maintenance curative.
<b>Réservoir</b>	Lac ou bassin artificiel dans lequel une grande quantité d'eau peut être stockée.
<b>Réservoir de régulation</b>	Réservoir dont les lâchés en rivières s'effectuent pour réguler l'écoulement de la rivière.
<b>Réservoir de stockage</b>	Réservoir dont l'exploitation s'effectue à niveau variable en vu de stocker et déstocker de l'eau.
<b>Résistance intrinsèque</b>	Résistance d'une roche due à la résistance et à la composition des minéraux.
<b>Réutilisation</b>	Utilisation de matériaux issus de déchets sans traitement préalable.
<b>Revanche</b>	Hauteur d'un ouvrage au-dessus du niveau de l'eau au repos.
<b>Revêtement</b>	Surface en pente composée d'enrochement naturel, de béton ou autre matériau utilisés pour protéger des talus, la côte ou le trait de côte contre l'érosion.
<b>Revêtement d'un canal</b>	Couche en béton bitumineux ou en béton armé ou non, mis en place dans un but d'étanchéité, de protection contre l'érosion ou de réduction des pertes de charges sur les parois d'un canal, d'une galerie ou d'un puits.
<b>Ria</b>	Bras de mer s'avancant dans les terres.

<b>Rip-rap</b>	Enrochement naturel de granulométrie étalée normalement utilisé comme couche de protection contre l'érosion du fond de la mer et/ou d'une rivière, des berges d'une rivière, des parements d'un barrage ou autres talus (pouvant inclure leur crête) due au courant et/ou à la houle.
<b>Risberme</b>	Petite banquette à la base d'un ouvrage à talus servant de support à la carapace.
<b>Rivière en tresse</b>	Type de rivière avec plusieurs bras entrelacés, séparés par des barres ou des seuils.
<b>Roche</b>	Terme utilisé par référence au matériau naturel en place avant extraction, par opposition à « enrochement ».
<b>Run up, run down</b>	Niveau supérieur et inférieur atteint par une vague sur un ouvrage, exprimé par rapport au niveau de l'eau au repos.
<b>Rupture</b>	Mode de dégradation d'enrochement naturel ou préfabriqué qui peut être séparé en deux catégories ruptures majeures (ou défaut d'intégrité) et ruptures mineures.
<b>Rupture majeure</b>	Rupture d'un bloc d'enrochement se produisant le long d'une discontinuité d'origine géologique ou induite par l'extraction, conduisant à une perte de masse relative supérieure à 10 %.
<b>Rupture mineure</b>	Rupture d'un bloc d'enrochement résultant de l'écrasement, du cisaillement, de l'épaufrage de la matrice rocheuse au niveau des coins et des arêtes, conduisant à une perte de masse relative inférieure à 10 %.
<b>Seiche</b>	Vague stationnaire entraînant une oscillation du plan d'eau fermé ou partiellement fermé dont la fréquence propre est celle du plan d'eau.
<b>Seuil</b>	1) ouvrage immergé barrant une voie d'eau pour en contrôler le niveau amont 2) crête d'un déversoir.
<b>Soubassement</b>	Couche(s) de petits enrochements placée(s) sous une digue ou un épi pour éviter que les matériaux du fond naturel ne soient emportés.
<b>Sous-couche</b>	Couche d'enrochement sous la carapace pouvant servir de filtre ou de couche de réglage.
<b>Sous-pression</b>	Pression exercée vers le haut par l'eau dans les pores d'un matériau (pression interstitielle) ou à la base d'une structure.
<b>Spécifications</b>	Ensemble d'exigences généralement rassemblées dans un cahier des charges dont les termes sont acceptés lors d'un contrat.
<b>Spectre de houle</b>	Distribution qui décrit la répartition de l'énergie de la houle en fonction de sa fréquence.
<b>Stochastique</b>	Se dit de phénomènes qui relèvent de variables aléatoires.
<b>Surcote</b>	Montée du niveau de l'eau due à l'action du vent et de la pression atmosphérique sur la surface de la mer.
<b>Surélévation du niveau de la mer due à la houle</b>	Élévation de la surface de l'eau au-dessus de l'élévation normale de surcote due au transport de masse d'eau vers la côte par uniquement l'action de la houle (en anglais « wave set-up »).
<b>Talus</b>	Pente inclinée d'une tranchée, d'un canal ou d'une digue.
<b>Talus en enrochement</b>	Ouvrage en enrochement de forme et de placement aléatoires protégés par une carapace d'enrochement naturel sélectionné ou d'enrochements préfabriqués spéciaux (la carapace peut être suivant un plan de pose précis ou déversée de façon aléatoire).
<b>Tapis anti-affouillement</b>	Couche d'enrochement, de béton ou d'autres matériaux mise en place pour protéger la butée de pied d'un ouvrage contre l'affouillement.
<b>Tempête de dimensionnement</b>	Tempête extrême hypothétique dont la houle est en général utilisée pour le dimensionnement des ouvrages côtiers. La sévérité de la tempête (et sa période de retour associée) est choisie en fonction du niveau de dommage acceptable ou de rupture. La tempête de dimensionnement est définie par une houle, un niveau d'eau et une durée.

<b>Thalweg</b>	Ligne constituée de l'ensemble des points situés au plus bas d'une vallée.
<b>Théorie du régime</b>	Méthode empirique pour prédire les caractéristiques hydrauliques d'équilibre d'une rivière.
<b>Tourbillon</b>	Contre-courant tourbillonnaire.
<b>Tout venant d'abattage</b>	Matériaux sans contrôle des fines et incluant tout le matériau granulaire issu du tir en carrière et qui peut être ramassé à la pelleuse, c'est-à-dire seuls les blocs trop imposants pour une extraction et un chargement aisé sont laissés de côté.
<b>Transit littoral prédominant</b>	Direction du mouvement du transit sédimentaire prédominant le long de la côte.
<b>Transmission</b>	Phénomène physique qui conduit à laisser passer une partie de la houle au travers d'un ouvrage ou par son franchissement.
<b>Transport longitudinal</b>	Mouvement de sédiments, de blocs d'enrochements naturels ou de galets le long d'une plage mais aussi le long du talus d'un ouvrage.
<b>Tsunami</b>	Ondes de gravité engendrées par un tremblement de terre sous-marin. Leur période est très supérieure à celle de la houle de l'ordre de plusieurs minutes.
<b>Up-rush, down-rush</b>	Ascension et descente des vagues sur une face d'une structure.
<b>Usure</b>	Dégradation de l'enrochement en surface qui peut être induite par les agents climatiques d'altération ou par attrition.
<b>Vacuolaire</b>	Terme utilisé pour décrire des roches contenant beaucoup de pores, par exemple induites par des bulles de gaz piégées pendant la solidification du basalte ou d'autres roches volcaniques.
<b>Zone de déferlement</b>	Zone proche de la côte ou de l'ouvrage dans laquelle les vagues déferlent, généralement dans des eaux de profondeur comprises entre 5 et 10 mètres.
<b>Zone littorale</b>	Plage et zone de déferlement.

# Acronymes

**NOTE :** seuls les acronymes ayant une traduction couramment employée en français ont été traduits, par exemple, ceux correspondant aux différents niveaux de marée. Les acronymes non traduits sont ceux utilisés tels quels en français, par exemple GPS, ou ceux qui n'ont pas d'équivalence en français.

<b>2DV</b>	Modèle bidimensionnel, moyenné sur la verticale
<b>AIPCN</b>	Association Internationale Permanente des Congrès de Navigation
<b>AQD</b>	Désignation de la qualité de l'enrochement (provient de <i>Armourstone Quality Designation</i> )
<b>BBSD</b>	Blocométrie de l'enrochement abattu (provient de <i>Blasted Block Size Distribution</i> )
<b>BMMME</b>	Basse Mer Moyenne de Morte-Eau
<b>BMMVE</b>	Basse Mer Moyenne de Vive-Eau
<b>CIGB</b>	Commission Internationale des Grands Barrages
<b>CLASH</b>	Projet européen (provient de <i>Crest Level Assessment of coastal Structures by full-scale monitoring, neural network prediction and Hazard analysis on permissible wave overtopping</i> )
<b>CWD</b>	Distribution composite de Weibull (provient de <i>Composite Weibull Distribution</i> )
<b>DELOS</b>	Projet européen (provient de <i>Environmental DEsign of LOw-crested coastal defence Structures</i> )
<b>DGPS</b>	Système de positionnement global différentiel (provient de <i>Differential Global Positioning System</i> )
<b>DT</b>	Essai de chute (provient de <i>Drop Test</i> )
<b>EIE</b>	Étude d'Impact sur l'Environnement
<b>ELL</b>	Limite inférieure extrême d'une granulométrie (provient de <i>Extreme Lower Limit</i> )
<b>ELS</b>	État-Limite de Service
<b>ELU</b>	État-Limite Ultime
<b>EUL</b>	Limite supérieure extrême d'une granulométrie (provient de <i>Extreme Upper Limit</i> )
<b>FSCT</b>	Essai d'écrasement <i>in situ</i> (provient de <i>Full-Scale Crushing Test</i> )
<b>FSST</b>	Essai de fendage <i>in situ</i> (provient de <i>Full-Scale Splitting Test</i> )
<b>GPS</b>	Système de positionnement global (provient de <i>Global Positioning System</i> )
<b>IBSD</b>	Blocométrie <i>in situ</i> (provient de <i>In situ Block Size Distribution</i> )
<b>ITT</b>	Essais de type initiaux (provient de <i>Initial Type Testing</i> )
<b>JONSWAP</b>	Spectre JONSWAP (provient de JOint NorthSea Wave Project)
<b>MCWI</b>	Intensité des agents climatiques (provient de <i>Meteorological Climate Weathering Intensity</i> )
<b>MDE</b>	Méthode Micro-Deval

<b>MEF</b>	Méthodes aux Éléments aux Finis
<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrain
<b>NLL</b>	Limite inférieure nominale d'une granulométrie (provient de <i>Nominal Lower Limit</i> )
<b>NM</b>	Niveau Moyen
<b>NMM</b>	Niveau Moyen de la Mer
<b>NUL</b>	Limite supérieure nominale d'une granulométrie (provient de <i>Nominal Upper Limit</i> )
<b>PM</b>	Spectre de Pierson-Moskowitz
<b>PM</b>	Pleine Mer
<b>PMMME</b>	Pleine Mer Moyenne de Morte-Eau
<b>PMMVE</b>	Pleine Mer Moyenne de Vive-Eau
<b>PMS</b>	Espacement principal moyen (provient de <i>Principal Mean Spacing</i> )
<b>RQD</b>	Désignation de la qualité de la roche (provient de <i>Rock Qualité Designation</i> )
<b>RTK</b>	Système RTK (provient de <i>Real-Time Kinematic</i> )
<b>TMA</b>	Spectre TMA (provient de <i>Texel-Marsen-Arsloe</i> )
<b>TPL</b>	Tonnes de Port en Lourd
<b>UCS</b>	Résistance à la compréhension simple (provient de <i>Uniaxial Compression Strength</i> )

# Notations

$A$	Surface; en particulier mesurée parallèlement à la pente du talus pour une planche d'essai	(m <sup>2</sup> )
$A_a$	Surface couverte par un bloc de carapace, égale à $n A/N_a$	(m <sup>2</sup> )
$A_b$	Surface du bassin	(m <sup>2</sup> )
$A_c$	Section mouillée d'une voie navigable	(m <sup>2</sup> )
$A_{cs}$	Section (d'une carapace)	(m <sup>2</sup> )
$A_e$	Surface érodée d'un profil en enrochement	(m <sup>2</sup> )
$A_t$	Surface totale d'une section transversale d'un ouvrage	(m <sup>2</sup> )
$A_S$	Surface d'une section de conduite	(m <sup>2</sup> )
$AQD$	Indice de qualité de l'enrochement	(-)
$a$	Accélération	(m/s <sup>2</sup> )
$a$	Coefficient utilisé dans diverses formules empiriques	(-)
$a_o$	Amplitude du mouvement horizontal (orbital) de la houle au niveau du fond	(m)
$B$	Largeur de la crête d'un ouvrage, dans la direction horizontale perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage	(m)
$B$	Largeur d'un chenal	(m)
$B$	Largeur réduite de la rivière mesurée entre des épis	(m)
$BLc$	Blockiness, volume d'un bloc ramené au volume du plus petit parallélépipède rectangle qui peut le contenir	(-)
$B_B$	Largeur de berme	(m)
$B_a$	Largeur de la berme en enrochement de la crête de l'ouvrage	(m)
$B_n$	Taux de rupture	(-)
$B_s$	Largeur d'un bateau	(m)
$b$	Largeur de la passe à fermer	(m)
$b$	Largeur d'une passe (ou chenal)	(m)
$b$	Coefficient utilisé dans diverses formules empiriques	(-)
$b_t$	Coefficient utilisé dans diverses formules empiriques, au niveau du fond (pied)	(m)
$b_w$	Largeur d'un cours d'eau au niveau de la surface libre	(m)
$b_0$	Largeur initiale de la fermeture	(m)
$C$	Coefficient de Chézy	(m <sup>1/2</sup> /s)
$C_D$	Coefficient de traînée	(-)
$C_{FSST}$	Intégrité de l'enrochement déterminée à l'aide de l'essai de fendage <i>in-situ</i>	(J/kg)
$C_c$	Indice de compression	(-)
$C_r$	Coefficient de réflexion de la houle	(-)
$C_s$	Indice de recompression	(-)
$C_t$	Coefficient de transmission de la houle	(-)
$C_U$	Coefficient d'uniformité, = $D_{60}/D_{10}$	(-)
$c$	Cohésion drainée du sol	(N/m <sup>2</sup> )
$c$	Célérité de la houle	(m/s)
$c_g$	Célérité de groupe	(m/s)
$c_k$	Coefficient de fluage	(-)

$c_T$	Coefficient de turbulence	(-)
$c_v$	Coefficient de consolidation	(m <sup>2</sup> /s)
$D$	Taille des particules ou dimension caractéristique/ hauteur d'un bloc d'enrochement artificiel. Pour les enrochements naturels, cela correspond à la taille de tami	(m)
$D_I$	Diamètre indicatif d'un grain	(m)
$D'$	Épaisseur d'un gabion ou d'un matelas de gabions	(m)
$D_f$	Degré de fissuration	(-)
$D_n$	Diamètre nominal d'un bloc, $D_n = (M/\rho_{app})^{1/3}$	(m)
$D_{n50}$	Diamètre nominal médian, $D_{n50} = (M_{50}/\rho_{app})^{1/3}$	(m)
$D_p$	Diamètre de l'hélice d'un bateau; diamètre d'une conduite	(m)
$D_s$	Taille de la sphère équivalente	(m)
$D_z$	Taille d'un bloc correspondant à l'ouverture du tamis à travers lequel $z$ % des blocs passent	(m)
$D_{50}$	Diamètre médian de tamis, diamètre à travers lequel passent 50 % des éléments	(m)
$D_{85}$	Diamètre correspondant à l'ordonnée 85 % de la courbe granulométrique	(m)
$D_{15}$	Diamètre correspondant à l'ordonnée 15 % de la courbe granulométrique	(m)
$D_{63.2}$	Paramètre de position dans l'équation de Rosin-Rammler sur une courbe granulométrique	(m)
$D^*$	Diamètre adimensionnel des grains des sédiments, $= D_{50}(g \Delta/v^2)^{1/3}$	(-)
$d$	Hauteur (de la crête) d'un ouvrage par rapport au niveau du fond (digues, barrages,...)	(m)
$d$	Épaisseur ou largeur entre-axe minimale (donnée par la plus petite distance entre deux lignes parallèles entre lesquels un bloc d'enrochement passe juste)	(m)
$d_c$	Hauteur du mur de couronnement	(m)
$d_{ca}$	Différence de niveau entre le mur de couronnement et la crête de la carapace, $d_{ca} = R_c - R_{ca}$	(m)
$E$	Module d'Young	(N/m <sup>2</sup> )
$E$	Nombre d'estuaire, $= Fr^2/\alpha$	(-)
$E_c$	Capacité d'absorption de l'énergie d'impact	(kNm)
$E_D$	Énergie de dégradation totale appliquée à un matériau	(J)
$E_i$	Énergie de la houle incidente	(N/m)
$E_r$	Énergie de la houle réfléchie	(N/m)
$E_t$	Énergie de la houle transmise	(N/m)
$E_{\eta\eta}$	Densité spectrale d'énergie	(m <sup>2</sup> s)
$E_{i;d}$	Valeur de calcul de l'effet des actions	(Unité de $E$ )
$E_{i;k}$	Valeur caractéristique de l'effet des actions	(Unité de $E$ )
$e$	Indice des vides, $e = n_v/(1-n_v)$	(-)
$e_{sp}$	Rapport entre la perte de charge dans une rivière entre deux épis, $U^2 S_{sp}/(C^2 h)$ et la charge dynamique, $U^2/(2g)$	(m)
$F$	Longueur du fetch	(m)
$F$	Facteur de sécurité (géotechnique), défini comme étant le rapport entre la résistance ultime et la résistance sollicitée	(-)
$F^*$	Paramètre adimensionnel de hauteur libre, $F^* = (R_c/H_s)^2 (s_{om}/(2\pi))^{1/2}$	(-)
$Fr$	Nombre de Froude, $Fr = U/\sqrt{gh}$	(-)
$F_H$	Force horizontale (sur un caisson ou un élément de mur de couronnement)	(N/m)
$F_U$	Force verticale (sur un caisson ou un élément de mur de couronnement)	(N/m)

$F_{j;d}$	Valeur de calcul d'une action	(Unité de $F$ )
$F_{j;k}$	Valeur caractéristique d'une action	(Unité de $F$ )
$F_q$	Coefficient de débit, rapport entre le débit critique pour les protections de fond et ceux pour les digues de fermeture, $q_{cr-b}/q_{cr-d}$	(-)
$F_o$	Paramètre exprimant la quantité de fines obtenues après les ruptures mineures	(-)
$F_s$	Facteur de forme (d'un bloc d'enrochement naturel)	(-)
$f$	Coefficient de frottement	(-)
$f$	Fréquence de la houle, $f = 1/T$	(1/s)
$f$	Coefficient de Lacey	(-)
$f_c$	Coefficient de frottement pour les courants	(-)
$f_i$	Facteur d'accroissement de stabilité de la carapace dans le cas de talus en escaliers ou à berme	(-)
$f_p$	Fréquence de pic dans un spectre de houle	(1/s)
$f_w$	Coefficient de frottement pour la houle	(-)
$G$	Module de cisaillement	(N/m <sup>2</sup> )
$g$	Accélération de la pesanteur	(m/s <sup>2</sup> )
$H$	Hauteur de la houle, du creux à la crête	(m)
$H$	Hauteur d'eau à l'amont d'un barrage ou d'un seuil, par rapport à la crête du barrage	(m)
$H_{1/10}$	Valeur moyenne des hauteurs du 1/10 supérieur des vagues	(m)
$H_{1/3}$	Hauteur significative de la houle dans le domaine de l'analyse temporelle, moyenne des hauteurs du 1/3 supérieur des vagues	(m)
$H_{2\%}$	Hauteur de houle dépassée par 2 % des vagues	(m)
$Ho$	Nombre de stabilité, $Ho = N_s = H_s / (\Delta D_{n50})$	(-)
$HoTo$	Nombre de stabilité dynamique, $HoTo = N_{sd} = N_s T_m (g/D_{n50})^{1/2}$	(-)
$H_d$	Hauteur de chute pour les essais d'intégrité	(m)
$H_i$	Hauteur des ondes secondaires induites par la navigation	(m)
$H_{m0}$	Hauteur significative de la houle calculée à partir du spectre, $H_{m0} = 4\sqrt{m_0}$	(m)
$H_{max}$	Hauteur maximale de la houle d'un enregistrement	(m)
$H_o$	Hauteur de la houle au large	(m)
$H_{rms}$	Hauteur quadratique moyenne de la houle	(m)
$H_s$	Hauteur significative de la houle	(m)
$H_{so}$	Hauteur significative de la houle au large	(m)
$h$	Hauteur d'eau; hauteur d'eau en pied d'ouvrage	(m)
$h$	Hauteur d'eau maximum d'un chenal	(m)
$h_0$	Hauteur d'eau à la section critique d'un barrage de fermeture durant une fermeture verticale	(m)
$h_1$	Hauteur d'eau à l'amont d'un barrage, par rapport au fond	(m)
$h_2$	Hauteur d'eau au-dessus de la crête d'un barrage	(m)
$h_3$	Hauteur d'eau à l'aval d'un barrage, par rapport au fond	(m)
$h_B$	Hauteur d'eau au-dessus d'une berme	(m)
$h_b$	Hauteur d'eau à l'aval d'un barrage ou d'un seuil, par rapport à la crête de l'ouvrage	(m)
$h_c$	Hauteur d'eau au-dessus de la crête d'un ouvrage	(m)
$h_f$	Profondeur du point d'intersection entre la berme initiale et la berme reprofilée	(m)
$h_s$	Hauteur d'eau à une distance de $1/2L$ ou $5H_{max}$ du pied de l'ouvrage vers le large	(m)
$h_t$	Hauteur d'eau au-dessus du pied de l'ouvrage, profondeur du pied par rapport au niveau de l'eau au repos	(m)
$h_t$	Hauteur d'eau au-dessus de la transition pour un talus composite	(m)

$I_D$	Indice de densité, $I_D = (e_{max}-e)/(e_{max}-e_{min})$	(-)
$I_{FSST50}$	Indice de fendage <i>in situ</i>	(-)
$I_{mx}$	Décroissance relative de la masse caractéristique du passant à $x$ %	(-)
$I_c$	Indice de continuité, égal à $V_p/V \times 100$	(%)
$I_d$	Indice normalisé d'anisotropie de vitesse	(-)
$Id_{50}$	Indice de rupture de l'essai de chute	(-)
$I_p$	Indice de plasticité d'un sol	(-)
$I_{s(50)}$	Indice Franklin	(N/m <sup>2</sup> )
$I_s$	Indice de sinuosité	(-)
$i$	Gradient hydraulique du niveau d'eau	(-)
$i_b$	Pente du lit de la rivière	(-)
$i_{cr}$	Gradient hydraulique critique	(-)
$i_n$	Gradient hydraulique transversal	(-)
$i_p$	Gradient hydraulique longitudinal	(-)
$i_w$	Gradient de la surface de l'eau au repos induit par le vent	(-)
$K$	Facteur de stabilité ou de vitesse (stabilité des enrochements)	(-)
$K$	Module de compressibilité	(N/m <sup>2</sup> )
$K'$	Facteur de vitesse de chargement (stabilité)	(-)
$K_D$	Coefficient de stabilité, formule d'Hudson	(-)
$K_R$	Coefficient de réfraction	(-)
$K_S$	Coefficient de shoaling	(-)
$K_d$	Coefficient de diffraction	(-)
$K_{wa}$	Module de compressibilité de l'eau contenant de l'air	(N/m <sup>2</sup> )
$K_r$	Coefficient de réflexion	(-)
$k$	Coefficient de perméabilité, formule de Darcy	(m/s)
$k$	Nombre d'onde, $k = 2\pi/L$	(-)
$k_B$	Facteur d'influence pour la largeur de berme	(-)
$k_c$	Coefficient de couche modifié pour les enrochements artificiels	(-)
$k_d$	Facteur de réduction lié à la pente pour la contrainte de cisaillement critique au fond sur un talus de pente normale à la direction de l'écoulement	(-)
$k_h$	Facteur d'influence pour le niveau de la berme par rapport au niveau de l'eau au repos	(-)
$k_h$	Facteur du profil de vitesse	(-)
$k_l$	Facteur de réduction lié à la pente pour la contrainte de cisaillement critique au fond sur un talus de pente parallèle à la direction de l'écoulement	(-)
$k_p, k_r'$	Facteur, similaire à $k_d$ mais pour le run-up et le run-down des vagues sur un ouvrage	(-)
$k_s$	Rugosité du fond	(m)
$k_s$	Indicateur de la résistance de la matrice rocheuse lors de l'utilisation de l'AQD	(-)
$k_s$	Coefficient de forme pour les enrochements artificiels	(-)
$k_{sl}$	Facteur de réduction lié à la pente, appliqué à la contrainte de cisaillement critique au fond, $k_{sl} = k_l k_d$	(-)
$k_w$	Facteur d'amplification en cas de houle appliqué à la contrainte de cisaillement au fond	(-)
$k_t$	Coefficient d'épaisseur de couche	(-)
$k_t$	Facteur d'amplification en cas de turbulence appliqué à la vitesse du courant	(-)
$L$	Longueur d'onde de la houle dans la direction de propagation	(m)

$L$	Distance caractéristique d'influence (géotechnique)	(m)
$L$	Largeur de la planche d'essai	(m)
$LT$	Élancement, $LT = l/d$	(-)
$L_b$	Longueur d'un bassin	(m)
$L_i$	Longueur d'onde des ondes secondaires induites par la navigation	(m)
$L_k$	Longueur d'écoulement de l'eau	(m)
$L_{om}$	Longueur d'onde de la houle au large déterminée à partir de la période moyenne, $T_m$	(m)
$L_m$	Perte de masse dans les essais destructifs <i>in situ</i> d'intégrité	(-)
$L_o$	Longueur d'onde de la houle au large, $L_o = g T^2/(2\pi)$	(m)
$L_{op}$	Longueur d'onde de la houle au large déterminée à partir de la période de pic, $T_p$	(m)
$L_p, L_m$	Longueur d'onde de la houle au pied de l'ouvrage (en eau peu profonde)	(m)
$L_s$	Longueur du navire	(m)
$L_{sp}$	Longueur d'un épi	(m)
$l$	Longueur axiale maximale (donnée par la distance maximale entre deux points situés sur le bloc)	(m)
$M$	Masse d'un bloc d'encrochement	(kg)
$M$	Moment renversant	(kNm/m)
$M$	Magnitude d'un tremblement de terre, échelle de Richter	(-)
$M_0$	Masse initiale avant l'essai de dégradation	(kg)
$M_{50}$	Masse médiane de l'encrochement pour laquelle 50 % des blocs sont plus légers	(kg)
$M_{50max}$	$M_{50}$ maximum calculé dans le cas où $M_{em} = M_{emul}$ pour une blocométrie déclarée	(kg)
$M_{50min}$	$M_{50}$ minimum calculé dans le cas où $M_{em} = M_{emll}$ pour une blocométrie déclarée	(kg)
$M_{DE}$	Valeur de l'essai micro-Deval en présence d'eau	
$M_{em}$	Masse moyenne effective (d'une blocométrie standard) c.-à-d. moyenne arithmétique de tous les blocs à l'exclusion des fragments (pour lesquels la masse individuelle est inférieure à ELL)	(kg)
$M_{emll}$	Exigence pour la limite inférieure de $M_{em}$ d'une blocométrie déclarée de la norme NF EN 13383	(kg)
$M_{emul}$	Exigence pour la limite supérieure de $M_{em}$ d'une blocométrie déclarée de la norme NF EN 13383	(kg)
$M_y$	Masse pour laquelle une fraction exprimée en pourcentage $y$ des blocs est plus légère dans la courbe de distribution des masses cumulées (p. ex. $M_0, M_{15}, M_{50}$ )	(kg)
$M_{x,f}$	Valeur finale de $M_x$ après dégradation	(kg)
$M_{x,i}$	Valeur initiale de $M_x$ avant dégradation	(kg)
$MCWI$	Intensité des agents climatiques	(°cm/jours <sup>2</sup> )
$m$	Pente des fonds marins	(-)
$m_0$	Moment d'ordre 0 du spectre de la houle	(m <sup>2</sup> s)
$m_n$	Moment d'ordre $n$ du spectre	(m <sup>2+n</sup> s)
$m_v$	Coefficient de changement de volume	(m <sup>2</sup> /N)
$m_{ve}$	Coefficient élastique de changement de volume	(m <sup>2</sup> /N)
$N$	Nombre de vagues pendant la durée d'une tempête, d'un enregistrement ou d'un essai, $N = T_r/T_m$	(-)
$N_a$	Nombre total de blocs d'encrochement dans la zone considérée	(-)
$N_b$	Nombre de blocs équivalent (d'une section de carapace), $N_b = A_t/(D_{n50})^2$	(-)
$N_d$	Nombre de blocs d'encrochement déplacés dans la zone considérée	(-)
$N_e$	Nombre d'excitations d'un tremblement de terre	(-)
$N_{od}$	Nombre de blocs déplacés par largeur $D_n$ de la carapace	(-)

$N_{ov}$	Nombre de vagues franchissantes	(-)
$N_s$	Nombre de stabilité; $N_s = H_s/(AD_{n50})$	(-)
$N_s^*$	Nombre de stabilité spectral, $N_s^* = N_s(H_s/L_p)^{-1/3}$	(-)
$N_{sd}$	Nombre de stabilité dynamique, $N_{sd} = N_s T_m (g/D_{n50})^{1/2}$	(-)
$n$	Nombre de couches	(-)
$n$	Coefficient de Manning pour la rugosité du fond	(s/m <sup>1/3</sup> )
$n_{RRM}$	Exposant (Coefficient d'uniformité) dans l'équation de Rosin-Rammler pour les distributions en masse	(-)
$n_{RRD}$	Exposant (Coefficient d'uniformité) dans l'équation de Rosin-Rammler pour les distributions en taille, $n_{RRD} = 3n_{RRM}$	(-)
$n_{RRDp}, D_{63.2p}, D_p$	Valeurs des paramètres caractéristiques de la distribution de Rosin-Rammler déterminées à partir de l'analyse d'image, respectivement, le Coefficient d'uniformité, la longueur caractéristique du segment et la longueur du segment (m)	(-), (m), (m)
$n_X$	Facteur d'échelle du paramètre $X$ , $n_X = X_p/X_m$	(-)
$n_v$	Porosité du matériau granulaire en place dans la partie de l'ouvrage en question, égale à la proportion du volume des vides sur le volume total	(-)
$O, O_i$	Ouverture de maille d'un géotextile, $i$ %	(-)
$P$	Coefficient de perméabilité nominale, défini par Van der Meer	(-)
$P$	Périmètre mouillé	(m)
$P$	Puissance installée du moteur d'un bateau	(W)
$P(x)$	Fonction de probabilité	(-) ou (1/an)
$P_R$	Rugosité des aspérités de Fourier basée sur les amplitudes des 11 <sup>èmes</sup> et 12 <sup>èmes</sup> harmoniques	(-)
$p$	Porosité d'une roche, $p = V_p/V_T$	(-)
$p$	Pression interstitielle; pression due à la houle ou pression d'écrasement de la glace	(N/m <sup>2</sup> )
$p(x)$	Fonction de densité d'une probabilité	(1/x)
$p_a$	Pression atmosphérique au niveau de la mer	(N/m <sup>2</sup> )
$p_i$	Pression de l'impact de la houle	(N/m <sup>2</sup> )
$p_p$	Pression dynamique de la houle	(N/m <sup>2</sup> )
$p_u$	Pression verticale de la houle	(N/m <sup>2</sup> )
$Q$	Débit	(m <sup>3</sup> /s)
$Q/V$	Charge spécifique	(kg/m <sup>3</sup> )
$q$	Débit de franchissement moyenné sur le temps par mètre linéaire de crête	(m <sup>3</sup> /s/m)
$Q^*$	Débit spécifique de franchissement adimensionnel, $Q^* = q/(T_m g H_s)$	(-)
$q$	Débit spécifique	(m <sup>3</sup> /s/m)
$R$	Rayon hydraulique	(m)
$R_m$	Rayon hydraulique moyen des vides d'un massif d'enrochement	(m)
$Re$	Nombre de Reynolds, $Re = 4RU/\nu$	(-)
$Re_v$	Nombre de Reynolds pour un écoulement à travers les vides d'un massif d'enrochement	(-)
$Re_*$	Nombre de Reynolds par rapport à la vitesse de cisaillement $u_*$	(-)
$Rec$	Recul de la berme dans le cas d'une digue à berme	(m)
$R'$	Rugosité équivalente de la roche	(-)
$R^*$	Tirant d'air adimensionnel, $R^* = R_c/(T_m (g H_s)^{0.5})$	(-)
$R_c$	Tirant d'air de la crête, hauteur de la crête par rapport au niveau de l'eau au repos	(m)
$R_{ca}$	Idem, pour les carapaces	(m)
$R_d$	Niveau atteint par le run-down des vagues, par rapport au niveau de l'eau au repos	(m)

$R_{d2\%}$	Niveau de run-down dépassé par seulement 2 % des vagues	(m)
$R_{i;d}$	Valeur de calcul d'une résistance	(Unité de $R$ )
$R_{i;k}$	Valeur caractéristique d'une résistance	(Unité de $R$ )
$R_u$	Hauteur du run-up d'une vague par rapport au niveau de l'eau au repos	(m)
$R'_u$	Hauteur du run-up des vagues induites par la navigation	(m)
$R_{u2\%}$	Hauteur du run-up dépassée par seulement 2 % des vagues	(m)
$r$	Intensité relative de la turbulence	(-)
$r$	Rayon de courbure du coude d'une rivière	(m)
$S$	Transport sédimentaire	(m <sup>3</sup> /s)
$S(f, \theta)$	Spectre directionnel de la houle	(m <sup>2</sup> s)
$S'$	Résistance équivalente de la roche pour la détermination de la résistance au cisaillement d'un matériau granulaire	(N/m <sup>2</sup> )
$S_d$	Domage adimensionnel, $S_d = A_e/D_{n50}^2$ calculé à partir de la moyenne des profils ou séparément pour chaque profil et ensuite moyenné	(-)
$S_r$	Degré de saturation, $S_r = V_w/V_p$	(-)
$S_{sp}$	Distance entre épis	(m)
$s$	Cambrure de la houle, $s = H/L$	(-)
$s_o$	Cambrure nominale de la houle définie par $H_s/L_o = 2\pi H_s/(g T^2)$	(-)
$s_{om}$	Cambrure nominale de la houle définie à partir de la période moyenne de la houle, $s_{om} = 2\pi H_s/(g T_m^2)$	(-)
$s_{op}$	Cambrure nominale de la houle définie à partir de la période de pic par $s_{op} = 2\pi H_s/(g T_p^2)$	(-)
$s_p$	Cambrure de la houle au pied définie à partir de la période de pic par $s_p = H_s/L_p$	(-)
$s_{m-1,0}$	Cambrure nominale de la houle définie à partir de la période moyenne énergétique de la houle, $s_{m-1,0} = 2\pi H_{m0}/(g T_{m-1,0}^2)$	(-)
$s_{s-1,0}$	Cambrure nominale de la houle définie à partir de la période moyenne énergétique de la houle, $s_{s-1,0} = 2\pi H_s/(g T_{s-1,0}^2)$	(-)
$T$	Période de la houle	(s)
$T$	Période de la marée	(s)
$T$	Période de réponse caractéristique (géotechnique)	(s)
$To$	Paramètre de la période de la houle pour le nombre de stabilité dynamique $HoTo$ , $To = T_m(g/D_{n50})^{1/2}$	(-)
$T_E$	Période moyenne énergétique de la houle ou période spectrale de la houle, $T_E = T_{m-1,0} = T_{-10}$	(s)
$T_R$	Période de retour	(ans)
$T_m$	Période moyenne de la houle	(s)
$T_{m-1,0}$	Période moyenne énergétique de la houle ou période spectrale de la houle, $T_{m-1,0} = T_E = T_{-10} = m_{-1}/m_0$	(s)
$T_p$	Période de pic spectral, inverse de la fréquence de pic	(s)
$T_r$	Durée d'enregistrement de houle, d'un essai ou d'un état de mer	(s)
$T_s$	Période de la houle significative	(s)
$T_s$	Tirant d'eau d'un bateau chargé	(m)
$t$	Variable temps, épaisseur d'une paroi de conduite	(s)
$t_d$	Épaisseur orthogonale théorique	(m)
$t_w, t_w, t_f$	Épaisseur de la carapace, des sous-couches ou de la couche filtre perpendiculairement au talus	(m)
$U$	Vitesse horizontale du courant moyennée sur la profondeur	(m/s)
$U$	Vitesse horizontale moyenne du courant moyennée sur une rivière	(m/s)
$U$	Nombre d'Ursell	(-)

$U_{cr}$	Vitesse critique du courant moyennée sur la profondeur	(m/s)
$U_g$	Vitesse dans la passe d'une fermeture en cours	(m/s)
$U_p$	Vitesse du jet d'hélice	(m/s)
$U_r$	Courant de retour	(m/s)
$U_v$	Vitesse à travers les vides, égale à la vitesse d'écoulement d'infiltration	(m/s)
$U_w$	Vitesse du vent	(m/s)
$U_z$	Vitesse du vent à une hauteur $z$ au-dessus du niveau de la mer	(m/s)
$U_0$	Vitesse moyennée sur la hauteur au-dessus d'un barrage de fermeture durant la fermeture verticale	(m/s)
$U_1$	Vitesse critique du courant moyennée suivant la profondeur dans le 1 <sup>er</sup> mètre	(m/s)
$U_{10}$	Vitesse du vent à 10 m au-dessus du niveau de la mer	(m/s)
$u, v, w$	Vitesses locales, généralement définies dans les directions $x, y, z$	(m/s)
$u'$	Composante variable de la vitesse	(m/s)
$u^*$	Vitesse de cisaillement $u_* = \sqrt{\tau_b / \rho_w}$	(m/s)
$u_b$	Vitesse au fond	(m/s)
$u_o$	Vitesse orbitale maximum induite par la houle	(m/s)
$\hat{u}_\delta$	Vitesse de pic au fond	(m/s)
$V$	Volume	(m <sup>3</sup> )
$V$	Rapport des volumes d'un estuaire, $V = Q_{rivière} T / V_f$	(-)
$V$	Volume de franchissement individuel par mètre linéaire de crête	(m <sup>3</sup> /m)
$V_{150}$	Indice de vitesse pour les géotextiles d'après l'EN ISO 11058	(m/s)
$V_b$	Volume apparent global de la carapace	(m <sup>3</sup> )
$V_{b,d}, V_{b,s}$	Volume apparent global de dimensionnement ou contrôlé de la carapace	(m <sup>3</sup> )
$V_e$	Vitesse de chute à l'équilibre dans l'eau	(m/s)
$V_f$	Volume d'eau de mer entrant l'estuaire pendant la marée montante	(m <sup>3</sup> )
$V_L$	Vitesse maximale de navigation	(m/s)
$V_{max}$	Volume maximum de franchissement individuel	(m <sup>3</sup> /m)
$V_P$	Volume de pores dans l'enrochement	(m <sup>3</sup> )
$V_p$	Vitesse des ondes-P dans l'enrochement	(m/s)
$V^*$	Vitesse sonique théorique de la structure minérale	(m/s)
$V_r$	Volume de roche	(m <sup>3</sup> )
$V_s$	Vitesse de navigation d'un bateau	(m/s)
$W$	Énergie d'explosion	(kWh/t)
$WA$	Absorption en eau, $WA = (\rho_w / \rho_{roche}) p$	(-)
$X, Y, Z$	Dimensions de la boîte rectangulaire de plus petit volume enfermant un bloc d'enrochement, utilisé dans le calcul du « blockiness »	(m)
$X$	Facteur d'usure équivalent dans le modèle de dégradation en service, égal au nombre d'années de service divisé par le nombre équivalent de rotations de l'essai d'abrasion de référence	(-)
$X_1, X_2, \dots, X_9$	Paramètres dans le modèle de dégradation en service	(-)
$X_{j;k}$	Valeur caractéristique d'une propriété d'un matériau	(Unité de $X$ )
$X_{j;d}$	Valeur de calcul d'une propriété d'un matériau	(Unité de $X$ )
$x, y, z$	Distance le long des axes orthogonaux	(m)
$y_s$	Profondeur d'affouillement par rapport au fond initial	(m)
$y_{max}$	Profondeur maximale d'une fosse d'affouillement	(m)
$z_a$	Augmentation statique du niveau de l'eau due à la surcote	(m)
$z_{max}$	Hauteur de l'onde transversale de poupe	(m)

$z_s$	Exhaussement de niveau d'eau dans un ouvrage, au-dessus du niveau de la mer au repos	(m)
$z_0$	Niveau de référence du profil de vitesse verticale, aussi appelé longueur de rugosité du lit	(m)
$\alpha$	Angle du talus d'un ouvrage	(rad) ou ( $^\circ$ )
$\alpha_s$	Angle de la pente des fonds littoraux	(rad) ou ( $^\circ$ )
$\beta$	Angle d'incidence de la houle par rapport à l'ouvrage	(rad) ou ( $^\circ$ )
$\beta$	Pente horizontale du fond	(rad) ou ( $^\circ$ )
$\gamma$	Poids volumique, $\gamma = \rho g$	(N/m <sup>3</sup> )
$\gamma'$	Poids volumique déjaugée, $= \gamma - \gamma_w = g (\rho - \rho_w)$	(N/m <sup>3</sup> )
$\gamma_E$	Coefficient partiel de l'effet d'une action	(-)
$\gamma_F$	Coefficient partiel pour déterminer la valeur de calcul d'une action	(-)
$\gamma_R$	Coefficient partiel d'une résistance	(-)
$\gamma_X$	Coefficient partiel pour déterminer la valeur de calcul d'une propriété d'un matériau	(-)
$\gamma_{br}$	Ratio de la hauteur maximale de la vague au déferlement à la profondeur	(-)
$\gamma_b$	Coefficient de réduction en présence d'une berme (run-up et franchissement des vagues)	(-)
$\gamma_f$	Coefficient de réduction en cas de rugosité du talus (run-up et franchissement des vagues)	(-)
$\gamma_h$	Coefficient de réduction en cas d'eau peu profonde (run-up des vagues)	(-)
$\gamma_\beta$	Coefficient de réduction en présence de houle oblique (run-up et franchissement des vagues)	(-)
$\Delta$	Densité relative déjaugée d'un matériau, pour un bloc $\Delta = \rho_{app}/\rho_w - 1 = \rho_r/\rho_w - 1$	(-)
$\Delta x$	Variation ou augmentation/diminution de $x$	(Unité de $x$ )
$\Delta h$	Abaissement du plan d'eau (mouvement de l'eau induite par la navigation)	(m)
$\Delta h_f$	Hauteur du bourrelet de proue (mouvement de l'eau induite par la navigation)	(m)
$\delta$	Angle de frottement entre deux matériaux	(-)
$\delta A_M$	Effet de la rupture majeure sur la courbe blocométrique	(kg)
$\delta A_m$	Effet de la rupture mineure sur la courbe blocométrique	(kg)
$\delta T$	Changement de température	( $^\circ$ C)
$\delta m$	Variation de la courbe blocométrique après des ruptures mineures	(kg)
$\varepsilon$	Déformation, déplacement relatif	(-)
$\eta$	Élévation instantanée de la surface d'eau par rapport au niveau moyen de l'eau	(m)
$\eta$	Surélévation due à la houle (wave set-up)	(m)
$\theta$	Paramètre de mobilité pour les ouvrages, $\theta = u^2/(g \Delta D_{n50})$	(-)
$\theta$	Direction prédominante de la houle, généralement par rapport au nord	(rad) ou ( $^\circ$ )
$\Lambda_h$	Facteur de profil, pour la vitesse ou la profondeur	(-)
$\Lambda_w$	Facteur de profondeur pour la résistance hydraulique dans un écoulement induit par la houle	(-)
$\lambda$	Distance de drainage	(m)
$\lambda$	Longueur d'onde des coudes d'une rivière	(m)
$\mu$	Coefficient de débit	(-)
$\mu_x$	Valeur moyenne de $x$	(Unité de $x$ )
$\nu$	Coefficient de viscosité cinématique	(m <sup>2</sup> /s)
$\nu_p$	Coefficient de Poisson	(-)
$\xi$	Paramètre de déferlement ou nombre d'Iribarren	(-)
$\xi_m$	Nombre d'Iribarren calculé à partir de la période moyenne de la houle	(-)

$\xi_{m-1,0}$	Nombre d'Iribarren calculé à partir de la période spectrale de la houle et la hauteur significative spectrale de la houle	(-)
$\xi_p$	Nombre d'Iribarren calculé à partir de la période de pic de la houle	(-)
$\xi_{s-1,0}$	Nombre d'Iribarren calculé à partir de la période spectrale de la houle et la hauteur significative de la houle d'un enregistrement	(-)
$\rho$	Masse volumique d'un sol ou d'un massif d'enrochements incluant l'eau si saturée	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{app}$	Masse volumique apparente de la roche qui peut contenir de l'eau dans ses pores, la valeur dépend du degré de saturation en eau	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_b$	Masse volumique en place de l'enrochement, = $\rho_r (1-n_v)$	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{min}$	Masse volumique de la matrice minérale de la roche	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{roche}$	Masse volumique de la roche avec un degré de saturation nul	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_r, \rho_c, \rho_a$	Masse volumique de la roche ( $\rho_r = \rho_{app}$ ), du béton et des blocs de la carapace	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_w$	Masse volumique de l'eau	(kg/m <sup>3</sup> )
$\rho'$	Masse volumique déjaugée, $\rho' = \rho - \rho_w$	(kg/m <sup>3</sup> )
$\sigma$	Contrainte	(N/m <sup>2</sup> )
$\sigma'$	Contrainte effective dans un sol ou un remblai, $\sigma' = \sigma - p$	(N/m <sup>2</sup> )
$\sigma_c$	Contrainte de compression uniaxiale	(N/m <sup>2</sup> )
$\sigma_x$	Écart type de $x$	(Unité de $x$ )
$\tau$	Contrainte de cisaillement d'un remblai ou d'un sol	(N/m <sup>2</sup> )
$\tau_c$	Contrainte de cisaillement au fond due à un courant constant	(N/m <sup>2</sup> )
$\tau_{cr}$	Contrainte de cisaillement au fond critique (stabilité hydraulique)	(N/m <sup>2</sup> )
$\tau_w$	Contrainte de cisaillement au fond due au mouvement orbital induit par la houle	(N/m <sup>2</sup> )
$\tau_{cw}$	Contrainte de cisaillement au fond due à l'action combinée de la houle et des courants	(N/m <sup>2</sup> )
$\phi$	Coefficient de densité de pose, coefficient de pose, = $n k_t(1-n_v)$	(-)
$\phi_p$	Coefficient de pose (Knauss)	(-)
$\phi$	Angle de repos	(rad) ou (°)
$\phi_{sc}$	Coefficient de correction de stabilité pour les blocs exposés aux courants	(-)
$\phi_{sw}$	Coefficient de correction de stabilité pour les blocs exposés à la houle	(-)
$\phi_u$	Coefficient d'amélioration de la stabilité (dépend du système)	(-)
$\varphi, \varphi'$	Angle de frottement interne du sol ou d'un remblai	(rad) ou (°)
$\varphi_m$	Angle de frottement interne mobilisé dans un plan parallèle à la pente	(rad) ou (°)
$\varphi_w$	Angle de la direction du vent dans les calculs de houles générées par le vent	(rad) ou (°)
$\Psi$	Angle entre la direction de l'écoulement et la direction ascendante du talus	(rad) ou (°)
$\Psi$	Paramètre de la contrainte de cisaillement adimensionnel ou nombre de Shields	(-)
$\Psi_{cr}$	Idem, valeur critique (stabilité hydraulique)	(-)
$\omega$	Fréquence angulaire de la houle, $\omega = 2\pi/T$	(1/s)

# Indices couramment utilisés

<i>A</i>	air
<i>a</i>	carapace
<i>b</i>	fond, lit, base, en place, abattu
<i>c</i>	carapace, crête, courant, béton
<i>cr</i>	critique
<i>d</i>	de calcul
<i>el</i>	élastique
<i>f</i>	couche filtre, final, frottement
<i>g</i>	géotextile, dans la passe
<i>H</i>	horizontal
<i>i</i>	<i>in situ</i> , incident, initial
<i>M</i>	masse
<i>m</i>	valeur moyenne
<i>max</i>	maximum
<i>min</i>	minimum
<i>o</i>	offshore (= au large, en eau profonde); orbital
<i>P</i>	pores
<i>p</i>	pic
<i>ph</i>	phréatique
<i>pl</i>	plastique
<i>R</i>	décrit une force (ou résistance)
<i>r</i>	roche, retour, réflexion
<i>S</i>	décrit une charge
<i>s</i>	bateau, significatif, sol, stabilité
<i>T</i>	total
<i>t</i>	couche supérieure, temps, pied, transition, total
<i>V</i>	vertical
<i>W</i>	eau
<i>w</i>	eau (généralement eau de mer), houle
<i>0</i>	initial
<i>50</i>	médian

