

Les nouvelles normes européennes de terrassements NF EN 16907

Jean-Pierre MAGNAN

1. Objectifs et historique des normes européennes de terrassements
2. Les sept parties actuelles de la norme EN 16907
3. Besoin de règles de calcul des ouvrages en terre
4. Conclusion

1. Objectifs et historique des normes européennes de terrassements

Motivations initiales

Identifier le domaine des terrassements dans le génie civil et la route.

Créer un corps de normes dédiées aux terrassements.

Partager et mettre en commun des connaissances avec les autres pays européens

- Harmonisation des pratiques

- Consensus sur références techniques et réglementations communes

Couvrir l'ensemble des terrassements, pour éviter l'établissement de normes européennes dispersées dans différents autres domaines d'activité, en tenant compte des spécificités de ces domaines

Ce projet, initié par le SPTF, a été porté par l'AFNOR, en collaboration avec la Commission de Normalisation des Terrassements (CNT) du BNTRA. Mobilisation importante d'experts des entreprises du SPTF, de l'administration (LCPC/IFSTTAR/Univ.G.Eiffel et CETE/CEREMA) et de la communauté des terrassements.

Historique

Organisation de séminaires « Terrassements en Europe » : Paris (2005), Londres (2009), Berlin (2012), Madrid (2018). Prague (prévu en 2021-2022)

2007 : Demande de l'AFNOR au CEN de créer un comité technique (TC) pour la normalisation des (travaux de) terrassements

Création d'un groupe de travail pour obtenir l'accord des pays européens sur la définition du domaine des Terrassements et l'opportunité de créer un cadre européen de normalisation (TC)

2009 : Création du Comité technique CEN / TC 396 «Earthworks»

- Constitution de 5 groupes de travail (plus 3 ensuite)

2018 : Approbation finale (vote) des textes des parties 1 à 6 de la norme.

2019 : Reprise en normes française NF EN 16907-1 à 6

2020 : Mise au point et vote de la partie 7 de la norme.

2. Les sept parties actuelles de la norme EN 16907

Les normes préparées par le CEN/TC 396 sont divisées en plusieurs parties, qui correspondent aux différentes étapes de la planification, de l'exécution et du contrôle des terrassements :

- Partie 1 : Principes et règles générales ;
- Partie 2 : Classification des matériaux ;
- Partie 3 : Procédures de construction ;
- Partie 4 : Traitement des sols à la chaux et/ou avec des liants hydrauliques ;
- Partie 5 : Contrôle de la qualité ;
- Partie 6 : Terre-pleins en remblai hydraulique dragué ;
- Partie 7 : Mise en place de résidus minéraux par voie hydraulique.

Au total 604 pages.

Des normes d'essais sont en cours de préparation.

Partie 1. Principes et règles générales

- Généralités (chap. 1-2-3)
- Principes de conception et d'exécution (chap. 4)
- Reconnaissances spécifiques (chap. 5)
- Conception des remblais (chap. 6)
- Conception des déblais (chap. 7)
- Conception des remblais hydrauliques (chap. 8-9)
- Drainage (chap. 10)
- Optimisation -Spécifications –suivi et vérification du comportement (chap. 11-12-13)
- Pratiques nationales (chap.14 et Annexes)

Partie 1. Principes et règles générales

178 pages (J.P.Magnan et P.Chardard)

Généralités

EN 16907-1 : Domaine d'application

Terrassements = Processus de génie civil pour créer des **ouvrages en terre**

La norme s'applique à tous les types d'ouvrages en terre sauf :

- l'exécution de tranchées et de petits terrassements, qui s'organisent avec des règles simplifiées ou spécifiques ;

Elle donne les :

- définitions,
- principes,
- règles générales applicables à la planification, à la conception et aux spécifications,
- règles de base pour atteindre les objectifs fixés aux travaux.

Elle sert d'introduction aux autres parties de la norme.

Partie 1. Principes et règles générales

Différencier la conception (dimensionnement) de l'ouvrage en terre et la conception des travaux

La conception des ouvrages en terre :

- Stabilité et déformation (normes EN 1997 ou autres)
- Exigences imposées aux propriétés et aux fonctions de l'ouvrage

La conception des terrassements : EN 16907

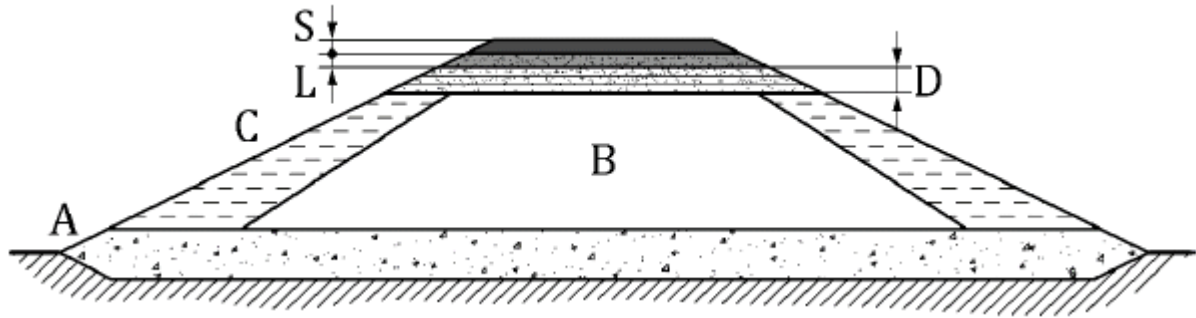
Définition du processus pour transformer un terrain en place, pour créer un déblai ou un remblai répondant aux propriétés requises.

Elle doit tenir compte :

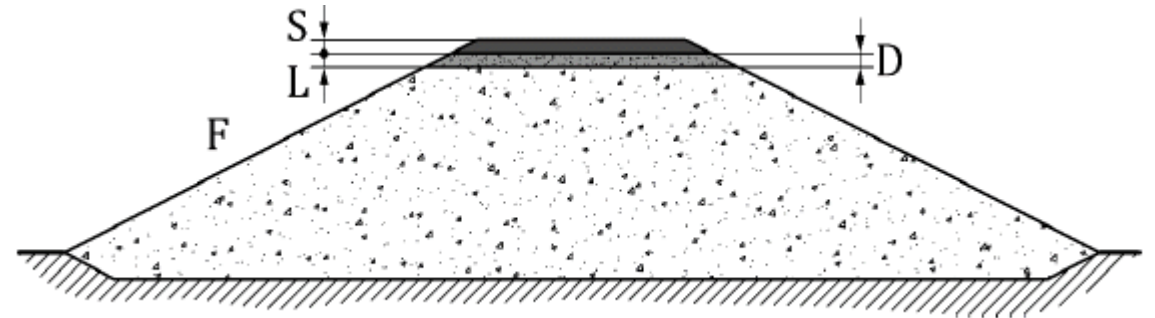
- de la nature, de la géométrie et des propriétés requises de l'ouvrage
- de la nature et de l'état des matériaux à mettre en œuvre
- des contextes hydrogéologique, hydrologique et météorologique
- des matériels possibles pour la réalisation
- des possibilités d'amélioration des matériaux (traitement...)

Partie 1. Principes et règles générales

Conception des remblais – Exemple de zonage des remblais



Cas général



Cas particulier : remblai homogène

A	base
B	noyau
C	encagements(zones latérales)
D	zone supérieure
F	Remblai homogène
L	couche de forme(intégrée à la zone supérieure)
S	superstructure (chaussée/voie ferrée) (ne fait pas partie du terrassement)

Ce découpage implique que l'on puisse définir le rôle de chaque zone dans le comportement global du remblai.

Partie 1. Principes et règles générales

Pratiques nationales

Annexes B à H

Compte tenu :

- de la variabilité des conditions de sous-sol,
- de la variabilité de climat en Europe,
- des différentes dispositions contractuelles nationales,

des règles spécifiques ont été établies dans différents pays européens.

La Norme européenne EN 16907-1 définit les règles de base pour atteindre les objectifs décrits ci-avant.

L'existence de normes nationales ou de procédures bien établies et acceptées qui complètent les présentes normes par **des règles non conflictuelles** avec elles est autorisée (Chapitre 14). Les pratiques du CFBR peuvent en faire partie.

Les annexes informatives B à H de la partie 1, donnent des exemples de pratiques nationales qui suivent ces règles : Autriche, France, Allemagne, Norvège, Espagne, Suède, Royaume Uni
(L'annexe de la France explique ce que contiennent le GTR et le GTS et comment on les applique)

Partie 2 : Classification des matériaux

50 pages (E.Lavallée et J.Varillon)

Classification en trois niveaux :

- description du terrain,
- classification (propriétés intrinsèques),
- classification (propriétés d'état).

Nouveautés pour les sols (par rapport au GTR)

Communs EN 16907-2 et GTR

- Classification en fonction de la nature

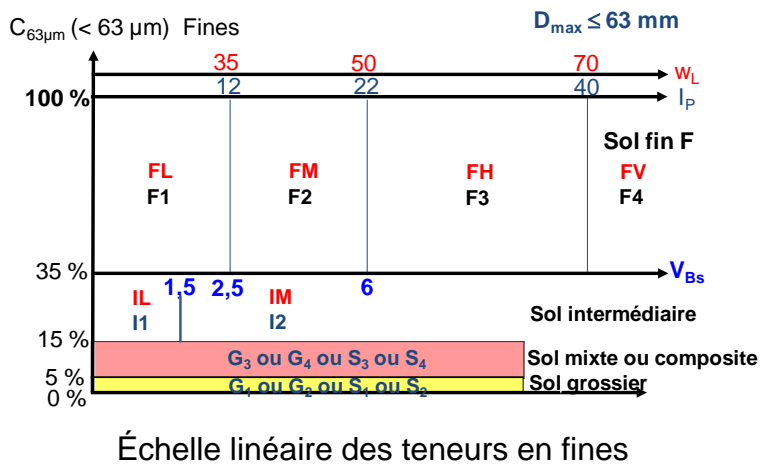
- Granulométrie
- Argilosité (I_p et V_{BS})
- Teneur en MO

Nouveautés EN 16907-2

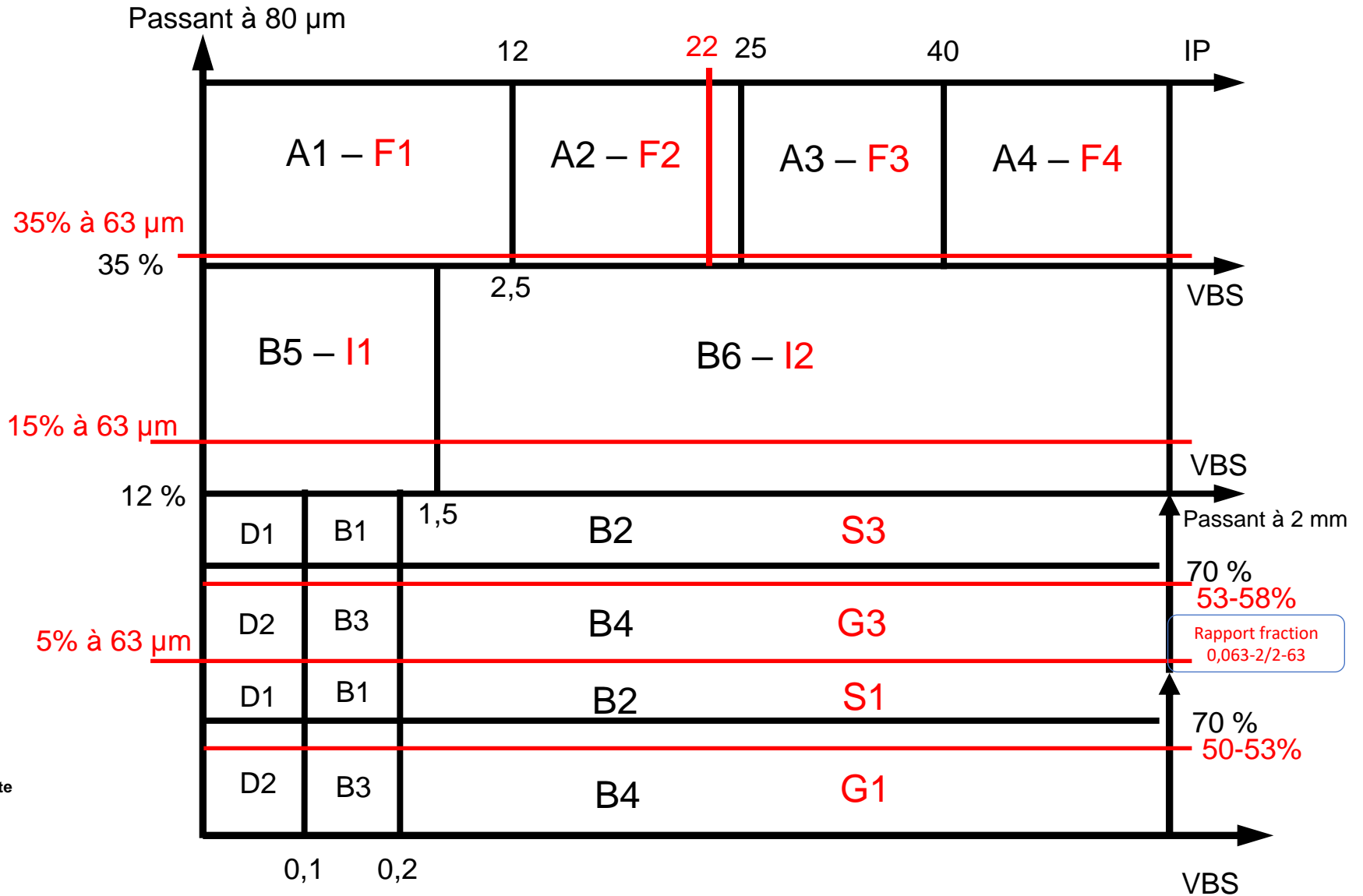
- Utilisation des **tamis 63 mm et 63 μ m** au lieu de 50 mm et 80 μ m
- Changement de **valeurs seuils, classes intermédiaires** (< 5 et <15% fines)
- **Coefficient d'uniformité**: sables et graves
- **Ratio (0,063mm – 2mm) / (2mm - D)** pour différencier sables et graves
- **Seuils modifiés** et ajout de la limite de liquidité et prise en compte du diagramme de plasticité
- Changement de **valeurs seuils**
- Méthode par **perte au feu**

Partie 2 : Classification des matériaux EN 16907-2 et GTR

Une classification proche du GTR.
Des classes granulaires intermédiaires.
Une dimension supplémentaire avec la prise en compte du C_U pour les sables et graves.



Classification des sols



Partie 2 : Classification des matériaux

Nouvelles appellations (symbole provenant de l'anglais)

SOLS:

(F = Fine soil, I = Intermediate soil, S = Sand, G = Gravel, VC = Very Coarse soil)

ROCHES:

(CH = CHalk, Li = Limestone, Cl = Clay, Sa = Sandstone, Co = Conglomerate, SR = Salt Rock, Vo = Volcanic rock, Me = Metamorphic rock)

Partie 3 : Procédures de construction

96 pages (T. Mollier)

Structure de la partie 3

Partie normative 38 pages

Chap 4 Généralités (Prérequis, climat, environnement et matériaux alternatifs) – 3 pages

Chap 5 Excavation (y compris tunnels et sous eau) – 8 pages

Chap 6 Transport (y compris par train et barges) – 7 pages

Chap 7 Remblaiement (y compris sous eau) avec compactage – **15 pages**

Annexes 56 pages

A) Organisation et exécution de planches d'essais – 3 pages

B) Condition d'utilisation en remblai et couches de formes des principaux groupes de matériaux – **47 pages**

C) Types de matériel d'excavation – 3 pages

D) Types de matériel de transport – 1 page

E) Exemples de pratiques nationales – 3 pages

Aucun des guides français n'est remis en cause

Ne remet pas en cause les tables de compactage du GTR

Des nouveaux matériaux sont présentés

Documents francophones pris en compte:

- Conception et réalisation des terrassements - Partie 1: Étude et exécution des travaux
- Guide des Terrassements Routiers - Conditions de réutilisation en remblai
- GTR Marocain – Utilisation des matériaux arides

Partie 3 : Procédures de construction

Philosophie de cette partie

Synthèse de l'expérience européenne

- Les pays actifs: UK, Espagne, Norvège, Suède, France
- Approche conjointe consultant, entreprise et administration
- Ne se limite pas aux aspects purement normatifs
- Techniques de construction existantes en Europe
- Intégrer tous les types de sols (de tropicaux à permafrost)
- Prise en compte de la partie 2 (groupes de matériaux)

Chapitre 5 – Excavation

Type de matériau et **techniques d'excavation**

Avec complément sur matériels en annexe C

Considérations spéciales lors d'une excavation de **massif rocheux**

Influence de **l'utilisation finale** des matériaux excavés

Protection des déblais au cours de la construction

Chapitre 6 - Transport

Principe du choix des engins de transport (Description des engins en annexe D)

Transport grande masse

Transport sur la PST ou la couche de forme

Pistes de transport

Transport routiers

Notion de traficabilité, Poussières, réseaux enterrés

Autres types de transport

Voies navigables Voies ferrées Matériaux issus de tunnel

Chapitre 7 – Remblaiement et compactage

Préparation de l'assise de remblai (redans et drainage)

Épaisseur maximale de couche $D_{max}=2/3$ épaisseur

Régalage et compactage des bords de remblai

Description des principaux types de compacteurs et compatibilité avec les groupes de matériaux

Matériaux fins (Annexe B2) – 13 pages

Matériaux granulaires (Annexe B3) – UK – 5 pages

Roches R4, R5 de **faible résistance**, intermédiaires et évolutives (Annexe B4) – 3 pages

Roches dures R1, R2, R3 (Annexe B5) – 2 pages

Craies CH1 à CH4 (Annexe B6) – Synthèse F+UK – 8 pages

Sols arides (Annexe B7) – GTR Maroc – 2 pages

Sols résiduels tropicaux (Annexes B8) – F et UK – 3 pages

Sels solubles (Annexe B9) – Espagne – 3 pages

Argiles actives (Annexe B10) – Esp – 6 pages

Construction sur le permafrost (Annexe B11) – N – 2 pages

Partie 4 : Traitement des sols à la chaux et/ou avec des liants hydrauliques

96 pages (D.Puiatti)

Définitions

Le traitement d'un matériau désigne l'opération qui consiste à mélanger ledit matériau avec un liant minéral.

On distingue :

Amélioration

Opération qui modifie à court terme les propriétés physiques d'un matériau (teneur en eau, plasticité, aptitude au compactage, potentiel de gonflement, etc.) par ajout d'un liant (cas type : remblai ordinaire).

Stabilisation

Opération qui consiste à mélanger un sol avec un ou plusieurs liants et éventuellement de l'eau, de manière à obtenir, après compactage, une augmentation significative des performances du sol (généralement à moyen ou à long terme) afin de le rendre stable, en particulier vis-à-vis de l'action de l'eau, du gel, des sollicitations dynamiques, etc. (cas type : couche de forme).

Décision du TC396

Traitement des matériaux (naturels, artificiels et recyclés) avec des liants normalisés :

- chaux, - cendres volantes, - ciments, - laitiers de hauts fourneaux, - liants hydrauliques routiers,

Couverture de l'ensemble des opérations, des études à l'exécution, pour l'amélioration comme pour la stabilisation.

Spécifications relatives aux constituants, à la composition des mélanges et à leur classification selon les performances mesurées en laboratoire.

Hors domaine d'application : le remblayage souterrain, les tranchées, les colonnes traitées, les pieux.

Partie 4 : Traitement des sols à la chaux et/ou avec des liants hydrauliques

Distinguer la norme Terrassements des normes Matériaux de chaussée

Comités techniques CEN	Liants <i>(Spécifications particulières en plus des normes liants existantes)</i>	Méthodologie d'étude en laboratoire	Classification des matériaux traités	Exécution et contrôle
TC227 : Matériaux pour la route <i>(au sens chaussée)</i>	<ul style="list-style-type: none">• EN 14227-2 : Laitier• EN 14227-4 : Cendre volante	Pas de norme	<ul style="list-style-type: none">• EN 14227-1 à 5 : Matériaux granulaires traités• EN 14227-15 : Sols traités	Pas de norme
TC396 : Terrassements	Pas de spécifications particulières	EN 16907-4 : Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques		

Partie 4 : Traitement des sols à la chaux et/ou avec des liants hydrauliques

Partie normative

- Avant-propos national
- Avant-propos européen
- Introduction
- 1. Domaine d'application
- 2. Références normatives
- 3. Termes et définitions
- 4. Symboles et abréviations
- 5. Constituants
 - Matériaux
 - Liants
 - Eau
 - Autres constituants
- 6. Mélanges
 - Proportions

7. Méthodologie d'étude

- Essais d'identification
- Faisabilité du traitement
- Délai de maniabilité
- Caractéristiques d'exécution
- Performances mécaniques
- Préparation des éprouvettes
- Contenu des études
- Rapport d'essai

8. Classification f(performances)

- Amélioration
- Stabilisation

9. Exécution et contrôle

- Amélioration
- Stabilisation

Annexes informatives

- A. Fabrication des éprouvettes
- B. Vitesse de chargement
- C. Méthode sismique
- D. Sensibilité f(dispersion)
- E. Exemples âges et cures
- F. Autres caractéristiques
- G. Identification sulfure / sulfate
- H. Matériels
- I. Séquences et procédés
- J. Autres applications
- K. Liste de contrôle
- L. Sécurité
- M. Considérations climatiques
- N. Abaque dosage en chaux

Seuls les paragraphes 1 à 6 et 8 ont leurs correspondants dans la série NF EN 14227 :
Matériaux pour la route

Ces annexes n'ont pas d'équivalents dans la
série NF EN 14227 : *Matériaux pour la route*

Partie 4 : Traitement des sols à la chaux et/ou avec des liants hydrauliques

Particularités de la norme NF EN 16970-4

- Référence à des liants normalisés
 - Chaux, ciments, liants hydrauliques routiers, cendres volantes, laitiers
- Méthodologie d'étude en laboratoire
 - Inspirée des normes françaises (NF P 94-102-1 & 2)
- Classification selon les performances
 - Miroir avec la série NF EN 14227 (application chaussées)
 - Mais adaptation en fonction des spécificités des terrassements
 - Critères représentatifs des pratiques dans les 3 pays dominants (DE, FR, UK)
- Exécution
 - Prescriptions conformes aux règles de l'art

Utilisation de la norme en France

Avant propos national de la norme NF EN 16907-4 & Fascicule de documentation **FD P11-304 (§ 6)**

- Positionnent la norme par rapport aux normes de la série NF EN 14227 (chaussées)
- Indications concernant les spécificités de la norme
- Indications pour l'usage en France
- Confirmation de l'harmonie avec le GTS

Impact de la norme

- Elle constitue une base de référence solide pour le transfert de la technique dans d'autres domaines que celui des infrastructures de transport.
- En cours : application dans les digues et les barrages (bulletin de la Commission Internationale des Grands Barrages – **Rédaction en cours**).

Partie 5 : Contrôle de la qualité

21 pages (J. Varillon)

Avant-propos européen

1 Domaine d'application

2 Références normatives

3 Termes et définitions

4 Programme d'assurance qualité

5 Plan de contrôle qualité

6 Contrôle des matériaux

7 Approches du contrôle de compactage

7.2 Spécification de la méthode

7.3 Spécification du produit fini

8 Essai de conformité

8.2 Essais de masse volumique *in-situ*

8.3 Essais de rigidité et de portance

8.3.2 Essais de chargement à la plaque

8.3.3 Essais au deflectomètre

8.3.4 Essais de pénétration

8.3.5 Méthodes de contrôle de la qualité de compactage des matériaux grossiers

8.4 Contrôle du compactage en continu (CCC) à l'aide de compacteurs vibrants

8.5 Géométrie / tolérances

9 Fréquence des essais

10 Évaluation des résultats d'essai

11 Enregistrements à conserver pendant la construction

12 Surveillance de la construction de remblais

Annexe A (informative) Méthodes d'évaluation des résultats d'essai

Annexe B (informative) Spécification des exigences de compactage à l'aide de la méthode Q/S

Partie 6 : Terre-pleins en remblai hydraulique dragué

59 pages

Sommaire

Avant-propos européen

Introduction

1 Domaine d'application

2 Références normatives

3 Termes et définitions

4 Symboles et abréviations

5 Phases des projets de terre-plein

6 Aspects de conception pour les travaux de terrassement en remblai hydraulique dragué

7 Spécifications techniques pour les travaux de terrassement en remblai hydraulique dragué

8 Recueil de données

9 Matériel

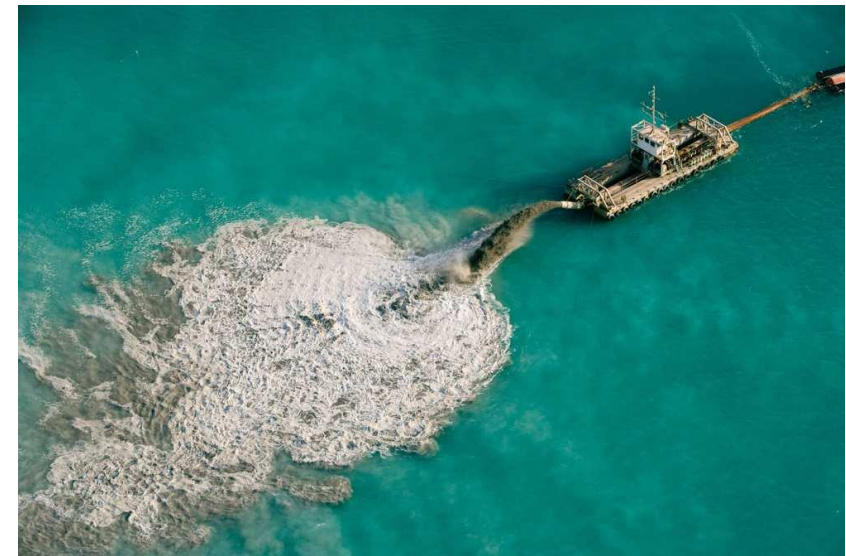
10 Conception d'exécution de travaux de terrassement avec remblai hydraulique dragué

11 Contrôle et suivi de la qualité

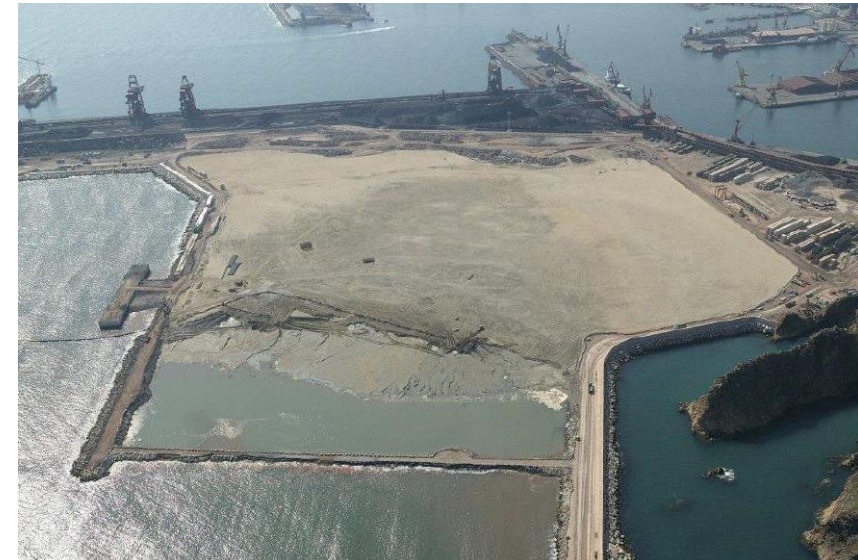
Annexe A (informative) Méthodes de surveillance et d'essai ne relevant pas du CEN et de l'ISO

Annexe B (informative) Détermination des masses volumiques sèches minimale et maximale, ainsi que de l'indice de densité

Bibliographie



Dubaï. Sable marin importé d'Australie (150 et 500 Mt)



Les matériaux sont prélevés dans une zone d'emprunt puis mis en place par voie hydraulique pour créer des terre-pleins gagnés sur l'eau.

Les propriétés du remblai achevé peuvent être obtenues sans action spécifique ou nécessiter une amélioration.

Partie 7 : Mise en place de résidus minéraux par voie hydraulique

104 pages

Introduction

1 Domaine d'application

2 Références normatives

3 Termes et définitions

4 Symboles et abréviations

5 Développement des projets de mise en place hydraulique

6 Caractérisation des installations pour déchets miniers

7 Caractérisation du site et du matériau

8 Plan de gestion des déchets miniers

9 Conception, construction, exploitation et fermeture des installation pour déchets miniers

10 Contrôle de la qualité de la construction

11 Instrumentation et suivi

12 Régimes d'inspection

Annexe A (informative) Essais géotechniques non standardisés sur les remblais hydrauliques

Annexe B (informative) Phases d'installation des installations pour déchets miniers (MWF)

Annexe C (informative) Procédures pour la construction d'une digue de MWF

Annexe D (informative) Considérations sur le dimensionnement des ouvrages en terre

Annexe E (informative) Options de récupération de l'eau

Annexe F (informative) Contenu d'un manuel OMS typique

Annexe G (informative) Remblai de confinement CQA – Fréquence de test recommandée

Annexe I (informative) Instrumentation pour une installation de déchets miniers (MWF)

Annexe J (informative) Fréquence d'inspection technique d'une installation de déchets miniers (MWF)

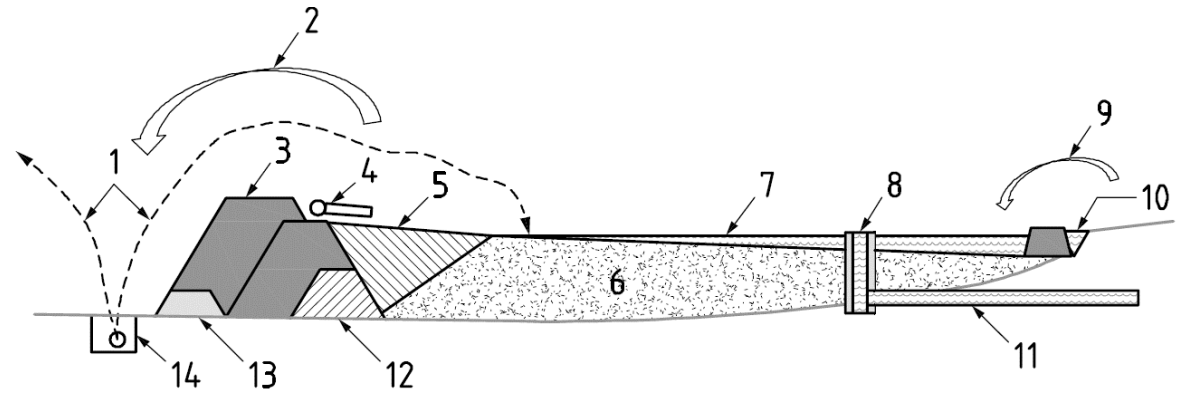
Annexe K (informative) Inspections techniques quotidiennes

Annexe L (informative) Inspections techniques hebdomadaires

Annexe M (informative) Programme d'inspection technique et de rapport

Annexe N (informative) Contenu d'un rapport d'inspection technique

Bibliographie



3. Besoin de règles de calcul des ouvrages en terre

Les normes de la série NF EN 16907 sont des normes d'exécution des travaux de terrassements. L'objectif est de construire un ouvrage en terre, qui doit être justifié selon les règles de l'art.

La préparation d'une norme de justification des ouvrages en terre (de la même série que pour les fondations, les soutènements, les ouvrages en sols renforcés) NF P 94-290 a été entreprise en 2019, pour déboucher sur une enquête en 2021, si les conditions s'y prêtent.

Le groupe de travail chargé de préparer cette norme a été créé sous l'égide des commissions de normalisation CNT (Terrassements) et CNJOG (Justification des ouvrages). Cette norme doit fournir une base pour le dimensionnement de tous les ouvrages en terre produits par les terrassements. L'objectif est d'inclure dans cette norme les pratiques établies dans tous les domaines concernés par les terrassements. Le groupe de travail est ouvert à toutes les personnes et groupes intéressés.

4. Conclusion

Des grands efforts ont été consacrés à la préparation des normes d'exécution des terrassements, en les gardant ouvertes aux pratiques nationales ou sectorielles.

À nous de les utiliser au mieux pour assurer la qualité de nos travaux de terrassements et de nos ouvrages en terre...

En particulier, quel impact sur les ouvrages hydrauliques et quel impact à l'international.