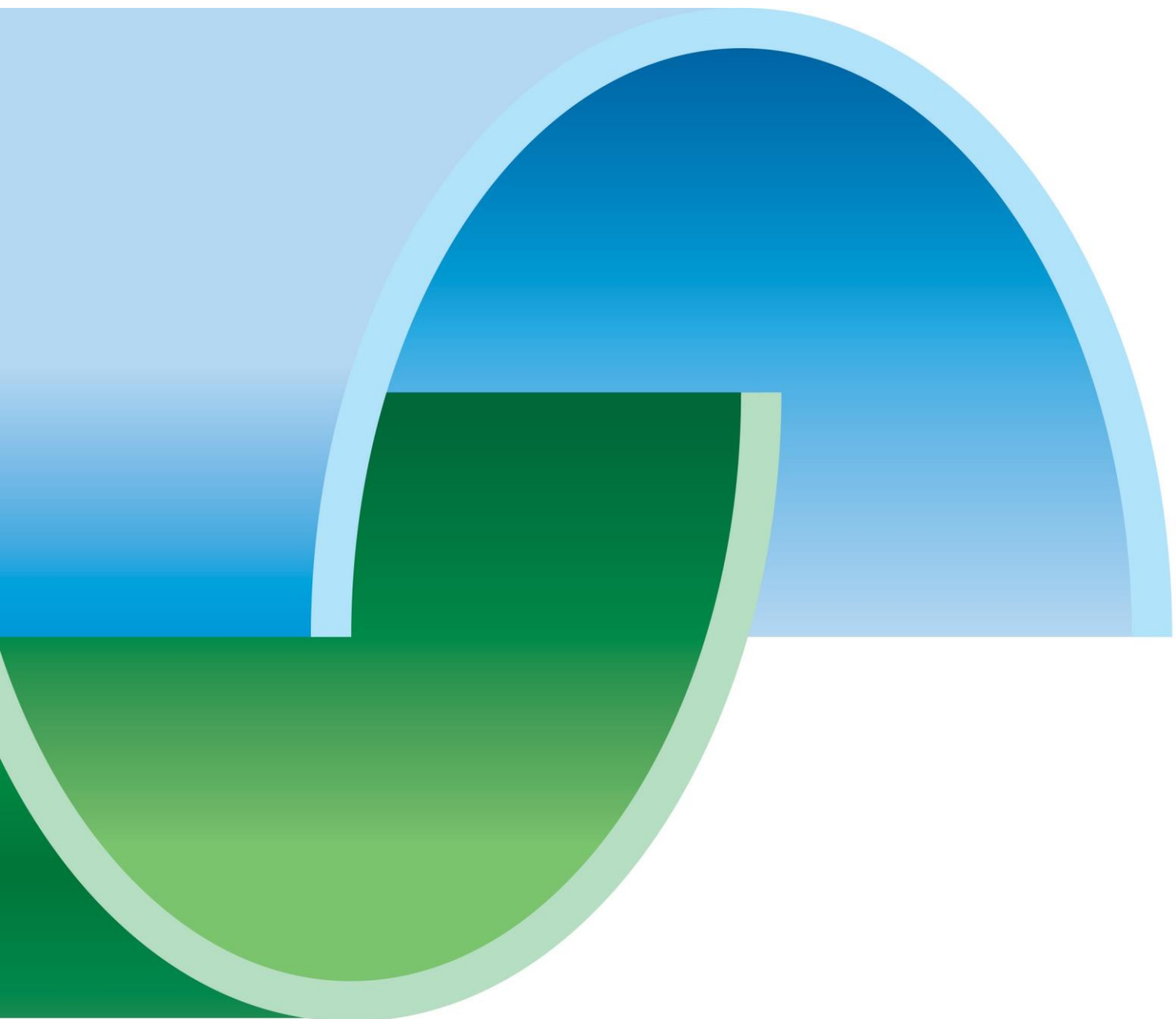




Fascicule préliminaire

Guide d'utilisation des normes de dimensionnement dans la conception des ouvrages avec géosynthétiques : géotextiles et produits apparentés

ÉDITION DE AVRIL 2021

Fascicule préliminaire

Guide d'utilisation des normes de dimensionnement dans la conception des ouvrages avec géosynthétiques : géotextiles et produits apparentés

ÉDITION DE AVRIL 2021

1.	Objectifs et destinataires du guide.....	5
2.	Rappels de terminologie et contexte réglementaire.....	7
2.1.	Rappels de terminologie sur les géosynthétiques	7
2.2.	Les Eurocodes (EC)	7
2.3.	Le code des marchés publics.....	7
2.4.	Application aux géosynthétiques	8
3.	Les choix fondamentaux de la Maîtrise d'Ouvrage	12
3.1.	Classes de conséquences	12
3.2.	Catégories géotechniques.....	13
3.3.	Situations de projet.....	14
3.4.	Durée d'utilisation de projet	14
4.	Paramètres fondamentaux du dimensionnement	15
4.1.	Etats-limites.....	15
4.1.1.	Etats-limites ultimes (ELU)	15
4.1.2.	Etats-limites de service (ELS)	15
4.2.	Approches	15
4.3.	Combinaisons d'actions.....	16
4.4.	Facteurs partiels.....	16
5.	Choix et justification des produits	18
5.1.	Calculs à la rupture.....	18
5.1.1.	Géosynthétiques de renforcement.....	18
5.1.2.	Géosynthétiques intervenant dans les systèmes de drainage	20
5.2.	Calculs en déformation (géosynthétiques de renforcement)	21

Annexe 1 : Rappels de terminologie (cf. NF EN ISO 10318-1).....	22
Annexe 2 : Références normatives	25
Annexe 3 : Logigramme de conception d'un ouvrage géosynthétique	27

Liste des tableaux

Tableau 1 — Liste des ouvrages et applications traités par ce guide

Tableau 2 — Fonctions pertinentes par application recensées dans les normes européennes

Tableau 3 — Caractéristiques pertinentes par fonction et normes d'essais correspondantes

Tableau 4 — Classes de conséquences

Tableau 5 — Catégories géotechniques et bases des justifications en fonction des classes de conséquences et des conditions de site

Tableau 6 — Rappel des facteurs utilisés dans les normes de renforcement par géosynthétiques

Tableau 7 — Valeurs par défaut du facteur de réduction relatif au fluage

Tableau 8 — Valeurs par défaut du facteur de réduction relatif au vieillissement

Tableau 9 — Valeurs de pH indicatives

Tableau 10 — Valeurs par défaut du facteur de réduction relatif à l'endommagement de mise en œuvre



1. Objectifs et destinataires du guide

Les géosynthétiques sont des produits de construction utilisés dans les infrastructures routières ou ferroviaires, les installations de stockage de déchets (ISD), les ouvrages hydrauliques, les ouvrages de génie civil, en bâtiment et en dispositif de protection contre l'érosion. Ils ne se cantonnent donc pas à une niche de marché mais s'adressent en revanche à un très large éventail de concepteurs dans des domaines très variés. Les premières utilisations de géotextiles datent des années 1960 ; le dynamisme de la profession face à une demande croissante des constructeurs s'est traduit par la mise sur le marché d'une grande variété de produits de plus en plus techniques participant pleinement à la stabilité d'ouvrages parfois sensibles. Des normes de dimensionnement ont par conséquent été élaborées en conformité avec le cadre réglementaire européen pour définir les bonnes pratiques.

Ce guide s'adresse à ce large panel d'utilisateurs non spécialistes des géosynthétiques, peu familiers de la terminologie qui leur est associée, confrontés à l'occasion d'un projet à un grand choix de produits géosynthétiques, parfois très techniques, et à un corpus normatif spécifique dont ils ne connaissent pas toujours l'existence.

Ce guide ne traite que des géotextiles et produits apparentés aux géotextiles ; il ne couvre ni les géomembranes ni les géosynthétiques bentonitiques. Il est composé de plusieurs fascicules dont celui-ci, applicable à tous les types d'ouvrages, avec notamment des rappels de terminologie et sur le contexte réglementaire. Les autres fascicules, listés dans le tableau 1, spécifiques à chaque famille d'ouvrage, fourniront toutes les informations nécessaires à l'utilisateur pour comprendre le rôle des géosynthétiques dans l'ouvrage, l'importance des données requises pour le dimensionnement et le cas échéant les conséquences des choix qui incombent à l'utilisateur.

Ce document s'appuie en premier lieu sur les normes existantes ; en l'absence de norme on s'appuiera sur des recommandations françaises en vigueur (voir annexe 2 pour en avoir une liste exhaustive à la date de publication de ce document).

NOTE : Les applications renforcement de plate-forme et lutte contre l'érosion des talus non immergés ne font pas l'objet à la date de publication de ce guide de norme de dimensionnement et ne seront donc pas traitées dans les différents fascicules.

Fascicules		Type d'ouvrage ou partie d'ouvrage	Normes
Installations de stockage de déchets (ISD)		Fond et flancs de casier Couverture de casier – Dôme et talus	NF G38-061, NF G38-067, Guide du CFG « protection contre l'endommagement des géomembranes » (non publié à ce jour), XP G38-065, Guides « rehausse » (BRGM/RP-69455 de 2020), « couvertures » (BRGM/RP-69462 de 2020) et « équivalence » (BRGM/RP-69449 de 2019)
Infrastructures routières ou ferroviaires	Remblai sur sols médiocres	Consolidation (PVD) Base drainante Renforcement de base de remblai Remblais sur zones à risques d'effondrements	NF EN 15237 Annexe B NF G38-061, XP G38-065
	Remblai en sol renforcé	Talus renforcés Murs de soutènement et culées de pont	NF G38-064, NF P94-270
	Tranchées et masques drainants		NF G38-061
Ouvrages hydrauliques	Bassins et retenues	Bassins pour eaux de ruissellement Retenues d'altitude et digues	NF G38-061, NF G38-067, NF G38-064, Guide du CFG « protection contre l'endommagement des géomembranes » (non publié à ce jour)
Ouvrages de génie civil et bâtiment	Drainage génie civil et bâtiment	Drainage de culées de ponts et soutènements Drainage de toiture et fondation	NF G38-061
Rivières et canaux, ouvrages maritimes	Dispositifs de protection contre l'érosion	Berges de rivières et canaux	NF G38-061, Guide érosion, Rock manuel (CETMEF)

Tableau 1 — Liste des ouvrages et applications traités par ce guide



2. Rappels de terminologie et contexte réglementaire

2.1. Rappels de terminologie sur les géosynthétiques

La norme NF EN ISO 10318-1 - Termes et définitions, fournit en français, anglais et allemand la signification, éventuellement les abréviations et symboles, des termes usuels dans le domaine des géosynthétiques. Ils concernent les fonctions, familles et propriétés des produits avec notamment certains paramètres indispensables à la conception. L'annexe 1 reprend les termes les plus utiles pour la bonne compréhension de ce guide. Le lecteur pourra se reporter à la norme NF EN ISO 10318-1 en cours de validité pour disposer d'une information plus exhaustive et à jour.

2.2. Les Eurocodes (EC)

Les Eurocodes sont des normes européennes de conception, établies pour être compatibles et homogènes aux produits de la construction dont la libre circulation, dans l'espace économique européen, est garantie par leur marquage CE. Cette harmonisation des méthodes de calcul vise à faciliter aussi la libre circulation des prestations de service. L'emploi des Eurocodes présuppose la satisfaction des exigences essentielles de résistance mécanique, de stabilité des ouvrages et de sécurité d'utilisation. Depuis Avril 2010, l'application des Eurocodes s'impose devant les anciennes normes françaises.

Les Eurocodes sont au nombre de 10 ; ils couvrent les différents matériaux de construction, par exemple les structures en béton (EC2), structures en acier (EC3), structures en bois (EC5), et le calcul géotechnique (EC7).

Considérant l'action géotechnique comme une action transmise à la structure par le terrain, un remblai, une masse d'eau ou l'eau souterraine, les ouvrages utilisant des géosynthétiques relèvent de l'EC7 (NF EN 1997 et annexes). Leur conception doit également intégrer les principes développés dans la base de calcul des structures (EC0 – NF EN 1990 et annexes), et prendre en compte comme il se doit les actions sur les structures (EC1 – NF EN 1991 et annexes). Le cas échéant, on vérifiera la résistance de l'ouvrage aux séismes (EC8 – NF EN 1998 et annexes).

2.3. Le code des marchés publics

Le code des marchés publics d'Août 2006 a été rédigé en conformité à la directive 2004/18/CE du Parlement européen relative aux procédures de passation des marchés de travaux, de fournitures et de service. Contrairement aux règlements antérieurs (CCTG et DTU), les normes sont d'application volontaire. L'article 6 du code des marchés publics stipule que les spécifications techniques doivent être définies soit en référence à des normes ou à d'autres documents équivalents, soit en termes de performances ou d'exigences fonctionnelles. Si le marché fait référence à des normes, l'utilisation des normes nationales transposant des normes européennes doit être privilégié ce qui implique l'utilisation, en priorité, des normes françaises transposant les Eurocodes, dotées de leurs annexes nationales et des normes nationales d'accompagnement éventuelles.

2.4. Application aux géosynthétiques

Les applications des géosynthétiques sont recensées dans les normes européennes d'application. Celles-ci ont pour objectif de permettre aux fabricants de décrire les géosynthétiques sur la base de valeurs déclarées pour les caractéristiques concernant l'utilisation prévue ainsi que de définir les procédures pour l'évaluation de la conformité et pour le contrôle de la production en usine. Elles peuvent aussi être utilisées par les concepteurs ou les utilisateurs finaux ; elles permettent ainsi de définir les fonctions et les conditions d'utilisation qui sont appropriées. Le tableau 2 présente les fonctions reliées aux applications des géotextiles et produits apparentés et le tableau 3 les caractéristiques à prescrire pour chacune des fonctions.

Le dimensionnement du géotextile ou produit apparenté passe par la détermination d'une ou de plusieurs fonctions pertinentes pour une application donnée. Il s'appuiera au minimum sur les caractéristiques de la (ou des) fonction(s) choisie(s) (tableaux 2 et 3).

Norme	Application	Filtration	Séparation	Renforcement	Drainage	Protection
NF EN 13249	Routes et autres zones de circulation	x	x	x		
NF EN 13250	Voies ferrées	x	x	x		
NF EN 13251	Travaux de terrassement, les fondations et les structures de soutènement	x	x	x		
NF EN 13252	Systèmes de drainage	x	x		x	
NF EN 13253	Ouvrages de lutte contre l'érosion (protection côtière et revêtement de berge)	x	x	x		
NF EN 13254	Réservoirs et barrages	x	x	x		x
NF EN 13255	Canaux	x	x	x		x
NF EN 13256	Tunnels et structures souterraines					x
NF EN 13257	Ouvrages d'enfouissement des déchets solides	x	x	x		x
NF EN 13265	Projets de confinements liquides	x		x		x

Tableau 2 — Fonctions pertinentes par application recensée dans les normes européennes

Le tableau 3 fournit une liste exhaustive des normes d'essai relatives au dimensionnement des géosynthétiques. Les essais ci-après doivent être interprétés pour être utilisables sous forme de coefficients de réduction mentionnés dans les normes de dimensionnement :

- fluage en traction,
- fluage en compression,
- endommagement de mise en œuvre,
- vieillissement.

Ce tableau n'est pas exhaustif, les données nécessaires à un projet sont précisées dans chaque fascicule thématique.

Filtration	Séparation	Renforcement	Drainage	Protection	Caractéristique	Norme
A	A	A	A	A	Résistance à la traction	NF EN ISO 10319
A	A	A	A	A	Allongement sous charge maximale	NF EN ISO 10319
-	-	S	-	-	Raideur à 2 %, 5 % et 10 %	NF EN ISO 10319
-	-	-	S	-	Résistance à la compression	NF EN ISO 25619 2
S	S	S	S	S	Résistance à la traction des soudures et joints	NF EN ISO 10321
-	-	-	S	-	Résistance des liaisons de structures internes	NF EN ISO 13426 2
S/ A ⁽¹⁾	A	A	-	-	Poinçonnement statique (essai CBR)	NF EN ISO 12236
A	A	A	-	A	Résistance à la perforation dynamique (chute de cône)	NF EN ISO 13433
S	S	S	S	S	Caractéristiques en frottement (méthode du cisaillement direct)	NF EN ISO 12957 1 et 2
S	S	S	-	-	Abrasion ⁽²⁾	NF EN ISO 13427
-	-	S	-	-	Fluage en traction	NF EN ISO 13431
-	-	-	S	-	Fluage en compression	NF EN ISO 25619-1
S	S	S	S	S	Endommagement à la mise en œuvre	NF EN ISO 10722 ⁽⁵⁾
-	-	-	-	A ⁽³⁾ A/S ⁽⁴⁾	Caractéristiques de protection	NF EN 13719 NF EN 14574
A	A	-	-	-	Ouverture de filtration caractéristique	NF EN ISO 12956
A	A	S	-	-	Perméabilité perpendiculairement au plan	NF EN ISO 11058
-	-	-	A	-	Détermination de la capacité de débit dans le plan (mousse/mousse)	NF EN ISO 12958
-	-	-	S	-	Détermination de la capacité de débit dans le plan (rigide/mousse, ou rigide/rigide)	NF EN ISO 12958
A	A	A	A	A	Durabilité (suivant annexe B des normes d'application)	

Tableau 3 — Caractéristiques pertinentes par fonction et normes d'essais correspondantes

Pertinence :

A : s'applique à toutes les conditions d'utilisation.

S : s'applique à des conditions spécifiques d'utilisation.

" - " indique que les caractéristiques ne sont pas applicables à la fonction en question.

(1) uniquement pour l'application « systèmes de drainage » (NF EN 13252)

(2) uniquement pour l'application « voies ferrées » (NF EN 13250)

(3) sauf pour l'application « tunnels » (NF EN 13256),

(4) uniquement pour l'application « ouvrages d'enfouissement des déchets solides » (NF EN 13257)

(5) Cette norme n'est pas applicable en l'état, elle est en cours de révision. Il est recommandé de se reporter aux annexes des normes NF P94-270 et NF G38-064 qui précisent les conditions d'évaluation de l'endommagement des géosynthétiques par des planches d'essai in situ.

Exemple 1 : Géotextile de protection dans un réservoir

Application : réservoir

Fonction recherchée : protection

Réservoir → norme d'application NF EN 13254 (tableau 2)

Fonction protection (tableau 3) → caractéristiques de dimensionnement à prescrire dans tous les cas :

- résistance à la traction (NF EN ISO 10319),
- allongement sous charge maximale (NF EN ISO 10319),
- résistance à la perforation dynamique (chute de cône) (NF EN ISO 13433),
- caractéristiques de protection (mesurées suivant les normes NF EN 13719 et NF EN 14574),
- caractéristiques de durabilité telles que définies dans l'annexe B de la norme NF EN 13254.

Si le géotextile est impliqué dans la stabilité de l'ouvrage par son frottement sur le sol ou sur d'autres géosynthétiques et si le frottement sol-géotextile ne peut pas être évalué sur la base de données existantes :

- caractéristiques en frottement (méthode du cisaillement direct) (NF EN ISO 12957 1 et 2) sur le sol du projet.

Si l'endommagement à la mise en œuvre ne peut pas être évalué sur la base de données existantes :

- endommagement à la mise en œuvre (NF EN ISO 10722).

Exemple 2 : Géosynthétique de renforcement d'un massif renforcé

Application : structure de soutènement

Fonction recherchée : renforcement

Massif renforcé → structure de soutènement → norme d'application NF EN 13251 (tableau 2) Travaux de terrassement, les fondations et les structures de soutènement

Fonction renforcement (tableau 3) → caractéristiques de dimensionnement à prescrire dans tous les cas°:

- résistance à la traction (NF EN ISO 10319),
- allongement sous charge maximale (NF EN ISO 10319),
- poinçonnement statique (essai CBR) (NF EN ISO 12236) (non applicable aux géogrilles),
- résistance à la perforation dynamique (chute de cône) (NF EN ISO 13433) (non applicable aux géogrilles),
- caractéristiques de durabilité telles que définies dans l'annexe B de la norme NF EN 13254.

Si l'ouvrage est jugé critique vis-à-vis de ses déformations :

- raideur à 2 %, 5 % et 10 % (NF EN ISO 10319).

Si le frottement sol-géosynthétique ne peut pas être évalué sur la base de données existantes :

- caractéristiques en frottement (méthode du cisaillement direct) (NF EN ISO 12957 1 et 2) sur le sol du projet.

Si le géosynthétique est soumis à une traction maintenue dans le temps :

- fluage en traction (NF EN ISO 13431)

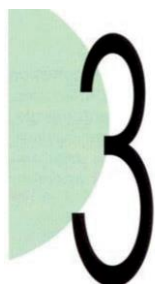
Si l'endommagement à la mise en œuvre ne peut pas être évalué sur la base de données existantes :

- endommagement à la mise en œuvre (NF P94-270 et NF G38-064).

Si l'ouvrage et le géotextile sont amenés à subir des écoulements hydrauliques :

- perméabilité perpendiculairement au plan (NF EN ISO 11058).

Toutes les applications des géosynthétiques n'entrent cependant pas, ou pas encore, dans un processus de conception justifié par le calcul ; elles ne sont donc pas couvertes par une norme de dimensionnement. Certaines d'entre elles font l'objet de recommandations émises par le CFG.



3. Les choix fondamentaux de la Maîtrise d'Ouvrage

On distinguera ici le projet dans sa globalité et la partie d'ouvrage dont le fonctionnement est assuré par le géosynthétique que l'on nommera dans la suite de ce document « ouvrage géosynthétique ». On peut citer par exemple, un système de drainage en couverture d'une installation de stockage de déchets, un filtre dans un noyau de barrage, un renforcement d'un remblai sur inclusions rigides... Chaque ouvrage géosynthétique sera abordé selon le logigramme présenté en annexe 3 ; il fera notamment l'objet d'une évaluation du risque pour déterminer sa classe de conséquences pour chaque fonction principale remplie par le géosynthétique. On peut citer par exemple un géocomposite de drainage assurant en plus la protection d'étanchéité : le concepteur doit évaluer successivement les conséquences d'une défaillance du drainage et de la protection.

3.1. Classes de conséquences

L'approche Eurocodes développée dans la norme NF EN 1990 – Annexe B prévoit une analyse préalable des risques en fonction des aléas potentiels et de la fiabilité recherchée compte-tenu des conséquences d'une ruine éventuelle de la structure. Ces conséquences doivent être examinées par la maîtrise d'ouvrage en termes humains, socio-économiques et d'impact environnemental. Trois classes de conséquences sont ainsi définies dans le tableau 4.

	Conséquences en termes sociaux, économiques ou d'environnement...	
Classe de conséquences	...sur les personnes	...sur les ouvrages à construire ou les constructions avoisinantes
CC1 (conséquences faibles)	faibles ou négligeables	faibles ou négligeables
CC2 (conséquences moyennes)	modérées	importantes
CC3 (conséquences élevées)	importantes	très importantes

Tableau 4 — Classes de conséquences

Cette approche est reprise dans les exigences en matière de contrôle de la qualité des matériaux géosynthétiques dans la norme NF G38-060, car de ce choix de classe de conséquences doivent dépendre les niveaux de supervision et de contrôle du projet. On augmentera ainsi la fréquence des contrôles pour des ouvrages géosynthétiques à risques plus élevés ; une analyse rigoureuse des risques par la maîtrise d'ouvrage permettra de ne pas accroître inutilement le coût du projet.

3.2. Catégories géotechniques

La catégorie géotechnique de l'ouvrage géosynthétique s'inscrit dans le prolongement des classes de conséquences définies précédemment ; elle doit être définie par le maître d'ouvrage ou son représentant avant le début des études de projet, et le cas échéant, précisée au fur et à mesure de l'avancement des études. Elle dépend de la complexité géotechnique du site et des conséquences des défaillances du géosynthétique sur l'ouvrage qu'il constitue (NF EN 1997-1/NA) ou ses avoisinants. Le tableau 5 définit trois catégories géotechniques et leurs conséquences sur le niveau de précision de l'étude du projet.

Classe de conséquences	Conditions de site	Catégorie géotechnique	Bases des justifications
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
CC1	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple ou complexes		
CC3	Importantes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis

Tableau 5 — Catégories géotechniques et bases des justifications en fonction des classes de conséquences et des conditions de site

Catégorie géotechnique 1. Concerne les ouvrages de petites dimensions, implantés dans un contexte géotechnique facilement caractérisable (sols peu hétérogènes, contexte hydraulique simple...) et aux conséquences faibles ou négligeables sur les personnes et les avoisinants.

Les limites de cette catégorie pourraient correspondre notamment à une sismicité inférieure à 2 ou à une charge d'exploitation inférieure à 10 kPa.

Catégorie géotechnique 2. Concerne la majorité des ouvrages courants ne présentant pas de risques exceptionnels ou un contexte de chargement difficile relevant de la catégorie géotechnique 3.

Les limites de cette catégorie pourraient correspondre notamment à une sismicité inférieure à 3, une hauteur maximale de 7 m environ.

Catégorie géotechnique 3. La catégorie géotechnique 3 concerne des ouvrages de grande taille (hauteur supérieure à 7 m environ), impliquant des risques/chargements/conditions de terrain inhabituels comme des mouvements permanents du terrain ou une de forte sismicité (supérieure ou égale à 3). Les bâtiments/infrastructures concernés peuvent être caractérisés par des hauteurs supérieures à 28 m ou par une capacité d'accueil supérieure à 300 personnes. Sont également concernés les établissements scolaires, sanitaires ou sociaux ainsi que toutes les infrastructures remplissant une mission publique primordiale (centres de production d'énergie, sécurité civile ou militaire, établissements carcéraux...)

Éléments géotechniques de justification. Les paramètres géotechniques ainsi que leur détermination par des mesures directes (à l'instar des corrélations) ont une incidence directe sur le dimensionnement d'un ouvrage en géotextile, sa géométrie et donc son coût de réalisation. Ces paramètres sont définis dans le cadre des missions géotechniques conduites tout au long des phases d'élaboration d'un projet. L'étape de dimensionnement définitif d'un ouvrage (Mission G3) s'appuie généralement sur des missions G2-AVP et/ou G2-PRO, parfois précédées des missions G5 ou G1.

Des exemples de conséquences du choix de la catégorie géotechnique sur les justifications d'un ouvrage géosynthétique sont développées dans chaque fascicule.

3.3.Situations de projet

Un changement de destination des structures est souvent à l'origine d'incidents voire d'accidents. Un ouvrage conçu pour une utilisation provisoire (situation transitoire) peut ne pas être suffisamment résistant pour une exploitation durable. Ceci peut notamment être illustré dans le domaine des géosynthétiques par le phénomène de fluage, déformation dans le temps d'un matériau sous sollicitation constante. Sa rupture ou une déformation excessive de l'ouvrage peut ainsi intervenir à sollicitation constante si la durée de la sollicitation excède la durée de chargement prévue lors du dimensionnement. A l'inverse, la seule prise en compte de situations de projet en cours d'exploitation sans se préoccuper des situations de projet en phase travaux peut conduire à une mauvaise conception.

Les situations exceptionnelles naturelles (séismes, vent...) ou d'exploitation (surcharges, chocs) sous-évaluées sont aussi à l'origine de déformations excessives ou d'instabilité partielle ou totale de l'ouvrage. Les conséquences peuvent être importantes. Parallèlement, une surévaluation en intensité et durée du phénomène augmente le coût des fournitures géosynthétiques. Enfin, dans un souci de réduction des coûts, certains risques d'instabilité partielle aux conséquences maîtrisées sont parfois tolérés par les intervenants (ex. stabilisation d'une couche de sol mince sur pentes).

Il est donc de la responsabilité des maîtres d'ouvrage et des gestionnaires de fixer précisément leurs exigences en la matière ; ils devront distinguer les situations durables et les situations exceptionnelles (ou accidentelles), car là aussi, une analyse rigoureuse des situations de projet et des risques admissibles par la maîtrise d'ouvrage peut avoir des conséquences non négligeables sur le coût des fournitures géosynthétiques.

3.4.Durée d'utilisation de projet

Le dimensionnement d'un ouvrage, quelle que soit la nature de ses composants, dépend de la durée d'utilisation de projet qui doit donc être fixée préalablement à la conception par la maîtrise d'ouvrage. Elle est notamment déterminante dans le choix du facteur partiel spécifique à la durabilité d'un matériau. Lorsque la durée d'utilisation de projet de l'ouvrage géotechnique n'est pas spécifiée, c'est la valeur donnée par le tableau 2.1 de l'Annexe Nationale à la norme NF EN 1990 (NF EN 1990/NA) qui est à prendre en compte. Les durées d'utilisation courantes sont de 10, 25, 50, 75 et 100 ans.

La durée d'utilisation de projet ne doit pas être confondue avec la durée de sollicitation du produit : dans le cas par exemple d'un renforcement de sol sur zone d'effondrements localisés, selon les exigences du gestionnaire, la durée de sollicitation du produit ou durée de service peut être limitée à quelques jours ou semaines, c'est-à-dire au délai d'intervention pour combler la zone effondrée, tout en restant dans le cadre d'une durée d'utilisation de projet de 100 ans, durée pendant laquelle le produit doit être opérationnel pour répondre au risque d'effondrement.

4

4. Paramètres fondamentaux du dimensionnement

L'étude de chaque mécanisme de ruine/état limite induit un dimensionnement selon l'une des deux approches ci-dessous. Le choix d'une combinaison d'actions (fondamentale, sismique ou accidentelle) permet de définir les facteurs partiels à appliquer au calcul.

4.1. Etats-limites

Ce sont les états au-delà desquels la structure ne satisfait plus aux critères de dimensionnement pertinents (cf. Eurocode 0 – 1.5.2.12).

4.1.1. Etats-limites ultimes (ELU)

Ces états sont associés à un effondrement ou à d'autres formes similaires de défaillance structurale (cf. Eurocode 0 – 1.5.2.13). Les calculs sont effectués en considérant la structure à la rupture, avec des critères prédéfinis de rupture ou ruine des matériaux. Les calculs sont effectués avec pondération. La résistance ultime du produit qui en découle est une résistance en traction du produit neuf affectée de facteurs partiels et de facteurs de réduction (cf. §5.1) ou, autrement dit, une résistance à la rupture effectivement disponible pour ne pas avoir de désordre (rupture ou ruine des matériaux ou fissures dans le sol) avant la fin de la durée d'utilisation de l'ouvrage.

4.1.2. Etats-limites de service (ELS)

Etats correspondant à des conditions au-delà desquelles les exigences d'aptitude au service spécifiées pour une structure ou un élément structural ne sont plus satisfaites (cf. Eurocode 0 – 1.5.2.14). Les calculs sont effectués en déformation dans une zone de déformation admissible des matériaux. Les calculs sont effectués sans pondération pour ne pas distordre le champ de déformations. En découle une résistance en traction du produit requise au terme de la durée de service pour la déformation admissible. Elle est déduite de la résistance en traction du produit neuf affectée de facteurs partiels et de facteurs de réduction (cf. §5.2).

4.2. Approches

Seules les approches de calcul 2 et 3 entrent dans le domaine d'emploi de ce guide :

- L'approche de calcul 2 est utilisée pour la vérification des états limites de stabilité externe (GEO) et de stabilité interne (STR). La combinaison des ensembles de facteurs partiels à appliquer (cf. §4.3) est : " A1 "+" M1 "+" R2.
- L'approche de calcul 3 est utilisée pour la vérification des états limites de stabilité générale (GEO)

et de stabilité mixte (GEO et STR). La combinaison des ensembles de facteurs partiels à appliquer (cf. §4.3) est : " A2 "+" M2 "+" R3.

4.3. Combinaisons d'actions

Les effets des actions doivent être déterminés en combinant les actions conformément aux dispositions de l'article 6.4.3 de la norme NF EN 1990.

Il faut prêter attention au principe de cohérence. On ne peut pas partager une même action entre deux termes d'une même combinaison. C'est ainsi que l'on ne peut pas, par exemple, considérer la composante verticale de la poussée des terres comme une action stabilisante et sa composante horizontale comme une action déstabilisante lors de la vérification d'un état limite ultime de glissement sur la base. Il convient de considérer les deux cas de figure de manière homogène et de retenir le plus défavorable.

Les actions géotechniques de même origine doivent être calculées, dans une combinaison donnée, à partir des mêmes valeurs représentatives des propriétés de base. Ceci exclut donc d'affecter à un terrain deux masses volumiques différentes selon que l'on évalue une action de poussée ou une action pondérale de ce terrain.

4.4. Facteurs partiels

Les facteurs partiels découlent des Eurocodes et de leur annexe nationale. Ils s'appliquent :

- aux actions et aux effets des actions,
- aux matériaux,
- aux résistances,
- aux modèles de calcul.

Le tableau 6 liste l'ensemble des facteurs partiels figurant dans les normes sur les massifs en sol renforcé et relatifs à la stabilité interne, au glissement sur le support, au poinçonnement du support, à la stabilité générale et à la stabilité mixte, ainsi que ceux de la norme relative à la stabilisation d'une couche de sol mince sur pente.

Légende

(1) par défaut il est égal à 1,0. il peut être inférieur à 1 lorsque le BET l'indique dans les pièces du marché, ce facteur partiel est égal à 0 lorsque l'on retient la non concomitance des actions variables avec les actions sismiques / accidentelles

(2) s'applique sur la valeur de pic

(3) Le 3% est une valeur par défaut, elle correspond à la déformation admissible pour le géosynthétique de renforcement entre 10h de sollicitation et la fin de la durée d'utilisation de l'ouvrage. Elle peut être comprise entre 3% et 6% mais des essais sur le remblai utilisé doivent être réalisés (Cf F.4.3 alinéa (6) de la norme NF P94-270).

(4) Dépend notamment de l'affaissement admissible en surface, du coefficient d'expansion du sol, cf. norme XP G38-065.

Approche					Combinaison d'actions fondamentales Cfon							Combinaison d'actions sismiques Csis	Combinaison d'actions accidentelles Cacc
					ELU						ELS Quasi-Permanent	ELU	ELU
					stabilité interne	gliss' sur support	poisson' sur support	stabilité générale	stabilité mixte	couche mince	cavités	Tassements Idéformations	
					2	2	2	3	3	2	2		
Actions					A1+M1+R2	A1+M1+R2	A1+M1+R2	A2+M2+R3	A2+M2+R3	A1+M1+R2	A1+M1+R2		
Permanente :													
		A1	A2										
défavorable	$\gamma_{d,rep}$	1,35	1,00		1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,35	1,35	= 1,00 sauf descente de charges spécifique	1,00
favorable	$\gamma_{d,inf}$	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
Variable :													
défavorable	$\gamma_{d,rep}$	1,50	1,30		1,50	1,50	1,50	1,30	1,30	1,50	1,50		1,00 (1)
favorable	$\gamma_{d,inf}$	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Paramètres du sol													
		M1	M2										
angle de frottement interne ($\tan \varphi$)	γ_{φ}	1,00	1,25		1,00	1,00	1,00	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,25 (2)
cohésion drainée	γ_c	1,00	1,25		1,00	1,00	1,00	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,25
cohésion non drainée	γ_{cn}	1,00	1,40		1,00	1,00	1,00	1,40	1,40	1,00	1,00	1,00	1,40
poids volumique	γ_r	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Résistances géotechniques													
		R1	R2	R3									
Portance (quelle que soit l'excentricité de la résultante)	$\gamma_{R,v}$	1,00	1,40	1,00			1,40					1,40	1,40
Coefficient de modèle (pressio ou pénétr.) pour le calcul de portance, si excentricité de la résultante des charges > 0	$\gamma_{R,z}$						1,20					1,20	1,20
Résistance au glissement sur le sol	$\gamma_{R,h}$	1,00	1,10	1,00		1,10				1,10		1,10	1,10
Résistance au glissement d'interface	$\gamma_{R,i}$	1,00	1,35	1,00						1,35	1,35	1,35	1,35
Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	$\gamma_{R,g}$	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00	1,00			1,00	1,00
Facteur partiel de modèle													
	$\gamma_{S,d}$												
Méthode des tranches surface circulaire	1,10							1,10	1,10			1,00	1,00
Ouvrage très sensible aux déformations et à proximité immédiate de l'ouvrage GSY par ex. voies ferrées, culée de pont...	1,20							1,20	1,20			1,00	1,00
Géosynthétique													
		M1	M2										
Résistance en traction caractéristique	$\gamma_{R,t}$	1,25	1,00		1,25				1,25	1,25	1,25	1,00	1,25
Résistance au cisaillement interne du gsy	$\gamma_{R,i}$	1,35	1,00							1,35			1,35
Résistance d'interaction sol/renforcement	$\gamma_{R,i}$	1,35	1,10		1,35				1,10		1,35		1,35 en approche 2 1,10 en approche 3
Allongement post-construction admissible													
Massifs en sol renforcé et couche mince sur pente (3)					3%				3%	3%			
Renforcement sur zone à risque d'effondrement												(4)	
Renforcement en rehausse d'installation de Stockage de Déchets											3% (BRGM)		

Tableau 6 — Rappel des facteurs utilisés dans les normes de renforcement par géosynthétiques



5. Choix et justification des produits

Le processus de conception comporte deux phases :

- un dimensionnement des performances nécessaires au bon fonctionnement de l'ouvrage jusqu'au terme de sa durée d'utilisation,
- une justification des caractéristiques du produit proposé.

Prescrire une performance de calcul permet à chaque fournisseur de sélectionner dans sa gamme le produit adéquat compte-tenu de facteurs qui lui sont spécifiques.

Des facteurs de réduction s'appliquent aux performances des produits mesurées à court terme (cf. guide ISO/TR 20432). Ils permettent de prendre en compte les exigences de durabilité et d'assurer une résistance requise pour la durée de service exigée, à la température d'utilisation, en fonction des conditions de mise en œuvre du matériau de remblai et de l'environnement chimique.

5.1. Calculs à la rupture

5.1.1. Géosynthétiques de renforcement

Pour les géosynthétiques de renforcement, les facteurs de réduction ci-dessous s'appliquent à la résistance en traction du produit (cf. guide ISO/TR 20432). Ils font le lien entre la valeur caractéristique ($R_{t,k}$) du produit neuf et la valeur de calcul de la résistance à long terme du géosynthétique dans l'ouvrage (ou résistance ultime en traction) $R_{t,d}$ donnée par l'équation 1.

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_{M;t} \times \Gamma_{flu} \times \Gamma_{vieil} \times \Gamma_{end}} \quad \text{Equation 1}$$

La Déclaration de Performances (DoP) du produit exigée par le marquage CE fournit aux utilisateurs deux types de valeurs : une valeur moyenne et un intervalle de confiance de 95%. Selon la propriété, la valeur caractéristique ($R_{t,k}$) est égale à la valeur moyenne plus ou moins la tolérance indiquée par le fabricant.

Facteur partiel ($\gamma_{M;t}$) pour la résistance du géosynthétique de renforcement vis-à-vis d'une rupture par traction. La valeur à affecter à ce facteur partiel à l'ELU est de 1,25.

Facteur de réduction pour le fluage (Γ_{flu}), il n'est pas à considérer dans les calculs au séisme (NF P94-270 Annexe I.5 (4) et NOTE 1).

Γ_{flu} correspond au maximum des deux coefficients $\Gamma_{flu;r}$ et $\Gamma_{flu;a}$. Il convient en effet, pour la durée d'utilisation et la température de service requises, de considérer deux critères pour définir Γ_{flu} :

- l'un, noté $\Gamma_{flu;r}$, correspond à la rupture du renforcement (résistance de rupture de fluage),

- l'autre, noté $\Gamma_{flu,a}$, est lié à l'allongement relatif qui ne doit être dépassé en aucun point du renforcement, entre son installation et la fin de la durée d'utilisation, pour ne pas favoriser l'apparition de désordres dus à des déformations excessives : allongement maximal post-installation (sol renforcé) ou altération de la fonctionnalité de l'ouvrage (étanchéité). Ce facteur $\Gamma_{flu,a}$ est déterminé à partir des courbes isochrones de la gamme du produit.

Le tableau 7 fournit les valeurs par défaut du facteur Γ_{flu} usuellement considérées en l'absence de données du producteur pour la gamme de produits.

Polymère	PP/PE	PEHD	PET	PVA	AR
Coef. par défaut $\Gamma_{flu} = 1/\rho_{flu}$	6	5	3	3	3

Tableau 7 — Valeurs par défaut du facteur de réduction relatif au fluage

Facteur de réduction pour le vieillissement et la dégradation chimique (Γ_{vieil})

Le facteur de réduction lié au vieillissement (hydrolyse, oxydation) des géosynthétiques de renforcement dépend de la matière première (polymères les plus courants : polyester (PET), polyvinyle alcool (PVA), polypropylène (PP), polyéthylène (PE), Aramide (AR),...) et de l'environnement du produit. Dans le cas des installations de stockage de déchets, le risque de contact direct ou indirect avec les déchets exclut d'office l'utilisation de certains polymères.

Le tableau 8 fournit les valeurs par défaut du facteur Γ_{vieil} usuellement considérées en l'absence de données du producteur pour la gamme de produits.

Polymère	PP	PEHD (extrudés)	PET (fils)	PA	pH b)	Durée de service
Coef. par défaut $\Gamma_{vieil} = 1/\rho_{vieil}$	1,3	1,3	1,2	a)	4 à 8	100 ans
	1,3	1,3	1,3	a)	8 à 9	
	1,05	1,05	1,05	1,0	4 à 8	50 ans
	1,05	1,05	1,1	1,0	8 à 9	

Tableau 8 — Valeurs par défaut du facteur de réduction relatif au vieillissement

a) Cf. guide ISO/TR 20432

b) pH courants de la majorité des sols naturels (ne sont pas concernés : béton, sols traités, remblais industriels)

Cas particuliers des sols traités et des contacts directs avec le béton

Le tableau 9 indique les valeurs de pH susceptibles d'être rencontrées dans un ouvrage en remblai renforcé au contact des renforcements géosynthétiques.

pH	Type de remblai ou de milieu
≤ 4	Remblais d'origine industrielle. Quelques sols naturels
4 à 9	Grande majorité des sols naturels
9 à 9,5	Au contact du béton durci. Quelques sols naturels (dolomitiques)
9 à 11,5	Remblai traité ancien (chaux, ciment, laitier)
$\geq 11,5$	Au contact du béton frais, ou remblai traité récent

Tableau 9 — Valeurs de pH indicatives

Facteur de réduction pour l'endommagement à la mise en œuvre (Γ_{end} ou Γ_{instal})

Ce facteur de réduction correspond à l'endommagement des géosynthétiques de renforcement lors de leur installation et du compactage des remblais. Il dépend de plusieurs paramètres liés à la fois au type de géosynthétique (polymère, fabrication, masse surfacique...) et aux conditions de l'ouvrage (matériau de remblai, conditions de mise en œuvre, épaisseur de la couche compactée...).

Le tableau 10 fournit les valeurs par défaut du facteur Γ_{end} usuellement considérées en l'absence de données du producteur pour le produit ou le produit le plus sensible de la gamme.

Conditions de mise en œuvre	Peu sévères	Moyennement sévères	Sévères	Très sévères
Coef. par défaut $\Gamma_{\text{instal}} = 1/\rho_{\text{instal}}$	1,15	1,25	1,5	2,5

Tableau 10 — Valeurs par défaut du facteur de réduction relatif à l'endommagement de mise en œuvre

5.1.2. Géosynthétiques intervenant dans les systèmes de drainage

Pour les géosynthétiques intervenant dans les systèmes de drainage, les facteurs de réduction ci-dessous s'appliquent selon l'équation 2 à leur capacité de débit dans le plan (Q_{mes}) mesurée à court terme (NF EN ISO 12958) sur le dispositif de drainage complet (âme drainante + filtre(s)) avec l'option Mousse/Mousse ou Rigide/Mousse selon les conditions réelles d'utilisation sur site. On requiert l'option Mousse/Mousse pour une application entre deux couches de sol et l'option Rigide/Mousse lorsque le dispositif de drainage est appliqué au contact d'une surface rigide :

$$Q_{\text{GSY}} = \frac{Q_{\text{mes}}}{RF_{\text{in}} \times RF_{\text{cr}} \times RF_{\text{cc}} \times RF_{\text{bc}}} \quad \text{Equation 2}$$

Facteur de réduction pour le fluage en compression de la structure drainante (RF_{cr}), il intègre la réduction d'épaisseur du produit dans le temps sous l'effet de la contrainte de chargement.

Facteur de réduction pour la pénétration (intrusion) à long terme des filtres (RF_{in}) dans la structure des âmes drainantes, phénomène qui conduit à une diminution de la section de passage de l'eau, indépendamment de la réduction d'épaisseur éventuelle.

Ces deux premiers facteurs doivent faire l'objet de justifications spécifiques de la part du producteur.

Facteurs de réduction pour les colmatages biologique (RF_{bc}) et chimique (RF_{cc}) des filtres : ils sont égaux à 1,0 pour l'eau claire ; ils doivent faire l'objet de justifications spécifiques pour d'autres fluides.

NOTE : la norme d'essai NF EN ISO 12958 vient d'être révisée. Elle est remplacée par la norme NF EN ISO 12958/1 (essai index) et il y a désormais une deuxième partie consacrée aux essais de performance NF EN ISO 12958/2. Les valeurs de dimensionnement seront issues de l'essai de performance qui dans sa procédure diffère de l'actuelle norme NF EN ISO 12958 notamment sur les points suivants :

- durée de l'application de la contrainte accrue qui pourra être intégrée au calcul des facteurs de réduction relatifs au fluage en compression de la structure drainante et à la pénétration (intrusion) à long terme des filtres dans la structure drainante,
- modification des interfaces de transfert de charge avec l'utilisation de sol spécifique à un projet ou d'un sol normalisé à la place de la couche de mousse actuellement utilisée dans la norme NF EN ISO 12958.

5.2. Calculs en déformation (géosynthétiques de renforcement)

$R_{t;d}(\varepsilon)(t_{ser})$, la résistance en traction à la durée de service (t_{ser}) pour la déformation (ε) est évaluée selon l'équation 3 à partir de la valeur caractéristique de la résistance en traction du géosynthétique neuf ($R_{t;k}$) :

$$R_{t;d}(\varepsilon)(t_{ser}) = \left(\frac{1}{C_{géo}(\varepsilon)} \right) \cdot \frac{T(\varepsilon)}{T_{ult}}(t_{ser}) \cdot R_{t;k} \quad \text{Equation 3}$$

Avec également :

- le rapport $T(\varepsilon)/T_{ult}(t_{ser})$ qui est évalué à partir de la courbe isochrone (t_{ser}) du produit,
- le coefficient de réduction $C_{géo}(\varepsilon)$ du géosynthétique à la déformation (ε) évalué selon l'équation 4 :

$$C_{géo}(\varepsilon) = \gamma_{M;t} \cdot C_{vieil}(\varepsilon) \cdot C_{instal}(\varepsilon) \quad \text{équation 4}$$

Facteur partiel ($\gamma_{M;t}$) pour la résistance du géosynthétique de renforcement vis-à-vis d'une rupture par traction. La valeur à affecter à ce facteur partiel à l'ELS est de 1,0.

Facteur de réduction ($C_{vieil}(\varepsilon)$) pour le vieillissement du géosynthétique à la déformation (ε), relatif à la réduction de la résistance en traction due au vieillissement des géosynthétiques en fonction de l'environnement, évalué à la déformation (ε) pour la durée de service.

Facteur de réduction ($C_{instal}(\varepsilon)$) pour l'endommagement du géosynthétique à la déformation (ε), correspondant à la réduction de la résistance en traction due à l'endommagement des renforcements géosynthétiques lors de leur installation et du compactage des remblais et mesurée à la déformation (ε).

Les coefficients de réduction C à la déformation (ε) sont généralement inférieurs aux coefficients de réduction correspondants Γ . Par défaut, on prendra $C = \Gamma$.

Annexe 1 : Rappels de terminologie (cf. NF EN ISO 10318-1)

TERMES RELATIFS AUX FONCTIONS COUVERTES PAR CE DOCUMENT

Filtration

Maintien du sol ou d'autres particules soumis(es) à des forces hydrodynamiques tout en permettant le passage de fluides à travers ou dans un géotextile ou un produit apparenté aux géotextiles

Séparation

Prévention du mélange de deux sols ou de matériaux de remblai adjacents de nature différente par l'emploi d'un géotextile ou d'un produit apparenté aux géotextiles

Renforcement

Utilisation du comportement en résistance-déformation d'un géotextile ou d'un produit apparenté aux géotextiles, afin d'améliorer les propriétés mécaniques du sol ou d'autres matériaux de construction

Drainage

Collecte et transport des eaux pluviales, souterraines et/ou d'autres fluides dans le plan d'un géotextile ou d'un produit apparenté aux géotextiles

Protection

Prévention ou limitation des endommagements localisés d'un élément ou d'un matériau donné en utilisant un géotextile ou un produit apparenté aux géotextiles

Contrôle de l'érosion de surface

Utilisation d'un géotextile ou d'un produit apparenté aux géotextiles, afin d'éviter ou de limiter les mouvements du sol ou d'autres particules à la surface, par exemple, d'une pente.

TERMES RELATIFS AUX PRODUITS

Géotextile (GTX)

Matière textile plane, perméable et à base de polymère (naturel ou synthétique), pouvant être nontissée, tricotée ou tissée, utilisée en contact avec le sol ou avec d'autres matériaux dans les domaines de la géotechnique et du génie civil

Fonctions associables aux géotextiles

Filtration, séparation, renforcement, drainage, protection, contrôle de l'érosion de surface

Géogrille (GGR)

Structure plane à base de polymère, constituée par un réseau ouvert et régulier d'éléments résistants à la traction et pouvant être assemblés par extrusion, par collage ou par entrelacement, dont les ouvertures ont des dimensions supérieures à celles des constituants

Fonctions associables aux géogrilles

Renforcement

Géospaceur (GSP)

Structure tridimensionnelle à base de polymère, conçue pour créer un espace d'air dans le sol et/ou dans d'autres matériaux dans les domaines de la géotechnique et du génie civil

Fonctions associables aux géospaceurs

Drainage

Géocomposite (GCO)

Assemblage manufacturé de matériaux dont au moins l'un des composants est un produit géosynthétique

Fonctions associables aux géocomposites

Filtration, séparation, renforcement, drainage, protection, contrôle de l'érosion de surface

Géomatelas (GMA)

Structure tridimensionnelle perméable, constituée de filaments, et/ou d'autres éléments (synthétiques ou naturels) à base de polymère, liés de façon mécanique et/ou thermique et/ou chimique et/ou d'une autre façon

Fonctions associables aux géomatelas

Filtration, séparation, renforcement, drainage, protection, contrôle de l'érosion de surface

Géosynthétique alvéolaire (GCE)

Structure tridimensionnelle en nid d'abeilles ou similaire, perméable, à base de polymère (synthétique ou naturel), constituée de bandes de géosynthétiques reliées entre elles

Fonctions associables aux géosynthétiques alvéolaires

Renforcement, contrôle de l'érosion de surface

Géobande (GST)

Matériau à base de polymère sous forme de bande dont la largeur n'excède pas 200 mm, utilisé en contact avec le sol et/ou d'autres matériaux dans les domaines de la géotechnique et du génie civil

Fonctions associables aux géobandes

Renforcement

Géomembranes (GMB), Géosynthétiques bentonitiques (GSB)

Matériau géosynthétique à faible perméabilité, utilisé dans les domaines de la géotechnique et du génie civil afin de réduire ou de prévenir l'écoulement ou le passage de fluides à travers la structure

Fonction associable aux géomembranes et géosynthétiques bentonitiques

Etanchéité

TERMES RELATIFS AUX PROPRIETES**Valeur caractéristique**

Valeur d'une propriété d'un matériau correspondant généralement à un fractile de la distribution statistique supposée de la propriété considérée du matériau, spécifiée dans les normes correspondantes et déterminée par un essai dans des conditions données

Valeur nominale

Valeur d'une propriété d'un matériau déclarée par le fabricant/fournisseur du matériau, plutôt que mesurée

Sens production (SP ou MD)

Sens de fabrication d'un produit géosynthétique (le sens de la chaîne pour les géotextiles tissés)

Sens travers (ST ou CMD)

Sens perpendiculaire au sens de fabrication d'un produit (le sens de la trame pour les géotextiles tissés)

Coefficient de frottement ($f_{s,GSY}$)

Rapport entre la tangente de l'angle de frottement entre sol et le géosynthétique (GSY) et la tangente de l'angle de frottement du sol

Commentaire : pour un même produit, il est variable selon les sols

Fluage en traction

Augmentation, en fonction du temps, de la longueur d'un matériau soumis à une charge en traction constante

Fluage en compression

Diminution, en fonction du temps, de l'épaisseur d'un matériau soumis à une charge de compression constante

Gradient hydraulique

Rapport de la perte de charge totale Δh à travers l'éprouvette à la longueur l de l'éprouvette dans le sens de l'écoulement

Ouverture de filtration caractéristique (O90)

Dimension de l'ouverture correspondant à la dimension maximale des 90 % de particules de sol passant à travers le géotextile. L'ouverture de filtration caractéristique est exprimée en μm .

Capacité de débit dans le plan (q_p)

Débit volumétrique d'eau et/ou d'autres liquides, dans le plan d'un produit, par unité de largeur d'éprouvette, pour des gradients définis. La capacité est exprimée en $\text{l}/(\text{m}\cdot\text{s})$.

Commentaire : A court terme, la capacité de débit dans le plan ne dépend pas que du gradient hydraulique, elle dépend aussi de la contrainte de compression et des supports plaque rigide ou mousse (cf. NF G38-061), elle peut s'exprimer aussi en $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ soit m^2/s .

Annexe 2 : Références normatives

NF EN ISO 10318-1 Géosynthétiques - Partie 1 : Termes et définitions

Normes d'essai

NF EN ISO 9862	Géosynthétiques - Echantillonnage et préparation des éprouvettes
NF EN ISO 10319	Géotextiles - Essai de traction des bandes larges (ISO 10319:1993)
NF EN ISO 10321	Géotextiles - Essai de traction pour joints/coutures par la méthode de la bande large (ISO 10321:1992)
NF ENV ISO 10722-1	Géotextiles et produits apparentés - Essais pour évaluer les dégradations durant l'installation
NF EN ISO 11058	Géotextiles et produits apparentés - Détermination des caractéristiques de perméabilité à l'eau normalement au plan, sans contrainte mécanique
NF EN ISO 12236	Géotextiles et produits apparentés - Essai de poinçonnement statique (essai CBR)
NF ENV ISO 12447 (hydrolyse)	Géotextiles et produits assimilés - Résistance des géotextiles à l'humidité
NF EN ISO 12956	Géotextiles et produits apparentés - Détermination de l'ouverture de filtration caractéristique
NF EN ISO 12957-1	Géotextiles et produits apparentés - Détermination des caractéristiques de frottement - Partie 1 : Essai de cisaillement direct
NF EN ISO 12957-2	Géotextiles et produits apparentés - Détermination des caractéristiques de frottement - Partie 2 : Essai au plan incliné
NF ENV ISO 12960	Géotextiles et produits apparentés - Résistance à la dégradation chimique
NF EN ISO 13426-2	Géotextiles et produits apparentés - Résistance des liaisons de structures internes - Partie 2: Géocomposites
NF EN ISO 13431	Géotextiles et produits apparentés - Détermination du comportement au fluage en traction et de la rupture au fluage en traction
NF EN ISO 13433	Géosynthétiques - Essai de perforation dynamique (essai par chute d'un cône)
NF ENV ISO 13438	Géotextiles et produits apparentés - Résistance à l'oxydation thermique
NF EN ISO 25619-1	Géosynthétiques - Détermination du comportement en compression - Partie 1: Propriétés de fluage en compression
NF EN ISO 25619-2	Géosynthétiques - Détermination du comportement en compression - Partie 2 : Détermination du comportement à la compression à court terme
NF ENV 12224	Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la résistance aux essais climatiques
NF ENV 12225	Géotextiles et produits apparentés - Méthode pour la détermination de la résistance microbiologique par un essai d'enterrement
NF EN 13719	Géotextiles et produits apparentés - Détermination de l'efficacité de protection à long terme des géotextiles en contact avec les barrières géosynthétiques
NF EN 14574	Géosynthétiques - Détermination de la résistance au poinçonnement pyramidal de géosynthétiques sur support

Normes de conception

NF ENV 1997-1 Eurocode 7 - Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales

NF EN 13249 Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de routes et autres zones de circulation (à l'exclusion des voies ferrées et des couches de roulement).

NF G38-061 Utilisation des géotextiles et produits apparentés - Systèmes de drainage et de filtration - Dimensionnement et éléments de conception.

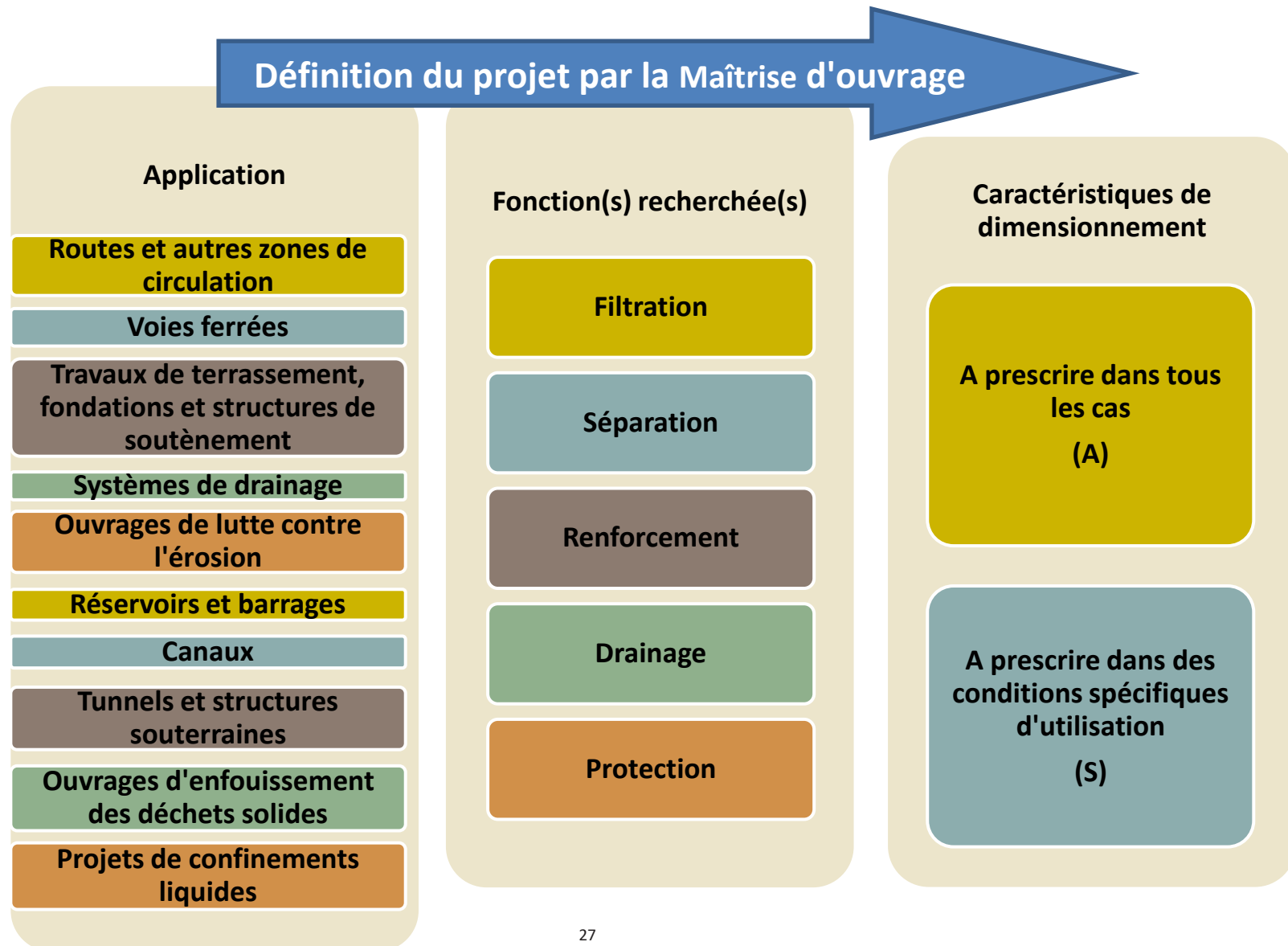
XP G38-065 Géosynthétiques, géotextiles et produits apparentés - Renforcement de la base de remblais sur zones à risques d'effondrements - Justification du dimensionnement et éléments de conception

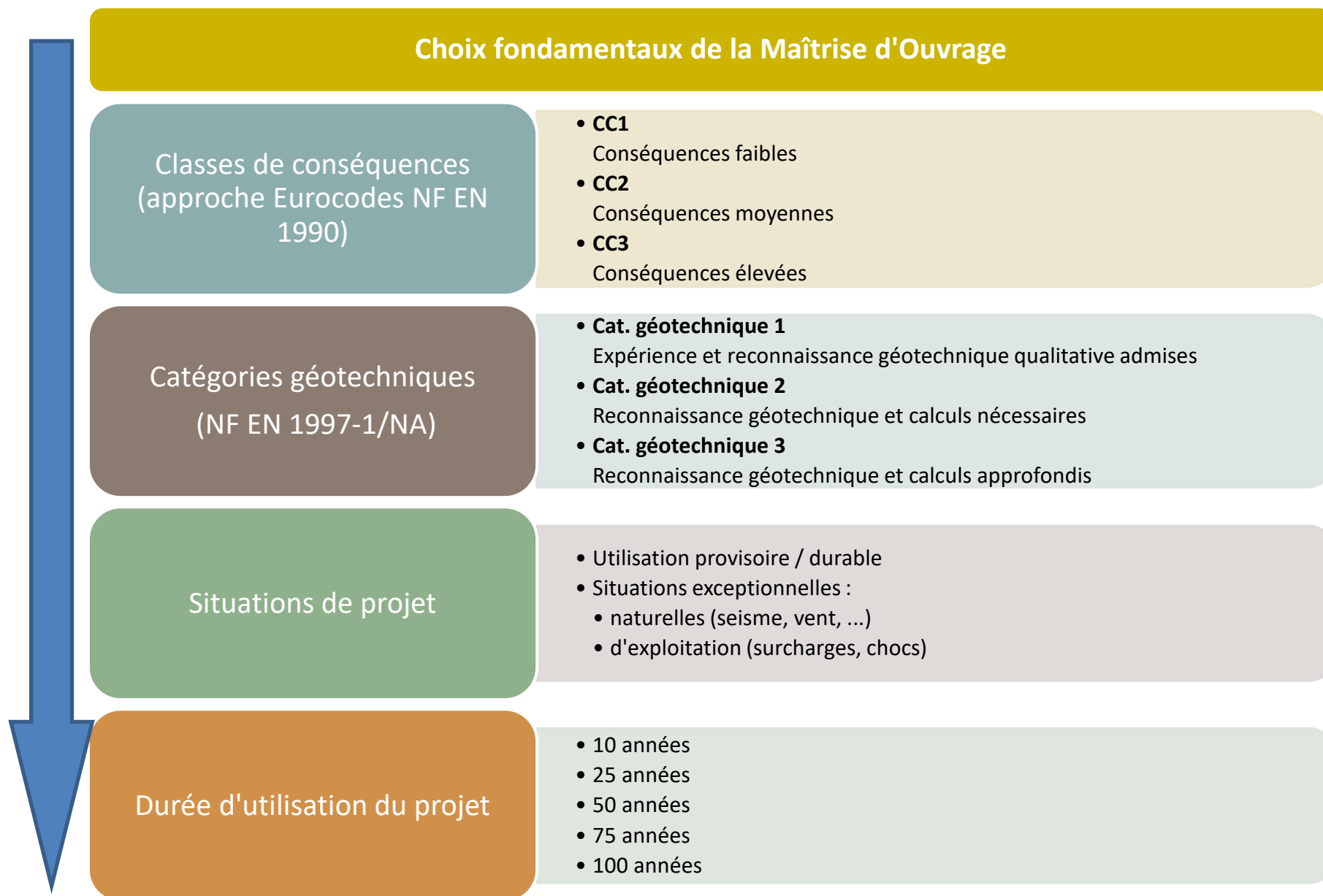
NF G38-064 Utilisation des géotextiles et produits apparentés - Murs inclinés et talus raidis en sols renforcés par nappes géosynthétiques - Justification du dimensionnement et éléments de conception.

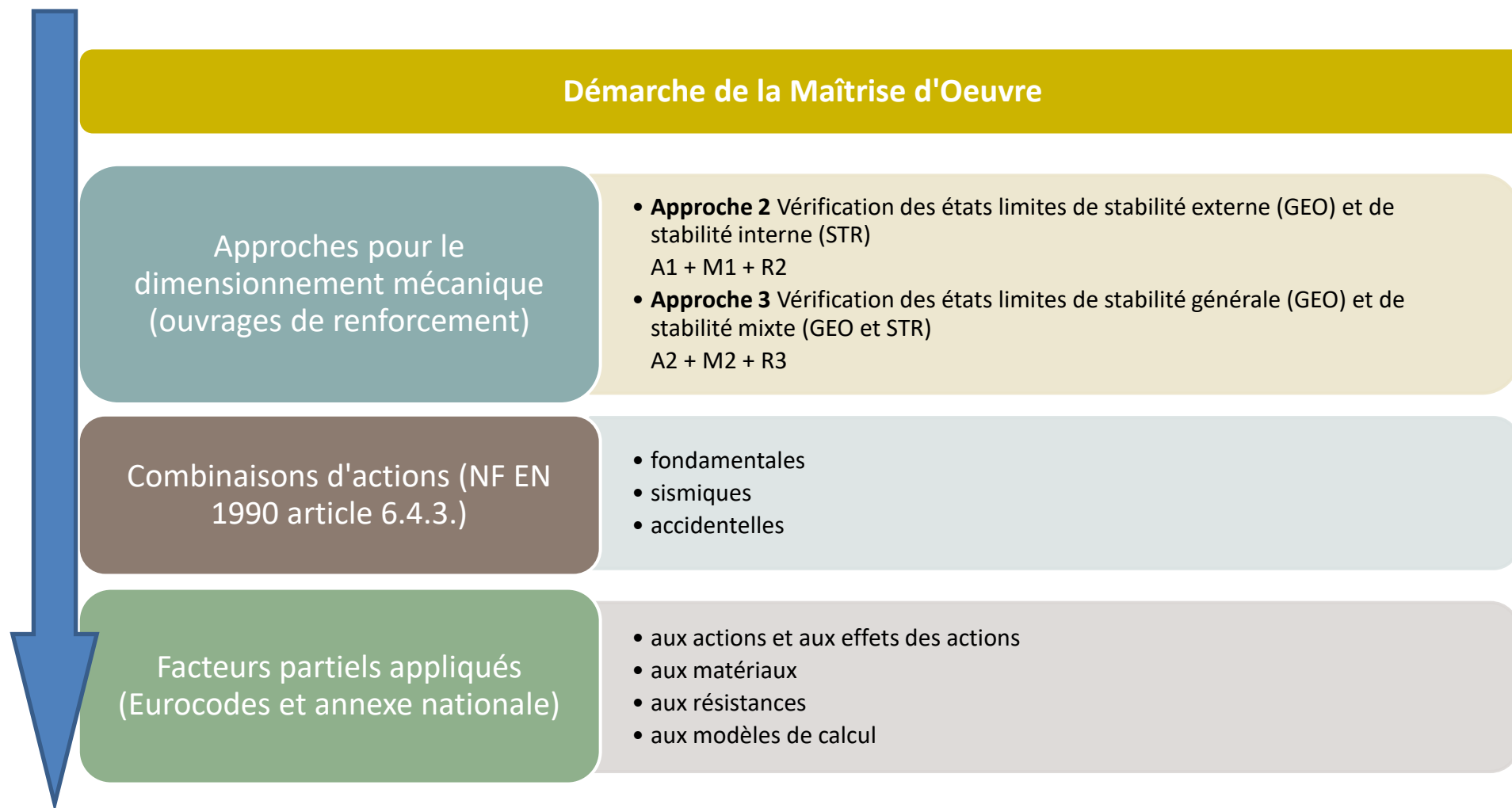
NF G38-067 Géosynthétiques, géotextiles et produits apparentés - Stabilisation d'une couche de sol mince sur pente - Justification du dimensionnement et éléments de conception.

NF P94-270 Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué

Annexe 3 : Logigramme de conception d'un ouvrage géosynthétique







Etablissement des documents de marché

Choix de la méthode de calcul

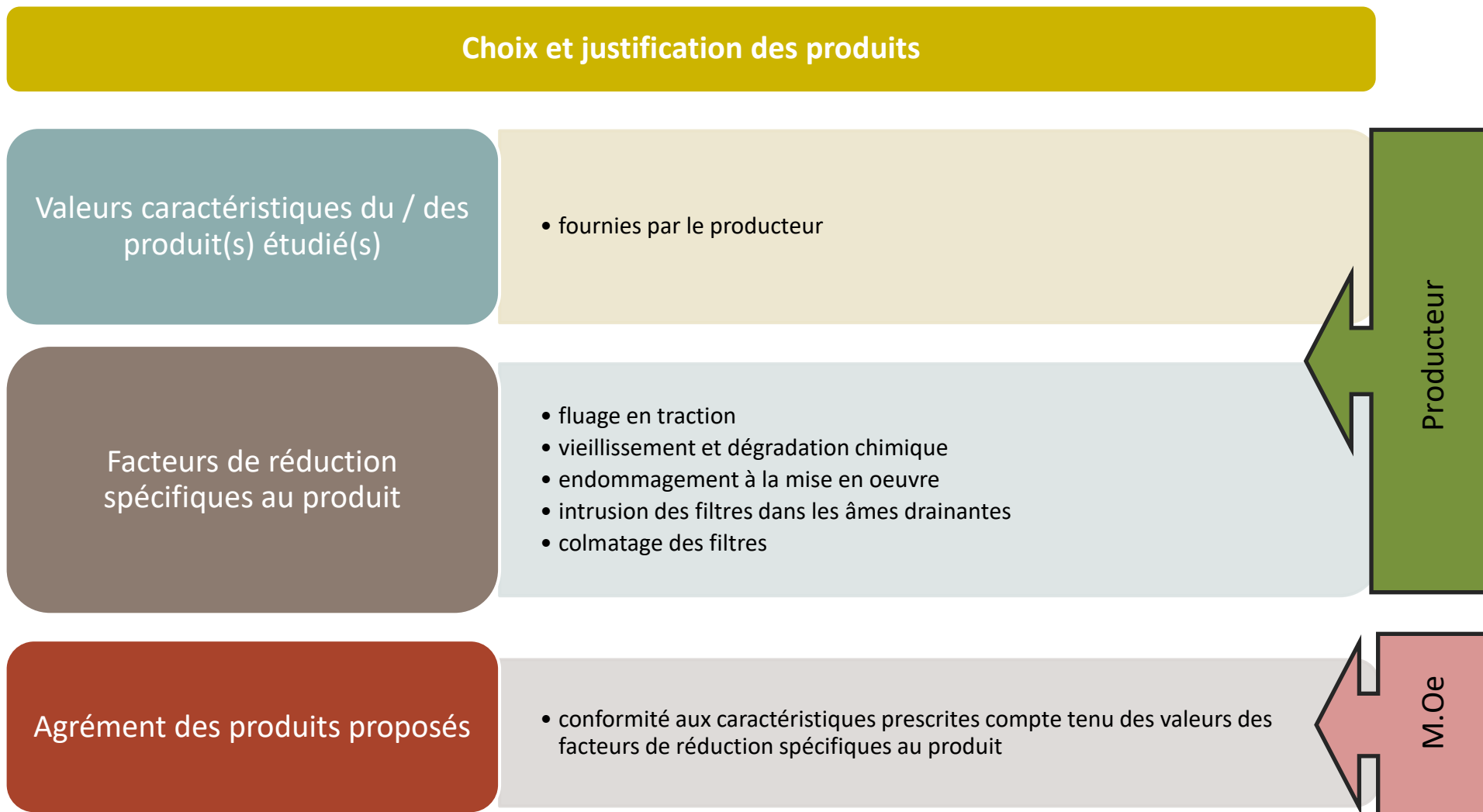
- applicable aux différentes fonctions / applications

Performances requises pour la durée d'utilisation

- valeurs de calcul des caractéristiques du géosynthétique

Caractéristiques à prescrire

- valeurs pertinentes pour le projet



[illegible]



www.cfg.asso.fr