

Efficacité des dispositifs de protection contre les risques naturels en montagne



MIG MTES

2018

Glossaire

Avril 2019

V3



Office National des Forêts
Direction Forêts et Risques Naturels
Département Risques Naturels
Pôle RTM



Irstea
Unité de Recherche
Erosion Torrentielle Neige et
Avalanches

Avant-propos

Ce glossaire a été réalisé à l'initiative du ministère de la transition écologique et solidaire, suivie par la DGPR/SRNH/BRNT (Direction Générale de la Prévention des Risques, Service des Risques Naturels et Hydrauliques, Bureau des Risques Naturels Terrestres) qui en ont confié la rédaction au Département Risques Naturels de l'ONF/DFRN et à l'Unité de Recherche ETNA de l'Irstea.

Dans le cadre de l'action n°C1 relative à l'« efficacité des dispositifs de protection contre les risques naturels en montagne : application du programme pluriannuel d'actions », l'action C1A porte sur la communication autour des concepts, méthodes et outils existants. Dans un premier temps (2018 et 2019), quatre notes de synthèse doivent servir d'appui à communication auprès des services :

- **glossaire relatif à l'efficacité (objet du présent document)**
- méthodes d'aide à la décision
- risque : analyse et évaluation
- approche intégrée d'évaluation de l'efficacité

Ce glossaire pourra faire l'objet d'évolutions régulières tenant compte des modifications de normes et de précisions apportés par les travaux scientifiques ou les remontées opérationnelles.

Historique de la diffusion

Version	Date	Commentaires
V0	11/01/2019	Transmission de S. Carlados à J.-M. Tacnet pour relecture/compléments
V1	16/01/2019	Prise en compte version 2018 de la NF EN 13303
V2	02/04/2019	Prise en compte définition CETU (2015)
V3	13/04/2019	

Rédacteur(s) et validation

Rédacteurs principaux du rapport	Vérification - Approbation
Nom - Prénom : CARLADOUS Simon (ONF/DFRN/DRN) TACNET Jean-Marc (Irstea/UR ETGR) Date : 13/04/2019	Nom - Prénom : Fonction : Date :

Mots clés : risque, protection, efficacité, évaluation, décision

Photos en couverture :

- gauche haut : barrages de correction torrentielle béton (ONF-RTM 38 ©)
- gauche bas : filets paravalanche acier (ONF-RTM 74 ©)
- droite haut : ouvrage de fermeture de plage de dépôt (G. Piton, Irstea ©)
- droite bas : écrans pare-blocs acier (ONF-RTM 73 ©)

INTRODUCTION

Ce glossaire relatif à l'efficacité des mesures de protection contre les risques naturels en montagne est établi selon cinq thématiques principales :

- I. **risque résiduel** : la définition de ce concept est un préalable nécessaire pour évaluer l'efficacité des dispositifs de protection dont l'objectif est de réduire le risque ;
- II. **systèmes de protection** : il s'agit de faire lien entre les définitions liées au domaine de la protection contre les risques naturels en montagne et celles de la modélisation systémique générique ;
- III. **efficacité et concepts** : il s'agit de préciser tous les concepts relatifs à l'efficacité pour un système de protection donné ;
- IV. **éléments de dimensionnement** : l'efficacité d'un dispositif de protection dépend de sa conception et du dimensionnement associé ;
- V. **suivi et maintenance** : l'efficacité d'un dispositif de protection dépend de sa maintenance ;
- VI. **aide à la décision** : méthodes et concepts permettant d'aider à l'évaluation de l'efficacité et à comparer différentes solutions de protection ;
- VII. **information et imperfections** : de nombreuses informations sont nécessaires pour évaluer, aider à décider, et sont entachées de différentes formes d'imperfection.

La rédaction de ce glossaire s'est appuyée sur une bibliographie qui regroupe des guides et rapports opérationnels qui émanent du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) et des instances nationales autrichienne et suisse, les normes et réglementations existantes, mais aussi les publications scientifiques.

Sa présentation sous forme de tableau reprend celle proposée dans le guide sur le diagnostic et la maintenance des filets de protection contre les avalanches de Martin (2012) déjà à l'attention des praticiens des services de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) avec le terme, sa définition et la formulation de remarques opérationnelles. Les sources bibliographiques de ces définitions sont par contre ajoutées.

I. RISQUE RESIDUEL

Terme	Définition	Remarques
aléa	Manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d' intensité données (MATETL, 1999). Probabilité d'occurrence spatiale (susceptibilité), temporelle et de propagation d'un phénomène d'intensité donnée (Cruden et Fell 1997 ; Fell et al. 2005).	
analyse de risque	Approche technique d'identification puis de mesure du risque à partir de l' information disponible (figure 2).	Elle se base généralement sur les étapes suivantes : définition de l'emprise, analyse de l' aléa , évaluation de la vulnérabilité et estimation du niveau de risque (Corominas et al., 2014).
avalanche	Phénomène de déplacement rapide d'une masse de neige sur une pente, provoqué par une rupture d'équilibre du manteau neigeux (https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/avalanches).	Ce terme regroupe les différents types d'avalanches : aérosol, coulantes ou denses, mixtes.
chute de blocs et écoulement	Phénomènes qui résultent de l'évolution d'escarpements plus ou moins abrupts, sous l'action de la gravité. On utilise généralement le terme de chute pour des pierres (volumes inférieurs à 1 dm ³) ou des blocs (volumes supérieurs à 1 dm ³) qui tombent isolément ou en groupe. On lui substitue celui d'écroulement quand il s'agit de la chute soudaine d'une masse rocheuse qui, se détachant d'une paroi ou d'un versant très raide, tombe en se désorganisant (Leone et al., 2010).	
coulée de boue et de débris	Phénomène d'écoulement plus ou moins rapides à forte teneur en eau, accompagnés d'un fort remaniement des matériaux et présentant une consistance plus ou moins visqueuse. Les distinctions entre les différents types de coulées reposent sur la nature des matériaux (courbe granulométrique, cohésion) et sur l'importance de la fraction liquide (Leone et al., 2010).	Les coulées de débris se produisent à partir de formations rocheuses bien stratifiées, en place ou préalablement disloquées. Les coulées de boue sont générées par la mise en mouvement de matériaux sans cohésion, ou l'ayant perdue dès la mise en mouvement, et qui sont intimement mélangés à une quantité d'eau (avant ou après la mise en mouvement).

crue torrentielle	<p>Crues qui affectent les cours d'eau torrentiels (torrents, rivières torrentielles).</p> <p>Les crues torrentielles se distinguent selon les types de transport solide. Le charriage torrentiel est un écoulement bi-phasique, en régime permanent, avec une forte concentration solide, capable de transporter de gros blocs et mis en évidence par la présence d'un tri granulométrique après événements. Les laves torrentielles sont un écoulement monophasique, en régime transitoire, avec une très forte concentration solide, capable de transporter de très gros blocs, mis en évidence par l'absence d'un tri granulométrique après événement mais la présence de bourrelets latéraux et lobes frontaux.</p>	<p>Les torrents et les rivières torrentielles sont des cours d'eau caractérisés par des pentes élevées et une capacité d'endommagement accrue par leur tendance à éroder et déposer des matériaux solides. Pour des pentes supérieures à 1%, on est dans le domaine torrentiel ; en dessous de 0,1%, on est dans le domaine fluvial. Dans la gamme de pentes intermédiaires (entre 0,1% et 1%), on est dans le domaine torrentiel si les problématiques d'affouillement et d'engravement des bâtis ne peuvent pas être négligées (MTES, 2018).</p>
conséquences	<p>Manifestations des aléas sur les enjeux. Les conséquences peuvent être plus ou moins fortes selon la nature de l'aléa et la nature des enjeux.</p>	
dommages	<p>Conséquences défavorables d'un phénomène naturel sur les biens, les activités et les personnes. Ils sont généralement exprimés sous forme quantitative et monétaire (MATETL, 1999).</p>	
enjeux	<p>Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, etc. susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par un phénomène naturel (MATETL, 1999).</p>	
évaluation du risque	<p>Analyse du territoire et des interactions en son sein entre objets, organisations et acteurs, à un moment donné (November, 2002) pour évaluer la perception du risque par les acteurs de ce territoire, leur aversion et leur niveau de tolérance ou d'acceptabilité (Renn et Graham, 2006).</p>	<p>L'évaluation du risque se distingue de l'analyse de risque (approche technique) par l'intégration de la perception du risque sur un territoire et dans un contexte donnés, représentés par la valorisation et les critères d'aversion au risque (figure 2).</p>
événement	<p>Expression du phénomène naturel.</p>	
exposition	<p>Probabilité (ou taux) de présence d'un enjeu quand l'événement entraînant une intensité non nulle au point spatial où se situe l'enjeu (Corominas et al., 2014 ; Eckert et al., 2012).</p>	
fréquence	<p>Nombre de fois où un niveau de magnitude (ou d'intensité sur le territoire) est dépassé sur un nombre d'événements total constaté.</p>	
glissement de terrain	<p>Phénomène par déplacements de masses de terrain cohérentes le long d'une surface ou de plusieurs surfaces de rupture qui peuvent être circulaires (glissements rotationnels ou circulaires), planes (glissements plans) ou mixtes (glissements complexes). (Leone et al., 2010).</p>	<p>Les profondeurs des surfaces de glissement sont très variables, de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres – voire une centaine de mètres -, ce qui implique parfois de très grands volumes (de plusieurs millions hm³).</p>

intensité	Notion qui décrit soit les effets physiques d'un phénomène naturel dont le niveau varie dans l'espace soit les effets constatés ou potentiels d'un phénomène sur différentes catégories d' enjeux (niveau et description des dommages sur un bâtiment) (Leone et al., 2010).	Par exemples, les effets physiques sont décrits par la hauteur de dépôt de matériaux, la profondeur d'affouillement, la vitesse d'écoulement, etc.
lave torrentielle	Phénomènes qui se forment par enrichissement subit et considérable du débit d'un torrent en matériaux solides qui accroissent très fortement son pouvoir érosif. Les laves torrentielles se distinguent sur le plan morphodynamique des coulées de débris et des coulées de boues par le transport de blocs pouvant atteindre de très grosses tailles (jusqu'à 200 m ³), une concentration solide élevée (80 à 90 % du volume), des vitesses fortes (1 à 10 m/s), des débits élevés et des volumes considérables (Leone et al., 2010).	Les laves torrentielles se situent à la « frontière physique » entre les crues torrentielles et les mouvements de terrain .
magnitude	Ampleur, puissance du phénomène évaluée au moyen de paramètres physiques généralement indépendants et mesurables. Suivant les échelles utilisées et les phénomènes considérés, il s'agit de paramètres énergétiques, cinématiques ou géométriques (Leone et al., 2010).	Par exemple, la magnitude d'une crue torrentielle (lave ou charriage) s'exprime généralement en termes de volume de matériaux mobilisés (Chambon et Laigle, 2013).
mouvements de terrain	Phénomènes d'origines très diverses qui regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. La gamme de vitesses de déplacements est très variable : les déplacements peuvent être lents (qqes millimètres par an) à très rapides (qqes centaines de mètres par jour) (https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/avalanches).	Les différents types de mouvements de terrain sont le retrait-gonflement des argiles (non traité par cette application), les glissements de terrain , les effondrements de cavités souterraines (non traité par cette application), les tassements et les affaissements (non traité par cette application), les chutes de blocs et écoulements , les coulées boueuses et les laves torrentielles.
période de retour	Intervalle de temps moyen entre deux événements pour lesquels un seuil de magnitude prédéterminé est atteint ou dépassé.	
phénomène	Fait naturel constaté (dictionnaire Larousse). Il s'exprime dans l'espace par une magnitude , une intensité , un impact et une fréquence (Thouret et D'Ercole, 1996).	
résiduel (aléa ou risque)	Aléa ou risque qui subsiste lorsque des mesures de sécurité (réduction de la vulnérabilité , protection) ont été prises (http://www.ecologie.gouv.fr).	

risque	<p>Événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte, donc, de la conjonction de l'aléa et d'un enjeu, la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportés à l'intensité de l'aléa. À cette définition technique du risque, doit être associée la notion d'acceptabilité pour y intégrer sa composante sociale (MATETL, 1999).</p> <p>Effet de l'incertitude exprimée en termes de combinaison des conséquences d'un événement et de la vraisemblance de son occurrence (AFNOR, 2015). Cela renvoie aux notions respectives de dommages potentiels et d'aléa.</p>	
Scénario (d'événement)	<p>Événement susceptible de se produire (Chateauneuf et al., 2006), en termes de nature, temps et espace, objets concernés et interactions. Dans le domaine des risques naturels, on parle de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - scénario de référence : scénario considéré pour établir le plan de prévention des risques (PPR) ; - scénario de projet : scénario retenu pour la conception fonctionnelle d'un ouvrage/ dispositif de protection. Il peut être le même que le scénario de référence mais peut également être différent (par exemple, période de retour considérée plus faible) : il s'agit d'un choix du décideur. 	
sur-aléa	<p>Du fait d'une cause particulière comme, par exemple, la rupture ou défaillance d'un ouvrage/dispositif/système de protection, augmentation par rapport à une situation naturelle considérée sans la présence de ces aménagements de la probabilité d'atteinte ou du niveau d'intensité pour une période de retour donnée, en un point du territoire donné.</p>	<p>Le sur-aléa est donc jugé en chaque point du territoire.</p>
susceptibilité	<p>Possibilité qu'un/des phénomènes se produise(nt) sur un territoire donné pour différentes conditions environnementales locales (Thiery 2007). La susceptibilité est définie comme la probabilité d'occurrence spatiale des phénomènes en fonction de facteurs de prédisposition connus (variables explicatives), sans tenir compte de leur occurrence temporelle.</p>	<p>Les cartes de susceptibilité peuvent être obtenues soit par une approche qualitative (fondée sur une démarche empirique à partir de connaissance experte), soit par approche quantitative avec (i) des méthodes statistiques/probabilistes (modèles bivariés/multivariés d'analyse spatiale) ou (ii) des méthodes déterministes (modèles à base physique statique ou dynamique, reposant sur des mesures directes de différents paramètres : géotechniques, hydrologiques...).</p>
taux d'endommagement	<p>Mesure du niveau de dégradation d'un enjeu exposé pour un niveau d'intensité d'un phénomène donné. Il dépend du critère d'intensité et du mode d'endommagement, propre à chaque type d'enjeu (Carladous, 2017).</p>	

valeur	Dans le concept de <u>risque</u> , la valeur des <u>dommages</u> définit le niveau de leur acceptation.	La valeur est souvent monétaire via les sciences économiques (Kaplan et Garrick, 1981) mais d'autres unités de valeur existent (<u>utilité</u> , etc.).
vulnérabilité	Potentiel de <u>dommages</u> sur les <u>enjeux</u> exposés (Leone et al, 2010). Au sens le plus large, exprime le niveau de <u>conséquences</u> prévisibles d'un <u>phénomène</u> naturel sur les enjeux. On peut distinguer la vulnérabilité économique et la vulnérabilité humaine (MATETL, 1999).	La vulnérabilité directe évalue le potentiel de dommages physiques directs sur chaque enjeu, à partir des courbes de <u>taux d'endommagement</u> potentiel. La vulnérabilité indirecte analyse les conséquences potentielles qui sont externe à la zone d'impact, dans le temps et dans l'espace (Leone et al, 2010).

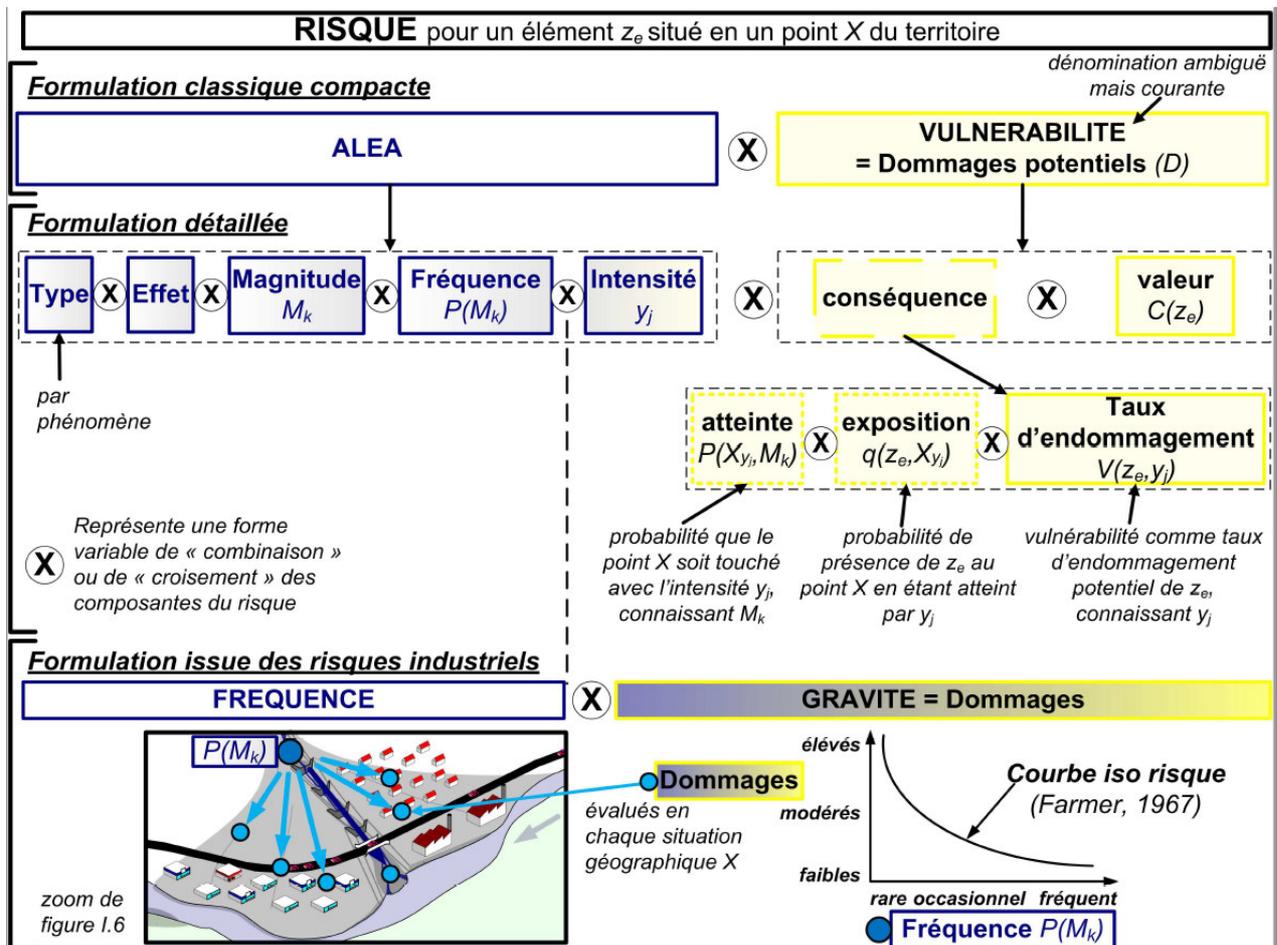


Figure 1 – Décomposition du concept de risque, adapté de Tacnet (2009)

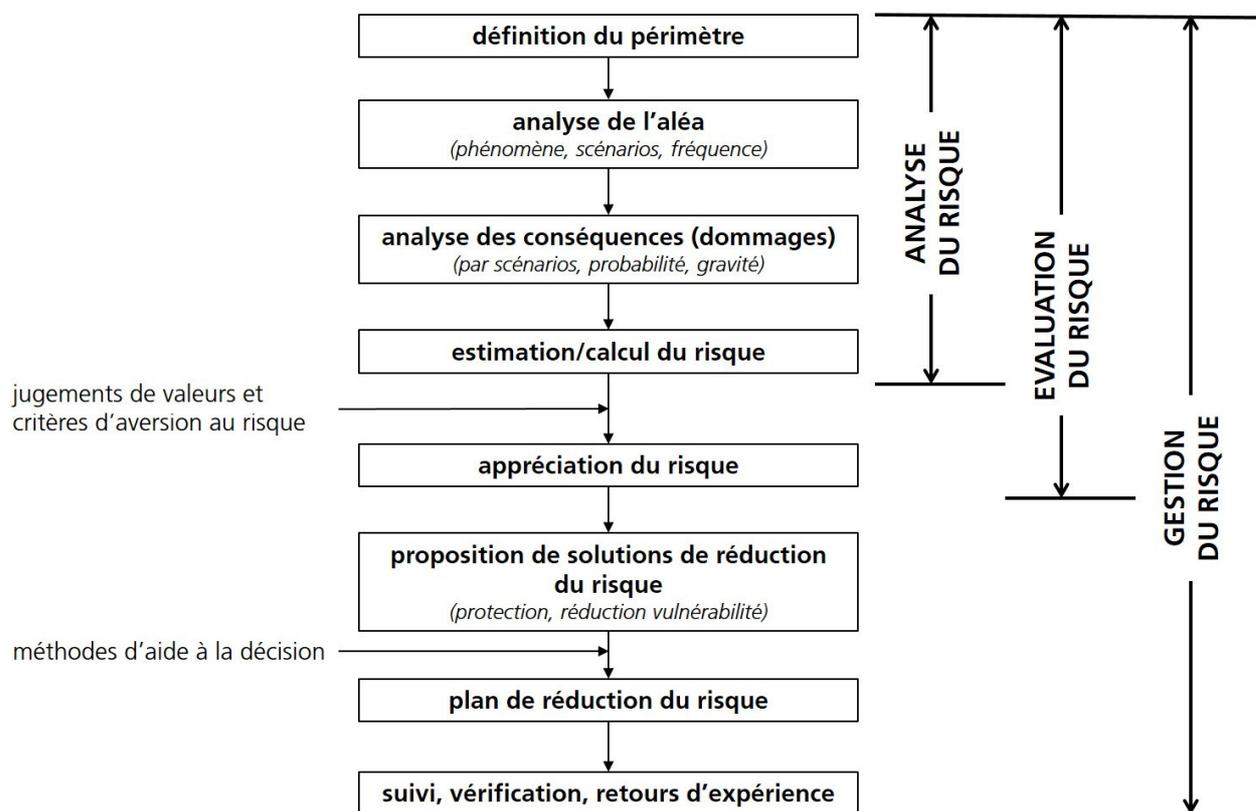


Figure 2 – Analyse, évaluation et gestion du risque, adapté de Fell et al. (2005)

II. SYSTEME DE PROTECTION

Terme	Définition	Remarques
dispositif	Regroupement d'un ou plusieurs ouvrages qui participent conjointement, dans une zone de manifestation donnée du phénomène naturel, à la réalisation d'une fonction technique de lutte contre ce phénomène naturel. Plusieurs dispositifs composent un système de protection (figure 3).	
ouvrage	Plus petite entité située dans une zone de manifestation identifiée d'un phénomène naturel et dont la vocation est de limiter les effets de ce phénomène. Plusieurs ouvrages composent un dispositif (figure 3).	
protection active	Mesures de protection qui agissent sur les causes et origines des phénomènes en zone de déclenchement avec pour objectif de réduire leur fréquence d'apparition ainsi que celle de dépassement d'un seuil de magnitude donné (volume de lave torrentielle , d'avalanche, etc.).	Dans le domaine des avalanches : claies, râteliers ou encore filets. Dans le domaine des mouvements de terrain : drainages des glissements ou ancrages et filets de confortement de blocs ou ensemble de blocs. Dans le domaine des crues torrentielles : dispositifs de correction torrentielle.
protection collective	Mesures de protection qui se basent sur des ouvrages distants, implantés en amont des éléments potentiellement exposés à protéger. Elles peuvent également protéger un enjeu unique comme une route par exemple. La maîtrise d'ouvrage est, à de rares exceptions près, assurée par la collectivité publique (MTES, 2018).	
protection individuelle	Mesures structurelles de protection directe des enjeux . La maîtrise d'ouvrage de ces ouvrages est assurée par le propriétaire de l'enjeu concerné (MTES, 2018).	Par exemple, renforcement des façades d'un bâtiment.
protection passive	Mesures de protection qui agissent à « proximité » des zones d'implantation des enjeux exposés avec pour objectifs de réduire la probabilité d'atteinte et le niveau d' intensité au niveau de chacun de ces enjeux, pour un scénario de magnitude donné.	Digues de protection contre les avalanches ou les crues torrentielles , merlons et écrans pare-blocs ou encore plages de dépôt contre les crues torrentielles.
protection permanente	Ouvrages fonctionnant par eux-mêmes dès lors qu'ils sont construits. Leur fonctionnement dépend d'une intervention humaine, mais généralement hors périodes à risques, pour leur surveillance et leur entretien réguliers qui garantissent le maintien de leur efficacité (MTES, 2018).	
protection temporaire	Mesures de protection qui ne peuvent assurer leur fonction qu'à l'aide d'une intervention humaine, réalisée pendant les périodes à risques (MTES, 2018).	Dans le domaine des avalanches : ouvrages de déclenchement préventif comme les Gazex®, Catex® ou encore Avalhex®.

III. EFFICACITE ET CONCEPTS

Terme	Définition	Remarques
adaptation	Adéquation des choix de conception du composant (ou du système) au contexte d'implantation physique ou socio-économique (Tacnet et Curt, 2013).	L'adaptation d'un système est la confrontation de ses caractéristiques de conception avec les fonctions qu'il doit assurer (figure 4). Par exemple, le choix du matériau bois pour un ouvrage de correction torrentielle dans un torrent à laves torrentielles n'est pas adapté.
besoin	Nécessité ou désir éprouvé par le décideur (AFNOR, 2013), qui est équivalent au concept d'exigence.	Description qualitative à verbaliser par le décideur.
bien	Élément, composant , mécanisme, sous-système, unité fonctionnelle, équipement ou système qui peut être décrit et considéré individuellement (AFNOR, 2018).	Dans ce glossaire, le bien est considéré comme un système.
caractéristique	Trait distinctif, de type physique ou fonctionnel pour un système , qui peut être intrinsèque ou attribuée au système, qui peut être qualitative ou quantitative (AFNOR, 2015).	
capacité	Caractéristiques techniques mesurables associées à la réalisation d'une fonction (Tacnet et al., 2011). La capacité est évaluée à un moment donné et dépend des caractéristiques de conception, de construction et en fonctionnement (figure 4).	Par exemples, volume de rétention pour la fonction « retenir les matériaux », ou longueur stabilisée pour la fonction « stabilisation du profil en long », etc.
composant	Chacun des éléments qui constituent un système lorsqu'ils sont organisés. Il doit assurer une (des) fonction(s) technique(s) qui participe(nt) à la réalisation de la (des) fonction(s) principale(s) du système.	L' ouvrage est un composant du système « dispositif ». Le dispositif est lui-même un composant du « système de protection » (figure 3).
défaillance	Perte de l'aptitude d'un système à accomplir une fonction requise (AFNOR, 2018).	
dégradation	Changement néfaste de l'état physique, avec le temps, l'utilisation ou en raison d'une cause externe. Une dégradation peut conduire à une défaillance (AFNOR, 2018).	
disponibilité	Aptitude du système à être en état d'accomplir une fonction lorsqu'elle est requise dans des conditions données, en supposant que les ressources externes nécessaires sont mises à disposition (AFNOR, 2018).	

durabilité	Aptitude du système à accomplir une fonction requise, dans des conditions données d'usage et de maintenance, jusqu'à la fin de la vie utile (AFNOR, 2018). Par extension, elle est évaluée par la part du temps où les performances ne sont pas abaissées au-dessous de celles escomptées relativement à la durée d'utilisation de projet pour le système de protection considéré (Magne et Vasseur, 2006).	
effet	Résultat, conséquence de l'action du système (dictionnaire Larousse 2016).	Par exemple, l'effet d'un dispositif à fonction de « rétention des matériaux », d'une capacité en volume de matériaux retenus, est la diminution de la charge solide dans l'écoulement à son aval.
efficacité	Niveau d'obtention des résultats escomptés (AFNOR, 2015).	L'analyse de l'efficacité d'un système repose sur la confrontation, pour une fonction et un moment donnés, entre la capacité technique de ce système et l' objectif qui lui est assigné. Evaluer l'efficacité nécessite donc d'identifier le système, sa fonction, l'objectif fixé et sa capacité à un moment donné (figure 4).
efficience	Rapport entre le résultat obtenu et les ressources utilisées (AFNOR, 2015). Ces dernières correspondent au coût qu'il soit monétaire, en temps d'ouvrier, environnemental, etc.	L'efficience est évaluée par la confrontation entre la capacité et les effets induits avec les ressources utilisées (figure 4).
exigence	Besoin ou attente formulé, généralement implicite ou obligatoire (AFNOR, 2015).	
fiabilité	Aptitude du système à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné (AFNOR, 2018).	
fonction	Action du système ou de l'un de ses composants exprimée exclusivement en termes de finalité. Une fonction est formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un complément (AFNOR, 2013).	Par exemples, « stabiliser le profil en long », « retenir les matériaux », etc.
gravité	Conséquences néfastes potentielles ou réelles d'une défaillance . La gravité d'une défaillance peut être relative à la sécurité , la disponibilité , les coûts, la qualité , l'environnement, etc. (AFNOR, 2018).	
importance (d'un composant)	Dans le domaine de la sûreté de fonctionnement , part relative de l'influence de la fiabilité des composants sur la fiabilité globale du système qu'ils composent. L'importance est alors établie par analyse de la fiabilité de chaque composant (Birnbaum, 1968).	
mécanisme de défaillance	Processus physiques, chimiques ou autres qui peuvent conduire ou ont conduit à une défaillance (AFNOR, 2018).	

mode de défaillance	Manière dont l'incapacité d'un système à accomplir une fonction requise se produit (AFNOR, 2018).	
objectif	Résultat à atteindre (AFNOR, 2015). Sa définition quantitative peut évoluer au cours du temps avec l'évolution du contexte dans lequel il est défini (Carladous, 2017).	
performance	Résultat mesurable (AFNOR, 2015). Etat d'un système à réaliser chacune des fonctions pour lesquelles il a été conçu (Curt, 2008).	La performance d'un système est évaluée par la capacité , en relation avec la fonction à assurer (figure 4).
qualité	Aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques d'un système à satisfaire des exigences (AFNOR, 2015).	
sécurité	Aptitude du système à éviter de produire des événements critiques pour lui-même ou pour son environnement dans des conditions et pour une durée de fonctionnement données (Magne et Vasseur, 2006).	La sécurité d'un système est évaluée par l'analyse des effets et conséquences associées (figure 4). Ce concept correspond à celui de la dangerosité utilisé en pratique : un ouvrage dangereux a une faible sécurité et inversement.
sûreté de fonctionnement	Aptitude à fonctionner comme requis et lorsque cela est requis. La sûreté de fonctionnement comprend la disponibilité , la sûreté, la sécurité , la durabilité et les facteurs qui les influencent (la fiabilité , la maintenabilité , les performances de logistique de maintenance , les conditions d'utilisation et l'influence du personnel d'exploitation) (AFNOR, 2018). Il s'agit également d'un domaine technique, regroupant un ensemble de méthodes formalisées, qui étudie un système et les fonctions qu'il assure pour identifier ses défaillances potentielles, leurs conséquences et proposer des moyens de diminuer le risque associé (Pagetti, 2012).	
système	Ensemble d'éléments, de composants , corrélés ou en interaction (AFNOR, 2015), organisés pour remplir une mission déterminée dans un environnement défini (Lair, 2000).	Par exemple, l' ouvrage , le dispositif et le système de protection sont chacun des systèmes à des échelles différentes.
utilité	Aptitude du système à satisfaire un besoin ou à créer les conditions favorables à cette satisfaction (contribution à une fonction) (Tacnet et Curt, 2013).	L'utilité est évaluée en confrontant les objectifs aux fonctions assurées par le système (figure 4).

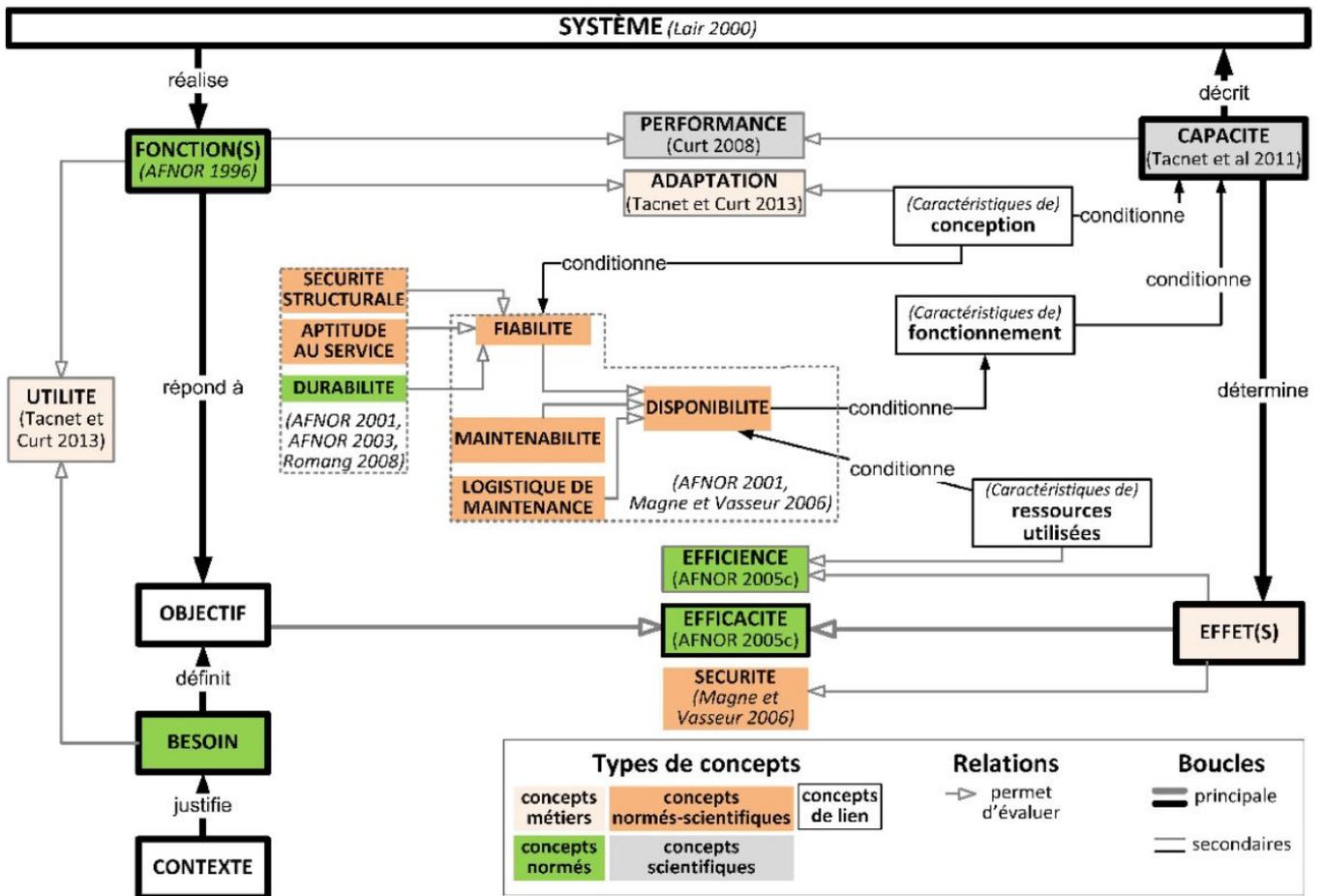


Figure 4 – Schéma conceptuel de l'efficacité (Carladous, 2017)

IV. ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT

Ce glossaire est un rappel des éléments génériques des Eurocodes (AFNOR, 2003).

Terme	Définition	Remarques
action	<p>En génie civil, une action est un ensemble de forces (charges) appliquées à la structure (action directe) et de déformations ou accélérations imposées (action indirecte (AFNOR, 2003). On différencie différents types d'actions :</p> <ul style="list-style-type: none">- action accidentelle de grandeur significative, dont la probabilité d'intervenir sur une structure au cours de sa durée d'utilisation de projet est faible ;- action permanente dont la probabilité de durer pendant la durée de référence est élevée, dont la variation dans le temps est d'ampleur négligeable ou monotone jusqu'à une valeur limite ;- action variable dont la variation dans le temps n'est d'ampleur ni négligeable ni monotone.	
aptitude au service	<p>Capacité d'un système à fonctionner selon les exigences d'utilisation définies, pendant la durée d'utilisation prévue (Romang, 2008) et à garantir une résistance aux états-limites de service (AFNOR, 2003).</p>	
conception fonctionnelle	<p>Démarche qui consiste 1) d'abord à fournir une spécification des fonctions que le système doit assurer et à préciser la capacité attendue pour chacune des fonctions, en adéquation avec le scénario de projet retenu 2) puis à imaginer, créer un système (en termes de nature, dimensions) qui permette de réaliser les fonctions et d'atteindre la capacité correspondante attendue, en tenant compte de la durée d'utilisation fixée, des conditions naturelles, d'approvisionnement, de fonctionnement et des contraintes (foncières, budgétaires et réglementaires).</p>	
dimensionnement structural	<p>Démarche qui consiste à vérifier la capacité technique d'un ouvrage en termes de dimensions et de résistance mécanique pour qu'il soit globalement stable et résiste aux sollicitations auxquels il est exposé. Elle consiste à 1) choisir le type de structure de génie civil, et les matériaux utilisés (en cohérence avec la conception fonctionnelle) 2) définir les sollicitations auxquelles l'ouvrage doit résister, pour une durée d'utilisation donnée, 3) définir les dimensions de la structure, 4) vérifier la stabilité externe et interne de la structure aux différentes sollicitations, pour les différents modes de rupture potentiels dans le respect des règlements.</p>	

durée d'utilisation de projet	Durée pendant laquelle un système de protection est censé pouvoir fonctionner en faisant l'objet d'une maintenance prévue, mais sans réparations majeures (AFNOR, 2003).	
durée de référence	Intervalle de temps choisi, utilisé comme base d'évaluation d' actions variables et accidentelles sur le plan statistique (AFNOR, 2003).	
durée de vie utile	A partir de la première utilisation, intervalle de temps jusqu'à l'instant où un état limite est atteint (AFNOR, 2018).	
état limite	Etat au-delà duquel la structure ne satisfait plus aux critères de dimensionnement pertinents (AFNOR, 2003). On distingue : - états limites de service, correspondant à des conditions au-delà desquelles les exigences d'aptitude au service spécifiées pour une structure ne sont plus satisfaites ; - états limites ultimes, associés à un effondrement ou à d'autres formes similaires de défaillance structurale.	
sécurité structurale	Capacité d'un système , soumis à des actions supposées, à garantir une résistance aux états-limites ultimes (AFNOR, 2003 ; Romang, 2008).	
structure	Assemblage de pièces conçu pour supporter des charges et assurer un degré suffisant de rigidité (AFNOR, 2003).	Par exemples, structures poids, autostable, voûte, de type charpente métallique ou bois.

V. SUIVI ET MAINTENANCE

Terme	Définition	Remarques
amélioration	Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management, destinées à améliorer la fiabilité et/ou la maintenabilité et/ou la sécurité intrinsèques d'un bien , sans changer la fonction d'origine (AFNOR, 2018).	
conformité	Respect d'une exigence (AFNOR, 2018).	
contrôle	Opération de surveillance (maintenance préventive) qui consiste à vérifier la conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement (Zwingelstein, 1996).	Par exemple, contrôle de la résistance du béton à la compression.
défaut	Résulte d'une tâche manifestement mal exécutée ou de spécifications non respectées. C'est une imperfection, visible ou invisible, ponctuelle ou systématique, affectant une partie d' ouvrage . Il est généralement sans conséquence mais peut aussi participer à un désordre , le provoquer ou l'aggraver (CETU, 2015). <i>Synonyme</i> : malfaçon	Par exemple, un coup de sabre sur un ouvrage en maçonnerie.
désordre	Tout problème affectant un élément ou une partie d' ouvrage , se manifestant progressivement ou brutalement et qui dénote une évolution : c'est un symptôme. Il se distingue du défaut , qui est une imperfection ponctuelle ou systématique, le plus souvent acquise lors de sa construction (CETU 2015). <i>Synonyme</i> : avarie (employé plus particulièrement par la SNCF)	Les causes des désordres sont multiples. Outre l'évolution défavorable des défauts ou malfaçons, les principaux pourvoyeurs de désordres sont l'altération des matériaux et des structures, le comportement du terrain encaissant et l'action de l'eau (CETU, 2015).
diagnostic	Processus de surveillance (maintenance préventive ou corrective) pour recherche des causes et des conséquences d'un aléa . La première phase, explicative, consiste à localiser la défaillance et à en rechercher les causes. Dans une deuxième phase, plus prospective, le diagnostic consiste à analyser les conséquences que la défaillance a sur le système global dans le but, par exemple, d'éviter les déclenchements d'alarme en cascade ou de déterminer l'état réel dans lequel se trouve le système .	
entretien courant	Opérations qui correspondent à l'ensemble des activités de maintenance préventive simples, régulières ou répétées (AFNOR, 2018).	
essai de conformité	Essai destiné à montrer si une caractéristique ou une propriété d'un bien est, ou non, conforme aux exigences stipulées (AFNOR, 2018).	

essai de fonctionnement	Actions menées après une action de maintenance pour vérifier que le bien est en mesure d'accomplir la fonction requise (AFNOR, 2018).	
inspection	Examen de conformité réalisé en mesurant, en observant ou en testant les caractéristiques significatives d'un système (AFNOR, 2018). Cette activité s'exerce dans le cadre d'une mission définie et ne se limite pas obligatoirement à la comparaison avec des données préétablies (Zwingelstein, 1996).	Par exemples, examens visuels ou recourant à des moyens non destructifs utilisé pour évaluer l'état des ouvrages .
logistique de maintenance	Fourniture de ressources, services et moyens de gestion nécessaires à l'exécution de la maintenance, ce qui peut inclure le personnel, les équipements d'essai, etc. (AFNOR, 2018).	
maintenabilité	Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un système à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits (AFNOR, 2018) et relativement à une durée de fonctionnement donnée (Magne et Vasseur, 2006).	
maintenance	Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un système , destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Les actions de maintenance technique incluent l'observation et les analyses de l'état du bien (par exemple, inspection , surveillance , essai, diagnostic , pronostic, etc.) et des tâches de maintenance active (par exemple, réparation , remise en état) (AFNOR, 2018).	
maintenance conditionnelle	Maintenance préventive qui inclut l'évaluation des conditions physiques, l'analyse et les éventuelles actions de maintenance qui en découlent. L'évaluation des conditions peut être effectuée par observation réalisée par l'opérateur et/ou inspection et/ou essais et/ou surveillance de l'état des paramètres, etc. et menée selon un programme, sur demande ou en continu (AFNOR, 2018).	
maintenance corrective	Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un système dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise (AFNOR, 2018).	
maintenance corrective différée	Maintenance corrective qui n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne , mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données (AFNOR, 2018). Le terme de maintenance curative, conduisant à une intervention de réparation , peut aussi être utilisé.	

maintenance corrective d'urgence	Maintenance corrective qui est exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables (AFNOR, 2018). Le terme de maintenance palliative, conduisant à une intervention de dépannage, peut aussi être utilisé.	
maintenance préventive	Maintenance destinée à évaluer et/ou atténuer la dégradation et réduire la probabilité de défaillance d'un système (AFNOR, 2018).	
maintenance prévisionnelle	Maintenance conditionnelle exécutée suite à une prévision obtenue grâce à une analyse répétée ou à des caractéristiques connues et à une évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du système (AFNOR, 2018).	
maintenance programmée	Maintenance exécutée selon un planning préétabli ou selon un nombre défini d'unités d'usage. Une maintenance corrective différée peut également être programmée (AFNOR, 2018).	
maintenance systématique	Maintenance préventive exécutée à intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du système . Les intervalles de temps ou le nombre d'unités d'usage peuvent être établis d'après la connaissance des mécanismes de défaillance du système (AFNOR, 2018).	
modernisation	Modification ou amélioration apportée au système en tenant compte des avancées technologiques, pour satisfaire à de nouvelles exigences ou à des changements des exigences (AFNOR, 2018).	
modification	Ensemble des mesures techniques, administratives et de management, destinées à changer une ou plusieurs fonctions d'un système (AFNOR, 2018).	
panne	Etat d'un système inapte à accomplir une fonction requise, excluant l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou à un manque de ressources externes. Une panne est un état qui résulte habituellement d'une défaillance , qui est un événement (AFNOR, 2018).	
pathologie	Synthèse de tous les désordres reconnus, des facteurs qui les déclenchent ou les entretiennent et de l'évolution probable de la situation.	
reconstruction	Action suivant le démontage d'un système et la réparation ou le remplacement des parties qui approchent de la fin de leur durée de vie utile et/ou qu'il convient de remplacer régulièrement afin de lui donner une vie utile étendue (AFNOR, 2018).	

rénovation	Inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensembles défaillant, en conservant les pièces bonnes. La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision .	
réparation	Action physique exécutée pour rétablir la fonction requise d'un système en panne (AFNOR, 2018).	
révision	Ensemble complet d'actions de maintenance préventive réalisées afin de maintenir le niveau requis de performance d'un système (AFNOR, 2018).	La révision fait partie des interventions de maintenance potentielle et ne doit pas être confondue avec les opérations de surveillance .
surveillance (<i>en fonctionnement</i>)	Activité, exécutée soit manuellement, soit automatiquement, destinée à mesurer à intervalles prédéterminés les caractéristiques et les paramètres de l'état physique réel d'un bien . La surveillance en fonctionnement se distingue de l' inspection en ce qu'elle est utilisée pour évaluer l'évolution des paramètres du bien avec le temps (AFNOR, 2018). Elle s'appuie pour cela sur les inspections , les visites et les contrôles .	Par exemples, surveillance des phénomènes dans un bassin versant (entité), ou des dispositifs et ouvrages qui s'appuie sur l'inspection, la visite et le contrôle.
usure	Phénomène physique qui entraîne une perte, une déformation ou un changement de la matière (AFNOR, 2018).	
vieillessement	Phénomène physique qui entraîne une modification des caractéristiques physiques et/ou chimiques de la matière (AFNOR, 2018).	Par exemple, vieillissement du béton, du bois, etc. En montagne, les conditions climatiques favorisent une accélération du vieillissement et nécessitent alors des précautions particulières en choix de matériaux et lors de leur mise en œuvre.
visite	Opération de surveillance systématique qui s'opère selon une périodicité déterminée. Elle consiste en un examen détaillé et prédéterminé de tout 'visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du système . Elle peut impliquer des opérations de maintenance par réglages simples ou des actions de maintenance corrective.	

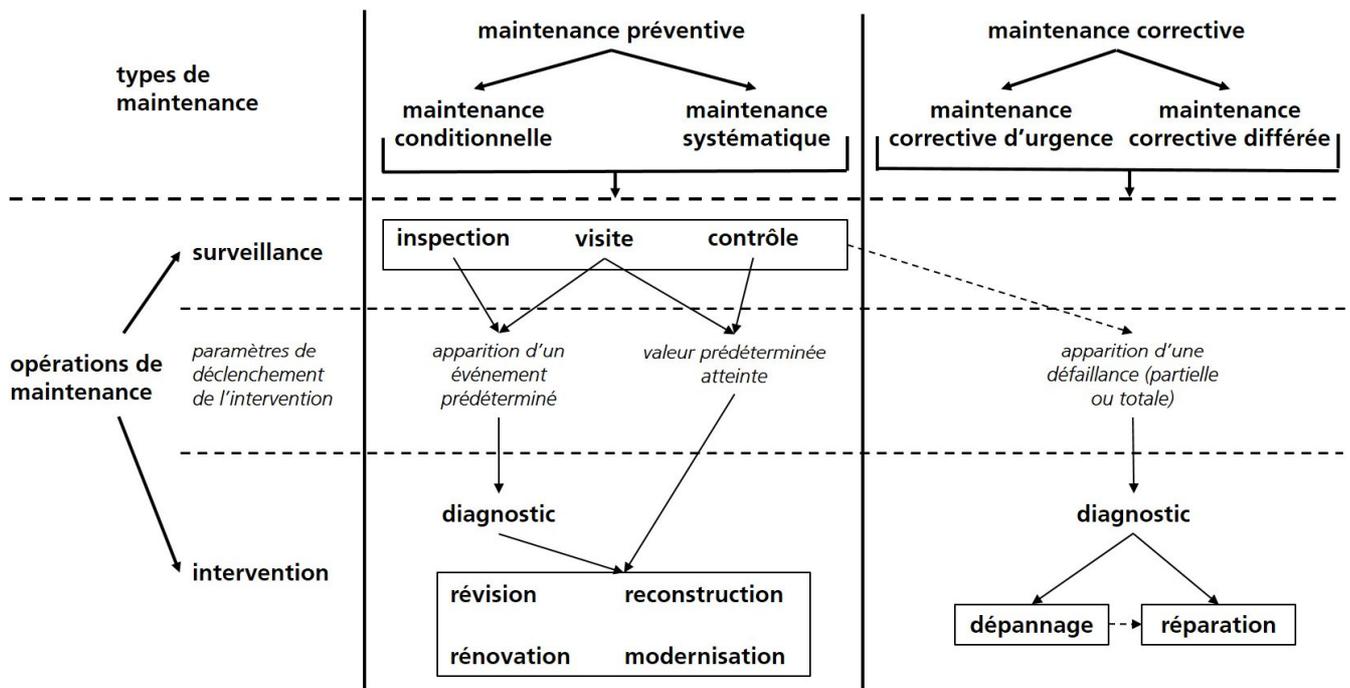


Figure 5 – Types et opérations de maintenance (adapté de <http://tpmattitude.fr/methodes.html>)

VI. AIDE A LA DECISION

Terme	Définition	Remarques
actualisation	Opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps : il s'agit de ramener la valeur future d'un bien , d'une dépense à une valeur actuelle (France Stratégie).	Selon les recommandations de France Stratégie, dans le cadre de l' analyse coût-bénéfice des projets de gestion des risques naturels, le taux d'actualisation s'élève à 2,5 % jusqu'en 2070, puis il diminue à 1,5 % (Rouchon et al., 2018).
aide multicritère à la décision (AMC)	<p>Ce terme correspond à la fois à un processus général à des méthodes.</p> <p>Le processus d'aide à la décision multicritères s'appuie sur (i) la description du contexte de décision, (ii) la formulation de la problématique de décision (choix, tri, classement), (iii) la modélisation et l'utilisation de méthodes adaptées et (iv) la recommandation finale (Tsoukiàs, 2006).</p> <p>Les méthodes AMC s'appuient sur (i) la formalisation du problème de décision en définissant l'ensemble des alternatives potentielle, les critères de décision, la structure de préférences de l'évaluation des alternatives pour chaque critère, l'importance des différents critères les uns par rapport aux autres, (ii) l'évaluation de chaque alternative selon chaque critère et (iii) une phase d'agrégation des évaluations pour comparer les différentes alternatives (entre elles pour le choix et le classement, avec les seuils de chaque classe pour le tri).</p>	On différencie les différentes méthodes AMC selon le type d'agrégation : méthodes d'agrégation totale dont l'AHP (Saaty, 1980) et TOPSIS (Lai et al., 1994), méthodes d'agrégation partielle ou par surclassement comme l'ensemble des méthodes Electre (Roy, 1985) ou Prométhée (Brans et al., 1984), et méthodes interactives qui restent peu appliquées.
alternative	Aussi appelée « solution », « action » ou « décision », plusieurs alternatives sont potentielles, possibles, envisageables ou candidates pour un problème de décision donné qui a pour objet d'aider à les comparer pour décider parmi elles (Schärlig, 1985).	
analyse coût-bénéfice (ACB)	Méthode d'évaluation économique qui compare les coûts et bénéfices, évalués en valeur monétaire, pour évaluer leur rentabilité économique grâce à un indicateur final qui est la valeur actuelle nette (VAN) ou le ratio coût/bénéfice.	
analyse du cycle de vie (ACV)	Procédure d'évaluation normalisée (ISO 14040, ISO 14044) qui permet de réaliser le bilan environnemental d'un système sur l'ensemble de son cycle de vie .	Les résultats de l'analyse du cycle de vie peuvent être un des critères de décision retenus par le décideur.
choix	Problématique de décision qui consiste à choisir une et une seule alternative parmi un ensemble d'alternatives données initialement (Roy, 1985).	Par exemple, le problème est de dire quelle est la meilleure solution de protection (alternative) à mettre en œuvre dans le bassin versant.

classement	Problématique de décision qui consiste à ordonner, classer dans un ordre de préférence l'ensemble des alternatives données initialement (Roy, 1985).	Par exemple, le problème est de classer les différentes solutions de conception (alternatives) d'un dispositif de protection.
coûts d'entretien	Ensemble des dépenses qui sont à la charge du gestionnaire du système de protection et/ou des utilisateurs au cours de son fonctionnement. Ce sont des coûts qui vont s'échelonner dans le temps (Rouchon et al., 2018).	Cela comprend : - les coûts de maintenance (entretien courant , maintenance préventive , maintenance curative, gros entretien et renouvellement des équipements) ; - les coûts d'exploitation (curage des plages de dépôts, etc.) ; - le coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement.
coûts d'investissement	Ensemble des dépenses engagées par le maître d'ouvrage public, depuis l'origine du projet jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement (Rouchon et al., 2018).	Cela comprend : - les coûts du foncier (acquisition, indemnisation, démolition, dépollution, viabilisation) ; - les coûts d'études, et les coûts d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage (AMO, Moe, contrôles , etc.) ; - les coûts des travaux et les coûts d'équipement.
coût de cycle de vie	Somme des coûts engendrés pendant le cycle de vie du bien (AFNOR, 2018).	
coûts de réparation	Ensemble des dépenses liées à des réparations de dommages sur le système de protection suite à la survenue d'un événement (Rouchon et al., 2018).	
critère	Catégorie homogène de points de vue permettant d'analyser les conséquences attendues pour chaque alternative de décision (Schärlig, 1985).	La définition des critères est propre à chaque problème avec par exemples, pour la construction d'un ouvrage : le coût de construction, le coût d'entretien, la réduction du risque , la sécurité des ouvriers, l'impact environnemental, etc.
cycle de vie	Phases successives par lesquelles passe un système , de sa conception à sa mise au rebut (AFNOR, 2018)	
décision	Consiste à discriminer plusieurs alternatives , selon trois types de problématiques de décisions : choix , tri , classement (Roy, 1985).	
horizon temporel	Durée pour laquelle il est raisonnable de considérer l'impact du projet.	Dans le cadre des projets de protection contre les inondations, il est demandé de réaliser l'analyse sur un horizon temporel de 50 ans car la valeur résiduelle du projet au-delà de 50 ans est jugée négligeable (Rouchon et al., 2018).

importance (d'un critère)	Dans le domaine de l'aide à la décision, poids subjectif d'un critère relativement aux autres dans la prise de décision (Schärlig, 1985). Le niveau d'importance de chaque critère est propre à chaque décideur.	Par exemple, le critère de l'impact environnemental sur la population piscicole peut être considéré comme plus important que le critère de réduction du risque humain que permet la réalisation d'un ouvrage .
indicateur	Information ou donnée formalisée de manière à rendre son utilisation répétable et reproductible (Curt, 2008).	Par exemple, le niveau de corrosion d'une barre en acier est un indicateur.
intelligence artificielle	Initiée par McCarthy (1960), aide à la représentation du raisonnement humain, souvent mené sous forme logique et verbale, pour un problème et un contexte donnés (Simon, 1969).	
préférence	Relation de pré-ordre propre à chaque décideur, ou groupe de décision, qui permet de comparer deux alternatives (ou deux critères) entre elles (resp. entre eux) (Schärlig, 1985).	Si je dois comparer trois solutions de protection (A_1 = plage de dépôt, A_2 = digues et A_3 = rien faire) entre elles, le fait de dire « je préfère A_2 à A_3 que je préfère à A_1 » constitue une relation de préférence.
solution	Cf définition de « alternative »	
stratégie	Plan pour atteindre un objectif à long terme ou global (AFNOR, 2015).	
système à base de règles	Systèmes experts, ou systèmes à base de connaissances, nés dans les années 70/80 dans la continuité du développement de l' intelligence artificielle , dans lesquels l'explicitation des connaissances et du raisonnement est tracée par des règles de type « Si-Alors » (Shortliffe et al., 1973).	Ce type de système sous-tend les méthodes de visites et diagnostic de digues développées par Irstea.
tri	Problématique de décision qui consiste à affecter chaque alternative à une classe (ou catégorie) préalablement définie (Roy, 1985).	Par exemple, le problème est de dire si le dispositif (alternative) est d'une efficacité « nulle, faible, moyenne forte » (classes).

VII. INFORMATION ET IMPERFECTION

Terme	Définition	Remarques
analyse d'incertitude	Analyse de la variation possible sur la connaissance de l'ensemble des paramètres ou critères sur la variation du résultat final.	Elle peut s'appliquer à tous les types de modèles (physique, empirique, d'aide à la décision, etc.).
analyse de sensibilité	Analyse de l'influence de la variation possible sur la connaissance de chaque paramètre ou chaque critère sur le résultat final.	Elle peut s'appliquer à tous les types de modèles (physique, empirique, d'aide à la décision, etc.).
données	Éléments factuels concernant le système (AFNOR, 2015).	
imprécision	Type d'imperfection de l' information représenté par un ensemble de valeurs parmi lequel se trouve la vraie information (Motro et Smets, 1997). La représentation peut se faire sous forme d'intervalles de valeurs quantitatives ou par une évaluation qualitative selon le langage naturel pour le vague (ou le flou) de la connaissance (Zadeh, 1965).	Par exemple, « la résistance à la compression du béton qui compose l'ouvrage est comprise entre 25 et 35 MPa » : intervalle de valeurs quantitatives qui représente l'imprécision Ou, « cette résistance est moyenne » : évaluation qualitative qui représente l'imprécision.
incertitude	Type d'imperfection de l' information représenté par le degré de confiance attribué au fait que l'information donnée soit la vraie information (Motro et Smets, 1997). On distingue : - incertitude aléatoire : irréductible, elle résulte d'un comportement aléatoire de l'objet sur lequel l'information est portée ; la probabilité objective qui la représente est établie selon des données ou des expériences répétées ; - incertitude épistémique : réductible, elle résulte d'un manque de connaissances défini par une ignorance partielle ou totale. Elle peut correspondre à une connaissance incomplète de la physique des phénomènes (Woo, 1999), ou à un manque de fiabilité d'une source qui peut commettre des erreurs (Tacnet, 2009).	Par exemple, les caractéristiques de résistance des matériaux comme le ferrailage font l'objet d'expériences répétées en laboratoire. Les coefficients de sécurité sur les ferrailages des Eurocodes représentent l'incertitude aléatoire sur leur connaissance. Par exemple, pour un ouvrage en béton, sans aucune information sur sa conception et sa construction, le technicien ne peut caractériser le béton que par : « je crois que la résistance à la compression du béton est de 30 MPa » : cette information est incertaine. La réalisation d'un prélèvement destructif d'une carotte de béton dans l'ouvrage fournira, après essai, une information qui permettra de réduire cette incertitude : elle est donc de nature épistémique.
incomplétude	Mesure du manque d' information apporté par une source (Martin, 2005), ce qui correspond ainsi à une information partielle ou absente.	Par exemple, lors d'une visite d'un ouvrage , aucune information n'est fournie sur son niveau d'affouillement. La cause peut être une mauvaise compréhension de l'échelle d'évaluation ou une évaluation impossible (pas d'accès, trop d'eau, etc.).

inconsistance	Type d'imperfection de l' information lorsque cette dernière est représentée plusieurs fois sans que ces représentations ne soient conciliables (Motro et Smets, 1997). L'inconsistance est donc issue d'informations contradictoires, généralement fournies par des sources conflictuelles.	Par exemple, un expert spécifie que le volume de la lave torrentielle qui vient de se produire est compris entre 80 000 et 120 000 m ³ , alors que les levés lidar amènent à estimer ce volume entre 40 000 et 60 000 m ³ .
information	Données porteuses de sens (AFNOR, 2015).	

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR, 2003. NF EN 1990 – Bases de calcul des structures.

AFNOR, 2013. NF EN 16271 – Management par la valeur - Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel - Exigences pour l'expression et la validation du besoin à satisfaire dans le processus d'acquisition ou d'obtention d'un produit.

AFNOR, 2015. NF EN ISO 9000 – Systèmes de management de la qualité - Principes essentiels et vocabulaire.

AFNOR, 2018. NF EN 13306 – Maintenance - Terminologie de la maintenance.

Birnbaum, Z. W., 1968. *On the importance of different components in a multicomponent system*. Laboratory of Statistical Research, Department of Mathematics, Seattle.

Brans, J. P., Mareschal, B., Vincke, P., 1984. *Prométhée: A new family of outranking methods in multicriteria analysis*. In: 84th IFORS Conference.

Carladous, S., 2017. *Approche intégrée d'aide à la décision basée sur la propagation de l'imperfection de l'information – application à l'efficacité des mesures de protection torrentielle*. Thèse de doctorat, ENSMSE.

CETU, 2015. *Guide l'inspection du génie civil des tunnels routiers. Livre 1 : du désordre à l'analyse, de l'analyse à la cotation*. Guide Tech., Centre d'Etudes des Tunnels.

Chambon, G., Laigle, D., 2013. *Les laves torrentielles*. In: Recking, A., Richard, D., Degoutte, G. (Eds.), *Torrents et rivières de montagne: Dynamique et aménagement*. Quae, Paris, 200-266

Chateauneuf, A., Cohen, M., Jaffray, J.-Y., 2006. *Décision dans l'incertain : les modèles classiques*. In: Bouyssou, D., Dubois, D., Pirlot, M., Prade, H. (Eds.), *Concepts et méthodes pour l'aide à la décision (Vol. 2) : risque et incertain*. Hermes – Lavoisier.

Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.-P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M. G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervàs, J., Smith, J. T., 2013. *Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk*. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 73, 209-263

Cruden, D., Fell, R., 1997. *Quantitative risk assessment for slopes and landslides—the state of the art*. *Landslide Risk Assessment*, 3-12

Curt, C., 2008. *Evaluation de la performance des barrages en service basée sur une formalisation et une agrégation des connaissances – Application aux barrages en remblai*. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal.

Eckert, N., Keylock, C. J., Bertrand, D., Parent, E., Faug, T., Favier, P., Naaim, M., 2012. *Quantitative risk and optimal design approaches in the snow avalanche field: {Review} and extensions*. *Cold Regions Science and Technology*, 79-80, 1-19

Fell, R., Ho, K. K. S., Lacasse, S. Leroi, E., 1997. *A framework for landslide risk assessment and management*. *Landslide Risk Assessment*, 163-202

Kaplan, S., Garrick, B. J., 1981. *On the quantitative definition of risk*. In: *Risk Analysis* 1.1.

- Lai, Y.J., Liu, T.Y., Hwang, C.L., 1994. *TOPSIS for MODM*. European Journal of Operational Research 76 (3), 486-500
- Lair, J., 2000. *Evaluation de la durabilité des systèmes constructifs du bâtiment*. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal.
- Leone, F., Meschinot de Richemond, N., Vinet, F., 2010. *Aléas naturels et gestion des risques*. Presses universitaires de France.
- Magne, L., Vasseur, D., 2006. *Risques industriels: complexité, incertitude et décision - une approche interdisciplinaire*. Lavoisier.
- Martin, A., 2005. *Cours sur la fusion d'informations*. Rapp. Tech., ENSIETA.
- Martin, R., 2012. *Diagnostic et maintenance des filets de protection contre les avalanches*. Rapp. Tech., ONF/DFRN/DTRTM.
- MATETL (1999). *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), Guide général*.
- McCarthy, J., 1960. *Programs with Common Sense*. In: RLE and MIT Computation Center Conference.
- Motro, A., Smets, P., 1997. *Uncertainty Management in Information Systems - From Needs to Solutions*. Springer Science & Business Media.
- MTES, 2018. *Guide méthodologique - Plan de prévention des risques naturels - Guide « cours d'eaux torrentiels »*.
- November, V., 2002. *Les territoires du Risque. Le risque comme objet de réflexion géographique*. In: Callens, S., Développement durable et territoires.
- Pagetti, C., 2012. *Module de sûreté de fonctionnement*. Rapp. Tech., ENSEEIHT.
- Renn, O., Graham, P., 2006. *Risk Governance: Towards an integrative approach*. Rapp. Tech., International Risk Governance Council (iRGC).
- Romang, H., 2008. *Efficacité des mesures de protection*. Rapp. Tech., PLANAT.
- Rouchon, D., Christin, N., Peinturier, C., Nicklaus, D., 2018. *Analyse multicritère des projets de prévention des inondations. Guide méthodologique 2018*. Rapp. Tech., CGDD.
- Roy, B., 1985. *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*. Economica Collection Gestion.
- Saaty, T. L. , 1980. *Multicriteria Decision Making - The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*.
- Schärlig, A., 1985. *Décider sur plusieurs critères. Panorama de l'aide à la décision multicritère*. Diriger l'entreprise, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Shortliffe, E. H., Axline, S. G., Buchanan, B. G., Merigan, T. C., Cohen, S. N., 1973. *An Artificial Intelligence Program to Advise Physicians Regarding Antimicrobial Therapy*. Computers and Biomedical Research 6, 544-560
- Simon, H. A., 1969. *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press.
- Tacnet, J.-M., 2009. *Prise en compte de l'incertitude dans l'expertise des risques naturels en montagne par analyse multicritères et fusion d'information*. Thèse de doctorat, ENSMSE.

- Tacnet, J.-M., Curt, C., 2013. *Dispositifs de protection contre les risques torrentiels. Indicateurs d'analyse de l'efficacité des ouvrages*. Rapp. Tech., Irstea.
- Tacnet, J.-M., Curt, C., Richard, D., Rey, B., 2011. *Efficacité des ouvrages de correction torrentielle: indicateurs basés sur la sûreté de fonctionnement*. Annales du Bâtiment et des Travaux Publics 4 (5), 78-86
- Thiéry, Y., 2007. *Susceptibilité du Bassin de Barcelonnette (Alpes du Sud, France) aux 'mouvements de versant': cartographie morphodynamique, analyse spatiale et modélisation probabiliste*. Thèse de doctorat, Université de Caen.
- Thouret, J.-C., d'Ercole, R., 1965. *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales*. Cahiers des sciences humaines 32 (2), 407-422
- Tsoukiàs, A., 2006. *De la théorie de la décision à l'aide à la décision*. In: Bouyssou, D., Dubois, D., Pirlot, M., Prade, H. (Eds.), Concepts et méthodes pour l'aide à la décision (Vol. 1) : outils de modélisation. Hermes - Lavoisier, Paris, 25-70
- Woo, G., 1999. *The mathematics of natural catastrophes*. édition 2000, Imperial College Press.
- Zadeh, L. A., 1965. *Fuzzy sets*. Information and control 8 (3), 338-353
- Zwingelstein, G., 1996. *La maintenance basée sur la fiabilité, guide pratique d'application de la RCM*. Hermès.

ONF / Direction Forêt et Risques Naturels

Département Risques Naturels

Pôle RTM

9 Quai Créqui - CS 20028

38026 GRENOBLE cedex 1

Champ de certification «cœur de métier» : iso 9001 et 14001



www.onf.fr