**TGN 001 : 2024  
1ère Edition**

**NORME   
TOGOLAISE**



**Ciment – Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants**

*Homologuée par Décision N° XXX du … du Conseil Technique de Normalisation de l’ATN*

Agence Togolaise de Normalisation (ATN), Etablissement public doté de la personnalité morale et de l’autonomie de gestion, sis à Cacaveli, derrière la direction générale de l’Institut de Conseil d’Appui Technique (ICAT), à côté de l’entrée du siège du Conseil Permanent des Chambres d’Agriculture du Togo (CPCAT), 05 BP 832 Lomé-Togo ; Tél (+228) 22 55 35 54 ; E- mail : [atntogo2020@gmail.com](mailto:atntogo2020@gmail.com) ; [secretariat@atn.hauqe.tg](mailto:secretariat@atn.hauqe.tg)  
www.hauqe.tg/atn

**Sous-Commission de Normalisation 4 : Constructions et Matériaux de construction**

**PRESIDENCE :** LNBTP

**REPRESENTANT :** Mi-Hein-nou EDORH

**SECRETARIAT** : ATN

**REPRESENTANTS** : Têtê Novinyo DOUMASHIE  
 : Messah SOGLO

|  |  |
| --- | --- |
| **MEMBRES** | **REPRESENTANTS** |
| HAUQE | Laré Arzouma BOTRE |
| ATN | Essot’na Héyou BODJONA |
| CIMTOGO | K. Lambert De SOUZA |
| COTAG | Koffivi LAKOUSSAN |
| WACEM | Kokou Abalo ADJOLA |
| SCANTOGO | HOUNKPATI Yaou |
| ATOPROQ | Adadé Séraphin KOUEVI |
| MDEM | SONGRE Douti |
| CIMCO INDUSTRIE | DEMAGNON Kouami |
| SAFER | BEDINADE T. Pouklè |
| DIAMOND CEMENT TOGO | DAKLOU Kokou Mawutodji |
| MTPI | KANGNI-DOSSOU Kokou |
| ATC | Affoh ESSOAZINA |
| ONIT | GNASSIMGBE Kpessaga Theodore |
| DIAMOND CEMENT TOGO | M. V. SUBDA Rao |
| LABTP | KESSIE Ezouwè |
| FORTIA CEMENT | LAMADOKOU Kouma |
| DANGOTE CEMENT | Yusuf NABE |
| DANGOTE CEMENT | Baba Tunde NOFIU |
| UNIVERSITE DE LOME | OFALEKE |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Table des matières**

[**Table des matières** 3](#_Toc181705188)

[AVANT PROPOS 6](#_Toc181705189)

[1. CHAMP D’APPLICATION 7](#_Toc181705190)

[2. RÉFÉRENCES NORMATIVES 7](#_Toc181705191)

[3. TERMINOLOGIE 8](#_Toc181705192)

[3.1. Oxyde de calcium réactif (CaO) 8](#_Toc181705193)

[3.3. Constituant principal: 8](#_Toc181705194)

[3.4. constituant secondaire: 9](#_Toc181705195)

[4. CIMENT 11](#_Toc181705196)

[**5.** **CONSTITUANTS** 11](#_Toc181705197)

[5.2.4.4. Schiste calciné (T) 15](#_Toc181705198)

[5.2.4.5. Fumée de silice (D) 16](#_Toc181705199)

[5.2.5. Constituants secondaires 17](#_Toc181705200)

[5.3. Sulfate de calcium 17](#_Toc181705201)

[5.4. Additifs 17](#_Toc181705202)

[6. COMPOSITION ET NOTATION 18](#_Toc181705203)

[6.1 Composition et notation des ciments courants 18](#_Toc181705204)

[6.2 Composition et notation des ciments courants résistants aux sulfates (ciments SR) 20](#_Toc181705205)

[6.3 Composition et notation des ciments courants à faible résistance à court terme 21](#_Toc181705206)

[7. EXIGENCES MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE DURABILITÉ 22](#_Toc181705207)

[7.1 Exigences Mécaniques 22](#_Toc181705208)

[7.1.1 Résistance courante 22](#_Toc181705209)

[7.1.2. Résistance à court terme 22](#_Toc181705210)

[7.2 Exigences Physiques 23](#_Toc181705211)

[7.2.1 Temps de début de prise 23](#_Toc181705212)

[7.2.2. Stabilité 23](#_Toc181705213)

[7.2.3. Chaleur d'hydratation 23](#_Toc181705214)

[7.2.4. Exigences Chimiques 23](#_Toc181705215)

[7.2.5. Exigences de durabilité 24](#_Toc181705216)

[7.2.6. Généralités 24](#_Toc181705217)

[7.2.7. Résistance aux sulfates 24](#_Toc181705218)

[8. Désignation normalisée 25](#_Toc181705219)

[9. CRITÈRES DE CONFORMITÉ 28](#_Toc181705220)

[9.1. Exigences générales 28](#_Toc181705221)

[9.2. Critères de Conformité pour les Propriétés Mécanique, Physique et Chimique et Méthode d'Evaluation 30](#_Toc181705222)

[9.2.1. Généralités 30](#_Toc181705223)

[9.2.2. Critères Statistiques de Conformité 30](#_Toc181705224)

[9.2.2.1. Généralités 30](#_Toc181705225)

[9.2.2.3. Contrôle par attributs 32](#_Toc181705226)

[9.2.3. Critères de Conformité applicables à chacun des résultats 33](#_Toc181705227)

[9.3. Critères de conformité applicables à la composition du ciment 34](#_Toc181705228)

[9.4. Critères de conformité applicables aux propriétés des constituants du Ciment 35](#_Toc181705229)

[A.1. Généralités 36](#_Toc181705230)

[A.2. Conditions d'Approvisionnement 36](#_Toc181705231)

[A.2.1. Identification 36](#_Toc181705232)

[A.2.2. Ciment Emballé/en Sac 36](#_Toc181705233)

[A.3. Rapport d’Essai 36](#_Toc181705234)

[A.3.1. Généralités 36](#_Toc181705235)

[A.3.2. Tous les Ciments CEM 36](#_Toc181705236)

[A.3.3. Ciments Portland Calcaires (CEM II/A-L et CEM II/B-L) 37](#_Toc181705237)

[A.4. Informations supplémentaires 37](#_Toc181705238)

[A.4.1. Généralités 37](#_Toc181705239)

[A.4.2. Tous les Ciments CEM 37](#_Toc181705240)

[A.4.3. Informations relatives à l’Alcali pour les Ciments CEM individuels 37](#_Toc181705241)

[Annexe B (à titre d’information) 41](#_Toc181705242)

[B.1. Echantillonnage et Essai pour l'inspection d'acceptation à la livraison 41](#_Toc181705243)

[B.2 Lorsque le ciment est testé pour les propriétés chimiques (voir 6.3) l'échantillon d'essai doit être préparé par la méthode décrite au Paragraphe 6 de la norme EN 196-2 :2013. 41](#_Toc181705244)

[B.3 L’essai doit être effectué en conformité avec les méthodes appropriées selon les Normes Industrielles togolaises pertinentes. 41](#_Toc181705245)

[B.4 Les valeurs limites applicables à l'inspection d'acceptation de ciment doivent être celles données dans le Tableau B.1A. 41](#_Toc181705246)

[Annexe C (à titre d’information) 43](#_Toc181705247)

[C.1. Contrôle de Finesse du Ciment Portland 43](#_Toc181705248)

[C.2. Ciment Portland Pigmenté 43](#_Toc181705249)

[Annexe D 44](#_Toc181705250)

[D.1. Stockage 44](#_Toc181705251)

[D.2. Température d’essai 44](#_Toc181705252)

[Bibliographie 45](#_Toc181705253)

# AVANT PROPOS

L’Agence togolaise de normalisation (ATN), structure technique de la Haute autorité de la qualité et de l’environnement (HAUQE) est créée par la loi cadre N°2009-016 du 12 Août 2009 portant organisation du schéma national d’harmonisation des activités de normalisation, d’agrément, de certification, d’accréditation, de métrologie, de l’environnement et de la promotion de la qualité au Togo. Elle a pour mission d’atteindre les objectifs d’harmonisation et de reconnaissance mutuelle des normes techniques ainsi que les procédures d’homologation en vigueur dans les Etats membres tels que prévus par les traités communautaires.

A ce titre, ses principales attributions sont l’élaboration et l’adoption des normes pertinentes relevant de tous les secteurs socio-économiques en vue de faciliter le commerce régional, africain et international et garantir la santé et la sécurité des populations et préserver l’environnement.

Le travail d’élaboration et d’adoption des normes se fait au sein des comités techniques conformément aux procédures décrites dans les directives ISO/IEC, Partie 1 et partie 2.

L’élaboration de cette norme togolaise sur le ciment découle de la nécessité, de valoriser les ressources minières disponibles et de réguler le marché du ciment au Togo.

La présente norme constitue la partie 1 de la norme togolaise sur le ciment. Elle définit la composition et les critères de conformité des ciments.

Certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de brevet. L’ATN n’est pas tenue de préciser de tels droits de brevet

**INTRODUCTION**

II est admis que les ciments diffèrent entre eux par leurs propriétés et leurs performances. Les essais de performance actuellement disponibles (temps de prise, résistance, stabilité et chaleur d’hydratation) ont été inclus dans la présente norme. Il est nécessaire que le choix du ciment, et notamment du type et/ou de la classe de résistance en fonction des exigences de durabilité, vis-à-vis de la classe d'exposition et du type de construction dans laquelle il est incorporé, suive les normes et/ou règlementations en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton ou du mortier.

# CHAMP D’APPLICATION

La présente norme togolaise pour le ciment - Partie 1 définit et donne les spécifications de vingt-sept (27) ciments ordinaires distincts et de leurs composants. La définition de chaque ciment comprend les proportions dans lesquelles les composants doivent être combinés pour produire des ciments distincts dans une gamme de neuf (09) catégories en termes de résistance. La définition inclut également des exigences auxquelles les composants doivent satisfaire. Elle inclut également les exigences mécaniques, physiques et chimiques.

Par ailleurs, la présente norme établit les critères de conformité et les règles correspondantes. En outre, il est fait référence aux exigences relatives à la durabilité, aux conditions d’emballage, de marquage ainsi que le contrôle de qualité pour les ciments produits ou importés.

Note 1 : *En plus des exigences spécifiées, un échange d'informations supplémentaires entre le fabricant et l'utilisateur de ciment peut être utile. Les modalités d'un tel échange ne sont pas incluses dans le champ d'application de la présente norme, mais doivent être traitées conformément aux normes et règlements* *nationaux, ou peuvent être convenues entre les parties concernées.*

Note 2 : *Le mot «ciment» dans la présente norme est utilisé pour se référer uniquement aux ciments courants, sauf indication contraire.*

# RÉFÉRENCES NORMATIVES

1. Norme TGN ISO 9277: 2010 - Détermination de la Surface Spécifique des Solides par Absorption de Gaz – Méthode BET
2. Norme TGN ISO 9286 : 1997 – Grains Abrasifs et Bruts – Analyse Chimique du Carbure de Silicium
3. Norme TGN 002 :2024 - Ciment - Partie 2 : Évaluation et vérification de la constance de la performance
4. Norme EN 196-2 Méthode d'Essai des ciments - Analyse Chimique du Ciment
5. Norme EN 196-3 Méthode d'Essai des ciments – Détermination de temps de prises
6. Norme EN 196-1 – Méthode d'Essai des ciments - Détermination de la Résistance
7. EN 196-6 - Méthodes d'Essai du ciment - Détermination de la Finesse
8. Norme EN 451-1 - Méthode d'Essai des Cendres Volantes - Partie 1 : Détermination de la Teneur en Oxyde de Calcium Libre
9. EN 196-5 - Méthodes d'Essai du Ciment — Test de Pouzzolanicité pour le Ciment Pouzzolanique
10. Norme EN 933-9 :1998 - Essais pour les Caractéristiques - Évaluation de la Finesse - Essai au Bleu de Méthylène
11. Norme EN 196-7 - Méthodes d'Essai du Ciment – Méthodes de Prélèvement et d'Echantillonnage de Ciment
12. Norme EN 196-8 - Méthodes d'Essai du Ciment – Chaleur d’hydratation – Méthode par dissolution
13. Norme EN 196-9 - Méthodes d'Essai du Ciment – Chaleur d’hydratation – Méthode semi adiabatique
14. Norme EN 13639 - Méthodes d'Essai du Ciment – Détermination du carbone organique total dans le calcaire

# TERMINOLOGIE

Aux fins de la présente norme, les termes et les définitions suivants sont applicables :

# Oxyde de calcium réactif (CaO)

Proportion de l’oxyde de calcium qui, dans des conditions normales de durcissement, peut former des silicates de calcium hydratés ou des aluminates de calcium hydratés.

*NOTE : Pour évaluer cette proportion, retrancher de la teneur totale en oxyde de calcium (CaO) (voir EN 196-2) la proportion correspondant au carbonate de calcium (CaCO3) calculée sur la base de la teneur mesurée en dioxyde de carbone (CO2) (voir EN 196-2) et la proportion correspondant au sulfate de calcium (CaSO4) calculée sur la base de la teneur mesurée en sulfate (SO3) (voir EN 196-2), déduction faite de la quantité de SO3 fixée par les alcalins.*

* 1. **dioxyde de silicium réactif (SiO2):**

Proportion de SiO2 soluble après traitement dans l'acide chlorhydrique (HCl) et dans une solution en ébullition d'hydroxyde de potassium (KOH).

*NOTE : La quantité de SiO2 réactif est déterminée en retranchant de la teneur totale en SiO2 la proportion contenue dans le résidu insoluble dans l’acide chlorhydrique et dans l’hydroxyde de potassium, toutes deux étant déterminées sur échantillon sec (voir la norme EN 196-2 « Méthodes d'essais des ciments - Partie 2 : Analyse chimique des ciments »).*

# Constituant principal:

Matériau minéral spécialement choisi, représentant une proportion supérieure à 5 % en masse de la somme de tous les constituants principaux et secondaires.

# constituant secondaire:

Matériau minéral spécialement choisi, représentant une proportion inférieure ou égale à 5 % en masse de la somme de tous les constituants principaux et secondaires.

* 1. **Type de ciment courant:**

Un des 27 produits (voir tableau 1) de la famille des ciments courants.

* 1. **Classe de résistance du ciment:**

Classe de résistance à la compression.

* 1. **Essai d’autocontrôle:**

Essai effectué en continu par le fabricant sur des échantillons ponctuels de ciment prélevés au(x) point(s) de délivrance du produit de l'usine ou du dépôt.

* 1. **Période de contrôle:**

Période de production et de distribution identifiée pour l'évaluation des résultats des essais d'autocontrôle.

* 1. **Valeur caractéristique :**

Valeur correspondant à une propriété requise en dehors de laquelle se situe un pourcentage spécifié, le percentile Pk, de toutes les valeurs de la population étudiée.

* 1. **Valeur caractéristique spécifiée:**

Valeur caractéristique d'une propriété mécanique, physique ou chimique qui, dans le cas d’une limite supérieure, ne peut être dépassée ou, dans le cas d’une limite inférieure, doit au moins être atteinte.

* 1. **Valeur limite applicable à chacun des résultats:**

Valeur correspondant à une propriété mécanique, physique ou chimique, et qui (pour aucun des résultats d'essais) ne peut être dépassée, dans le cas d’une limite supérieure, ou doit, au minimum être atteinte, dans le cas d’une limite inférieure.

* 1. **Probabilité admissible d’acceptation CR:**

Dans un plan d'échantillonnage donné, probabilité admissible d'acceptation d'un ciment comportant une valeur caractéristique hors de la valeur caractéristique spécifiée.

* 1. **Plan d’échantillonnage :**

Plan spécifique définissant l’effectif (statistique) de l’échantillon à utiliser, le percentile Pk et la probabilité admissible d’acceptation CR.

* 1. **Echantillon ponctuel :**

Échantillon prélevé à un instant et à un endroit donné, en fonction des essais prévus. Il peut être obtenu par une prise ou la combinaison de plusieurs prises élémentaires immédiatement consécutives (voir la norme EN 196-7 « Méthodes d'essais des ciments - Partie 7 : Méthodes de prélèvement et d'échantillonnage du ciment »).

* 1. **Chaleur d'hydratation**

Quantité de chaleur dégagée lors de l’hydratation d’un ciment pendant un intervalle de temps donné

* 1. **Ciment courant à faible chaleur d’hydratation**

Ciment courant à chaleur d’hydratation limitée.

* 1. **Ciment courant résistant aux sulfates**

Ciment courant qui satisfait aux exigences relatives aux propriétés de résistance aux sulfates.

* 1. **Ciment de haut fourneau à faible résistance à court terme et à faible chaleur d’hydratation**

Ciment de haut fourneau à faible résistance à court terme et à chaleur d’hydratation limitée.

* 1. **Ciment de haut fourneau à faible résistance à court terme et résistant aux sulfates**

Ciment de haut fourneau à faible résistance à court terme qui satisfait aux exigences relatives aux propriétés de résistance aux sulfates.

# CIMENT

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire un matériau minéral finement moulu qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et de processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

Le ciment conforme à la présente norme, appelé ciment CEM, mélangé avec des granulats et gâché avec de l'eau de façon appropriée, doit être capable de produire un mortier ou un béton qui conserve son ouvrabilité pendant un temps suffisamment long et doit, après des périodes déterminées, atteindre des niveaux de résistance prescrits et aussi présenter une stabilité de volume à long terme.

Le durcissement hydraulique du ciment CEM est principalement dû à l'hydratation des silicates de calcium, mais d'autres composés chimiques peuvent également intervenir dans le processus de durcissement, tels que, par exemple, les aluminates. Dans les ciments CEM, la somme des quantités relatives d'oxyde de calcium (CaO) et de dioxyde de silicium (SiO2) réactifs doit représenter une proportion au moins égale à 50 % en masse, lorsqu'elles sont déterminées selon la norme EN 196-2 « Méthodes d'essais des ciments - Partie 2 : Analyse chimique des ciments ».

Les ciments CEM sont constitués de différents matériaux et sont de composition statistiquement homogène du fait d'une assurance qualité couvrant les processus de production et de manutention. Le lien entre ces processus de production et de manutention et la conformité du ciment à la présente norme est défini dans la norme TGN 002 : 2024 Ciment – Partie 2 : Evaluation et vérification de la constance et de la performance.

*NOTE : Il existe également des ciments dont le durcissement est principalement dû à la présence d'autres composants, par exemple l'aluminate de calcium dans le ciment d'aluminates de calcium.*

1. **CONSTITUANTS**

**5.1 Généralités**

Les exigences portant sur les constituants spécifiés dans les paragraphes 5.2 à 5.5 doivent, en principe, être déterminées conformément aux méthodes d'essais décrites dans les normes togolaises sur les méthodes d’essais des ciments, sauf spécifications contraires.

**5.2 Principaux Composants**

**5.2.1 Clinker Portland (K)**

Le clinker Portland est obtenu par calcination d'un mélange fixé avec précision de matières premières (farine crue, pâte) contenant des éléments couramment exprimés en oxydes CaO, SiO2, Al2O3, Fe2O3 et de petites quantités d'autres matières. La farine crue ou la pâte, qui est finement divisée et intimement mélangée, est donc homogène.

Le clinker Portland est un matériau hydraulique qui doit être constitué d'au moins deux tiers en masse de silicates de calcium (3 CaO.SiO2 et 2CaO.SiO2), la partie restante étant constituée de phases contenant de l'aluminium et du fer, ainsi que d'autres composants. Le rapport massique (CaO)/(SiO2) ne doit pas être inférieur à 2,0. La teneur en oxyde de magnésium (MgO) ne doit pas dépasser 5,0 % en masse.

Le clinker Portland incorporé dans un ciment Portland résistant aux sulfates (CEM I) et dans des ciments pouzzolaniques résistant aux sulfates (CEM IV) doit satisfaire aux exigences complémentaires portant sur la teneur en aluminate tricalcique (C3A). La teneur en aluminate tricalcique du clinker doit être calculée à l’aide de l’équation (1) suivante :

C3A = 2,65 A – 1,69F (1)

où :

**A** est le pourcentage en masse d’oxyde d’aluminium (Al2O3) du clinker déterminé conformément à la norme EN 196-2 ;

**F** est le pourcentage en masse d’oxyde de fer (III) (Fe2O3) du clinker déterminé conformément à la norme EN 196-2.

*NOTE : Il se peut que le calcul donne une valeur négative de C3A. Dans ce cas, il convient d’enregistrer la valeur 0 %.*

Dans le cas particulier du CEM I, il est permis de calculer la teneur en C3A du clinker à partir de l’analyse chimique du ciment. Il convient que la fréquence minimale d’essai et l’utilisation de variantes pour l’évaluation directe ou indirecte du C3A soient incluses dans le contrôle de la production en usine (voir la norme togolaise TGN 002).

Une fréquence d’essai type est de deux fois par mois dans une situation normale.

Les ciments Portland résistants aux sulfates et les ciments pouzzolaniques résistant aux sulfates sont produits à partir d’un clinker Portland dont la teneur en C3A ne dépasse pas :

pour CEM I : 0 %,3% ou 5 % selon le cas (voir 6.2) ;

pour CEM IV/A et CEM IV/B : 9 %.

**5.2.2 Laitier Granulé de Haut-fourneau (S)**

Le laitier granulé de haut fourneau est obtenu par refroidissement rapide du laitier fondu de composition adaptée provenant de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau ; il contient au moins deux tiers en masse de laitier vitreux et présente des propriétés hydrauliques après avoir subi une activation convenable.

Le laitier granulé de haut fourneau doit être constitué d'au moins deux tiers en masse de la somme de l’oxyde de calcium (CaO), l’oxyde de magnésium (MgO) et du dioxyde de silicium (SiO2). Le restant contient de l’oxyde d’aluminium (Al2O3) ainsi que de faibles quantités d'autres composants. Le rapport massique (CaO + MgO) / (SiO2) doit être supérieur à 1,0.

**5.2.3. Matériaux pouzzolaniques (P, Q)**

**5.2.3.1. Généralités**

Les matériaux pouzzolaniques sont des substances naturelles siliceuses ou silico-alumineuses, ou une combinaison de celles-ci. Bien que les cendres volantes et les fumées de silice aient des propriétés pouzzolaniques, leurs spécifications font l'objet de paragraphes séparés (voir 5.2.4 et 5.2.7).

Les matériaux pouzzolaniques ne durcissent pas par eux-mêmes lorsqu'ils sont mélangés avec de l'eau mais, lorsqu'ils sont finement broyés, ils réagissent à température ambiante, en présence d'eau, avec l'hydroxyde de calcium [Ca(OH)2] dissous, pour former des composés de silicates de calcium et d'aluminates de calcium générateurs de résistances. Ces composés sont comparables à ceux qui sont formés lors du durcissement des matériaux hydrauliques. Les pouzzolanes sont composées essentiellement de dioxyde de silicium (SiO2) réactif et d'oxyde d’aluminium (Al2O3). La partie restante contient de l'oxyde de fer (Fe2O3) et d'autres oxydes. La proportion de CaO réactif est négligeable vis-à-vis du durcissement. La teneur en SiO2 réactif doit être au moins égale à 25 % en masse.

Les matériaux pouzzolaniques doivent être convenablement préparés, c'est-à-dire sélectionnés, homogénéisés, séchés ou traités thermiquement et réduits en poudre, en fonction de leur état à la production ou à la livraison.

**5.2.3.2. Pouzzolane naturelle (P)**

Les pouzzolanes naturelles sont en général des matériaux d'origine volcanique ou bien des roches sédimentaires ayant une composition chimique et minéralogique appropriée et elles doivent être conformes à 5.2.3.1.

**5.2.3.3 Pouzzolane naturelle calcinée (Q)**

Les pouzzolanes naturelles calcinées sont des matériaux d'origine volcanique, des argiles, des schistes ou des roches sédimentaires, activés thermiquement ; elles doivent être conformes à 5.2.3.1.

**5.2.4. Cendres volantes (V, W)**

**5.2.4.1. Généralités**

Les cendres volantes sont obtenues par précipitation électrostatique ou mécanique de particules pulvérulentes contenues dans les fumées des chaudières alimentées au charbon pulvérisé.

*NOTE 1 : Pour la définition des cendres volantes, voir la norme EN 450-1.*

Les cendres obtenues par d'autres méthodes ne doivent pas être utilisées dans un ciment conforme à la présente norme.

Les cendres volantes peuvent être de nature siliceuse ou calcique. Les premières ont des propriétés pouzzolaniques ; les dernières peuvent avoir, en plus, des propriétés hydrauliques.

La perte au feu des cendres volantes, déterminée conformément à la norme EN 196-2, mais avec un temps de calcination de 1 h, doit se situer dans l'une des limites suivantes, en % en masse.

0 % à 5,0 % en masse,

2,0% à 7,0 % en masse,

4,0% à 9,0 % en masse.

La limite supérieure de la perte au feu des cendres volantes utilisées en tant que constituant principal pour la production d’un ciment doit être indiquée sur l’emballage et/ou sur le bon de livraison.

*NOTE 2 : Le but de l’exigence relative à la perte au feu est de limiter les résidus de carbone imbrûlé dans les cendres volantes. Par conséquent, il suffit donc de montrer par mesure directe du résidu de carbone imbrûlé que la teneur en carbone imbrûlé se situe dans les limites des catégories spécifiées ci-dessus. La teneur en carbone imbrûlé est déterminée conformément à la norme ISO 10694.*

**5.2.4.2. Cendre volante siliceuse (V)**

La cendre volante siliceuse est une poudre fine constituée de particules principalement sphériques ayant des propriétés pouzzolaniques. Elle est essentiellement constituée de silice (SiO2) réactive et d'alumine (Al2O3). Le restant contient de l'oxyde de fer (Fe2O3) et d'autres composants.

La proportion d'oxyde de calcium (CaO) réactif doit être inférieure à 10,0 % en masse, la teneur en oxyde de calcium libre, déterminée par la méthode décrite dans la norme EN 451-1 « Méthode d'essai des cendres volantes - Parties 1 : Détermination de la teneur en oxyde de calcium libre », ne devant pas dépasser 1,0 % en masse. La cendre volante ayant une teneur en oxyde de calcium libre supérieure à 1,0 % en masse, mais inférieure à 2,5 % en masse est également acceptable, à condition que l'exigence concernant l'expansion (stabilité) n'excède pas 10 mm, lorsqu'elle est déterminée conformément à la norme EN 196-3 « Méthodes d'essais des ciments - Partie 3 : Détermination du temps de prise et de la stabilité », sur un mélange composé de 30 % en masse de cendre volante siliceuse et de 70 % en masse d'un ciment CEM I conforme à la présente norme.

La teneur en silice (SiO2) réactive ne doit pas être inférieure à 25 % en masse.

**5.2.4.3. Cendre volante calcique (W)**

La cendre volante calcique est une poudre fine ayant des propriétés hydrauliques et/ou pouzzolaniques. Elle est essentiellement constituée d'oxyde de calcium (CaO) réactif, de silice (SiO2) réactive et d'alumine (Al2O3). Le restant contient de l'oxyde de fer (Fe2O3) et d'autres composants. La proportion d'oxyde de calcium (CaO) réactif ne doit pas être inférieure à 10,0 % en masse. La cendre volante calcique contenant entre 10,0 % et 15,0 % en masse d'oxyde de calcium (CaO) réactif, doit contenir au moins 25,0 % en masse de silice (SiO2) réactive.

La cendre volante calcique, contenant plus de 15 % en masse d'oxyde de calcium (CaO) réactif, convenablement broyée, doit présenter une résistance à la compression d'au moins 10,0 MPa à 28 jours lorsqu'elle est essayée selon la norme EN 196-1, Méthodes d’essais des ciments- Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques. Avant l'essai, la cendre volante doit être broyée et sa finesse, exprimée sous forme du pourcentage en masse du refus au tamis à 40 µm, après tamisage par voie humide, doit être comprise entre 10 % et 30 % en masse. Le mortier doit être préparé à partir de cendres volantes calciques broyées seules, au lieu du ciment.

Les éprouvettes de mortier doivent être démoulées 48 h après leur préparation, puis conservées en atmosphère humide d'au moins 90 % d'humidité relative jusqu'à l'essai.

L'expansion (stabilité) des cendres volantes calciques ne doit pas dépasser 10 mm lorsqu'elle est déterminée conformément à la norme EN 196-3 « Méthodes d'essais des ciments - Partie 3 : Détermination du temps de prise et de la stabilité », sur un mélange contenant 30 % en masse de cendres volantes calciques broyées comme décrit plus haut et 70 % en masse d'un ciment CEM I conforme à la présente norme.

*NOTE : Si la teneur en sulfate (SO3) de la cendre volante excède la limite supérieure admissible pour la teneur en sulfate du ciment, cette donnée doit être prise en compte dans la fabrication du ciment en réduisant en conséquence la quantité des constituants contenant des sulfates de calcium.*

# Schiste calciné (T)

Le schiste calciné, et en particulier le schiste bitumineux calciné, est produit dans un four spécial à une température d'environ 800 °C. En raison de la composition des matériaux naturels et du procédé de production, le schiste calciné contient des phases du clinker, principalement du silicate bicalcique et de l'aluminate monocalcique. Il contient également, outre de petites quantités de chaux libre et de sulfate de calcium, des quantités plus importantes d'oxydes réagissant de façon pouzzolanique, notamment SiO2. En conséquence, le schiste calciné finement broyé présente, outre des propriétés pouzzolaniques, des propriétés fortement hydrauliques, comme le ciment Portland.

Déterminée conformément à la norme EN 196-1, Méthodes d’essais des ciments- Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques, la résistance à la compression à 28 jours du schiste calciné convenablement broyé doit être supérieure ou égale à 25,0 MPa. Le mortier doit être préparé à partir de schiste calciné finement broyé seul, au lieu du ciment. Les éprouvettes de mortier doivent être démoulées 48 h après leur préparation et conservées en atmosphère humide d'au moins 90 % d'humidité relative jusqu'à l'essai.

Déterminée conformément à la norme EN 196-3 « Méthodes d'essais des ciments - Partie 3 : Détermination du temps de prise et de la stabilité », sur un mélange contenant 30 % en masse de schiste calciné broyé et 70 % en masse d'un ciment CEM I conforme à la présente norme, l'expansion (stabilité) du schiste calciné ne doit pas dépasser 10 mm.

*NOTE : Si la teneur en sulfate (SO3) du schiste calciné excède la limite supérieure admissible pour la teneur en sulfate du ciment, cette donnée doit être prise en compte dans la fabrication du ciment en réduisant en conséquence la quantité des constituants contenant des sulfates de calcium.*

**5.2.4.4. Matériau Carboné (L, LL)**

Le matériau carboné doit satisfaire aux exigences suivantes :

La teneur en carbonate de calcium (CaCO3), calculée à partir de la teneur d’oxyde de calcium, doit être d’au moins 75% en masse.

dans le cas où la teneur de carbonate de calcium (CaCO3) est inférieure ou égale à 75% en masse alors la teneur totale en carbonate de calcium et en carbonate de magnésium doit être supérieure à 75% en masse: si CaCO3 ≤ 75%, alors (CaCO3+ MgCO3) > 75% (m/m)

La teneur en carbone organique total (COT) doit, lorsqu’elle est déterminée selon la norme EN 13639, être conforme à l’un des critères suivants :

LL : ˂ à 0,20% en masse ;

L : ˂ à 0,50% en masse.

La teneur en argile, déterminée par le test au bleu de méthylène, conformément à la norme EN 933-9, ne doit pas dépasser 1,20 g/100g. Pour cet essai, le matériau carboné doit être broyé à une finesse d'environ 5000cm2/g déterminée comme surface spécifique en conformité avec la norme EN 196-6.

# Fumée de silice (D)

La fumée de silice provient de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliages de ferrosilicium ; elle est formée de particules sphériques très fines contenant au moins 85 % en masse de dioxyde de silice amorphe. La teneur en silicium élémentaire, si, déterminée conformément à la norme TGN ISO 9286, ne doit pas être supérieure à 0,4 % en masse.

La fumée de silice doit satisfaire aux exigences suivantes :

La perte au feu, déterminée conformément à la norme EN 196-2, mais avec un temps de calcination de 1 h, doit être inférieure ou égale à 4,0 % en masse ;

l'aire massique (BET) de la fumée de silice non traitée, déterminée conformément à la norme Togolaise TGN ISO 9277, doit être supérieure ou égale à 15,0 m2/g.

Lorsqu'elle est destinée à être cobroyée avec du clinker et du sulfate de calcium, la fumée de silice peut être dans son état d'origine, densifiée, granulée (avec de l'eau) ou traitée selon un procédé équivalent.

# Constituants secondaires

Les constituants secondaires sont spécialement sélectionnés ; ce sont des matériaux minéraux naturels, ou des matériaux minéraux dérivés du processus de fabrication du clinker ou des constituants spécifiés en 5.2, sauf s'ils sont déjà inclus en tant que constituants principaux du ciment.

Les constituants secondaires améliorent les propriétés physiques des ciments (telles que l'ouvrabilité ou la rétention d'eau), après une préparation adaptée et du fait de leur granulométrie. Ils peuvent être inertes ou présenter des propriétés faiblement hydrauliques, hydrauliques latentes ou pouzzolaniques. Aucune exigence vis-à-vis de ces propriétés n'est toutefois établie.

Les constituants secondaires doivent être préparés correctement, c'est-à-dire qu'ils doivent être sélectionnés, homogénéisés, séchés et pulvérisés, en fonction de leur état à la production ou à la livraison. Ils ne doivent pas accroître sensiblement la demande en eau du ciment, ni diminuer en aucune manière la résistance du béton ou du mortier à la détérioration, ni diminuer la protection des armatures contre la corrosion.

*NOTE :* Il convient que le fabricant fournisse, sur demande, des renseignements relatifs aux constituants secondaires du ciment.

# Sulfate de calcium

Le sulfate de calcium est ajouté aux autres constituants du ciment au cours de sa fabrication, pour réguler la prise.

Le sulfate de calcium peut être du gypse (sulfate de calcium dihydraté, CaSO4.2H2O), de l'hémihydrate (CaSO4.1/2H2O), de l'anhydrite (sulfate de calcium anhydre CaSO4) ou tout mélange de ceux-ci. Le gypse et l'anhydrite existent à l'état naturel. Le sulfate de calcium existe également sous forme de sous- produit de certains procédés industriels.

# Additifs

Les additifs au sens de la présente norme sont des constituants qui ne figurent pas dans les paragraphes 5.2 à 5.4 et qui sont ajoutés pour améliorer la fabrication ou les propriétés du ciment.

La quantité totale des additifs doit être inférieure ou égale à 1,0 % en masse de ciment (exception faite des pigments).

La proportion des additifs organiques, sous forme d'extrait sec, doit être inférieure ou égale à 0,2 % en masse du ciment, sans que la valeur supérieure ne soit déclarée.

Ces additifs ne doivent pas favoriser la corrosion des armatures ni altérer les propriétés du ciment ou du béton ou du mortier fabriqué avec ce ciment.

Lorsque des adjuvants du béton, mortier ou coulis conformes aux différentes parties de la norme EN 934 sont utilisés dans le ciment, la notation normalisée leur correspondant doit figurer sur l'emballage ou le bon de livraison.

# COMPOSITION ET NOTATION

# 6.1 Composition et notation des ciments courants

Le Tableau 1 donne les 27 produits de la famille des ciments courants traités dans la présente norme ainsi que leurs notations. Ils sont regroupés en cinq types principaux qui sont les suivants :

* CEM I Ciment Portland;
* CEM II Ciment Portland composé ;
* CEM III Ciment de haut fourneau ;
* CEM IV Ciment pouzzolanique ;
* CEM V Ciment composé.

La composition des différents ciments doit être conforme au Tableau 1.

*NOTE :* Pour la clarté des définitions, les exigences portant sur la composition font référence à la somme des constituants principaux et secondaires. Le ciment produit fini doit être compris comme la somme des constituants principaux et secondaires, plus le sulfate de calcium nécessaire (voir 5.4) et tous additifs (voir 5.5).

**Tableau 1 – Les 27 produits de la Famille des Ciments Ordinaires**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Principaux**  **types** | **Notation des 27 produits**  (types de ciment courant) | | **Composition** (pourcentage en masse) a) | | | | | | | | | | | | |  |
| Constituants principaux | | | | | | | | | | | | |
| Clinker  K | Laitier de haut fournea S | Fumée de silice D b) | Pouzzolanes | | Cendres volantes | | | Schiste calciné  T | | Matériaux carbonés (Calcaire, Dolomite) | | | Constituants secondaires |
|  |  | Naturelle P | Naturelle calcinée | Siliceuse V | Calcique W | | L | | LL |
| CEM I | Ciment Portland | CEM I | 95-100 | — | — | — | — | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| Ciment  Portland au laitier | CEM II/A-  S | 80-94 | 6-20 | — | — | — | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/B-S | 65-79 | 21-35 | — | — | — | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| Ciment Portland à la  fumée | CEM II/A- D | 90-94 | — | 6-10 | — | — | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| Ciment Portland à la pouzzolane | CEM II/A-  P | 80-94 | — | — | 6-20 | — | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/B-  P | 65-79 | — | — | 21-35 | — | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/A-  Q | 80-94 | — | — | — | 6-20 | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/B-  Q | 65-79 | — | — | — | 21-35 | — | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II | Ciment Portland aux cendres volantes | CEM II/A-  V | 80-94 | — | — | — | — | 6-20 | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/B-  V | 65-79 | — | — | — | — | 21-35 | — | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/A-  W | 80-94 | — | — | — | — | — | 6-20 | | — | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/B-  W | 65-79 | — | — | — | — | — | 21-35 | | — | | — | | — | 0-5 |
| Ciment Portland au schiste calciné | CEM II/A-  T | 80-94 | — | — | — | — | — | — | | 6-20 | | — | | — | 0-5 |
| CEM II/B-T | 65-79 | — | — | — | — | — | — | | 21-35 | | — | | — | 0-5 |
| Ciment Portland au calcaire | CEM II/A-  L | 80-94 | — | — | — | — | — | — | | — | | 6-20 | | — | 0-5 |
| CEM II/B-  L | 65-79 | — | — | — | — | — | — | | — | | 21-35 | | — | 0-5 |
| CEM II/A-  LL | 80-94 | — | — | — | — | — | — | | — | | — | | 6-20 | 0-5 |
| CEM II/B-  LL | 65-79 | — | — | — | — | — | — | | — | | — | | 21-  35 | 0-5 |
| Ciment Portland composé c) | CEM II/A-  M | 80-94 | 6-20 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM II/B-  M | 65-79 | 21-35 | | | | | | | | | | | | 0-5 |
| CEM III | Ciment de haut fourneau | CEM III/A | 35-64 | 36-65 | — | — | — | — | — | — | | — | | — | | 0-5 |
| CEM III/B | 20-34 | 66-80 | — | — | — | — | — | — | | — | | — | | 0-5 |
| CEM III/C | 5-19 | 81-95 | — | — | — | — | — | — | | — | | — | | 0-5 |
| CEM IV | Ciment pouzzolanique c) | CEM IV/A | 65-89 | — | 11-35 | | | | | — | | — | | — | | 0-5 |
| CEM IV/B | 45-64 | — | 36-55 | | | | | — | | — | | — | | 0-5 |
| CEM V | Ciment composé c) | CEM V/A | 40-64 | 18-30 | — | 18-30 | | | — | — | | — | | — | | 0-5 |
| CEM V/B | 20-38 | 31-50 | — | 31-50 | | | — | — | | — | | — | | 0-5 |
| 1. *Les valeurs indiquées se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires.* 2. *La proportion de fumées de silice est limitée à 10 %.* 3. *Dans le* cas des *ciments Portland composés CEM II/A-M et CEM II/B-M, des ciments pouzzolaniques CEM IV/A et CEM IV/B et des ciments composés CEM V/A et CEM V/B, les constituants principaux, autres que le clinker, doivent être déclarés dans la désignation du ciment (voir un exemple à l’article 8).* | | | | | | | | | | | | | | | | |

# 6.2 Composition et notation des ciments courants résistants aux sulfates (ciments SR)

Le Tableau 2 donne les sept (07) produits de la famille des ciments courants résistants aux sulfates, traités dans la présente norme.

Ils sont regroupés en trois types principaux comme suit :

1. Ciment portland résistant aux sulfates :

* CEM I-SR 0 Ciment Portland résistant aux sulfates (teneur en C3A du clinker = 0 %) ;
* CEM I-SR 3 Ciment Portland résistant aux sulfates (teneur en C3A du clinker ≤ 3 %) ;
* CEM I-SR 5 Ciment Portland résistant aux sulfates (teneur en C3A du clinker ≤ 5 %) ;

1. Ciment de haut fourneau résistant aux sulfates :

* CEM III/B-SR Ciment de haut fourneau résistant aux sulfates (aucune exigence concernant la teneur en C3A du clinker) ;
* CEM III/C-SR Ciment de haut fourneau résistant aux sulfates (aucune exigence concernant la teneur en C3A du clinker) ;

1. Ciment pouzzolanique résistant aux sulfates :

* CEM IV/A-SR Ciment pouzzolanique résistant aux sulfates (teneur en C3A du clinker ≤ 9 %);
* CEM IV/B-SR Ciment pouzzolanique résistant aux sulfates (teneur en C3A du clinker ≤ 9 %).

La composition de chacun des sept produits de la famille des ciments courants résistants aux sulfates doit être conforme au Tableau 2. La notation du type de ciment doit être conforme aux exigences de la présente norme avec une notation complémentaire par SR 0, SR 3, SR 5 pour les ciments CEM I et seulement «SR» pour les ciments CEM III et IV.

Tableau 2 — Les sept (07) produits de la famille des ciments courants résistants aux sulfates

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Principaux types** | **Notation des sept produits (types de ciments courants résistants**  **aux sulfates)** | | **Composition (pourcentage en masse a))** | | | | |
| **Constituants principaux** | | | | Constituants secondaires |
| Clinker K | Laitier de haut fourneau S | Pouzzolane naturelle  P | Cendre volantesiliceuse V |
| **CEM I** | Ciment Portland résistant aux sulfates | CEM I- SR 0  CEM I- SR 3  CEM I- SR 5 | 95 -100 | — | — | — | 0 – 5 |
| **CEM III** | Ciment de haut fourneau résistant aux sulfates | CEM III/B-SR | 20 – 34 | 66 – 80 | — | — | 0 – 5 |
| CEM III/C-SR | 5 – 19 | 81 – 95 | — | — | 0 – 5 |
| **CEM IV** | Ciment pouzzolanique résistant aux sulfates b) | CEM IV/A-SR | 65 – 79 |  | 21 – 35 | | 0 – 5 |
| CEM IV/B- SR | 45 – 64 |  | 36 – 55 | | 0 – 5 |
| 1. Les valeurs indiquées au tableau se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires. 2. Pour les ciments pouzzolaniques résistants aux sulfates, types CEM IV/A-SR et CEM IV/B-SR, les constituants principaux autres que le clinker, doivent être déclarés dans la désignation du ciment (voir un exemple, à l'Article 8). | | | | | | | |

# 6.3 Composition et notation des ciments courants à faible résistance à court terme

Les ciments courants à faible résistance à court terme sont les ciments de haut fourneau CEM III spécifiés dans le Tableau 1. Ils se distinguent des autres ciments courants par les exigences relatives à la résistance à court terme (voir 7.1.2). Les ciments CEM III à faible résistance à court terme conformes aux exigences du Tableau 2 peuvent être également déclarés en tant que ciments courants résistants aux sulfates.

# EXIGENCES MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE DURABILITÉ

# 7.1 Exigences Mécaniques

# 7.1.1 Résistance courante

La résistance courante d'un ciment est la résistance à la compression déterminée selon la norme EN 196-1, mesurée à 28 jours. Elle doit être conforme aux exigences du Tableau 3.

Trois classes de résistance courante sont couvertes : classe 32,5 ; classe 42,5 ; classe 52,5 (voir Tableau 3).

# 7.1.2. Résistance à court terme

La résistance à court terme d'un ciment est la résistance à la compression, déterminée selon la norme EN 196-1, à 2 ou 7 jours.

Elle doit être conforme aux exigences du Tableau 3.

À chaque classe de résistance courante, correspondent trois classes de résistance à court terme : une classe de résistance à court terme ordinaire, notée N, une classe de résistance à court terme élevée, notée R, et une classe de faible résistance à court terme, notée L (voir Tableau 3). La classe L est uniquement applicable aux ciments CEM III qui sont alors des ciments de haut fourneau à faible résistance à court terme.

**Tableau 3 – Exigences mécaniques et physiques définies en termes de valeurs caractéristiques**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Classe de résistance** | **Résistance à la compression MPa** | | | | **Temps de début de prise** | **Stabilité (expansion)** |
| **Résistance à court terme** | | **Résistance courante** | |
| **2 jours** | **7 jours** | **28 jours** | | **min** | **mm** |
| 32,5 L a) | — | ≥ 12,0 | ≥ 32,5 | ≤ 52,5 | ≥ 75 | ≤ 10,0 |
| 32,5 N | — | ≥ 16,0 |
| 32,5 R | ≥ 10,0 |  |
| 42,5 L a) |  | ≥ 16,0 | ≥ 42,5 | ≤ 62,5 | ≥ 60 |
| 42,5 N | ≥ 10,0 | — |
| 42,5 R | ≥ 20,0 | — |
| 52,5 L a) | ≥ 10,0 | — | ≥ 52,5 | — | ≥ 45 |
| 52,5 N | ≥ 20,0 | — |
| 52,5 R | ≥ 30,0 | — |
| a) Classe de résistance uniquement définie pour les ciments CEM III. | | | | | | |

# 7.2 Exigences Physiques

# 7.2.1 Temps de début de prise

Déterminé conformément à la norme EN 196-3, le temps de début de prise doit satisfaire aux exigences du Tableau 3.

# 7.2.2. Stabilité

Déterminée conformément à la norme EN 196-3, l'expansion doit satisfaire à l’exigence du Tableau 3.

# Chaleur d'hydratation

Déterminée conformément à la norme EN 196-8, à 7 jours ou à la norme EN 196-9 à 41 h, la chaleur d’hydratation des ciments courants à faible chaleur d’hydratation ne doit pas dépasser la valeur caractéristique de 270 J/g.

Les ciments courants à faible chaleur d’hydratation doivent être identifiés par la notation LH.

*NOTE 1 : En cas de litige entre laboratoires, pour des résultats d’essais les laboratoires devront s’accorder sur la méthode à appliquer.*

*NOTE 2 : Un ciment ayant une chaleur d’hydratation plus élevée convient pour certaines applications. Il est nécessaire que cette valeur soit convenue entre le producteur et l’utilisateur et il convient que ce ciment ne soit pas identifié comme un ciment à faible chaleur d’hydratation (LH).*

# Exigences Chimiques

Déterminées conformément aux normes citées dans la colonne 2 du Tableau 4, les propriétés des ciments des types et classes de résistance figurant respectivement aux colonnes 3 et 4 de ce tableau doivent être conformes aux valeurs figurant dans la colonne 5.

**Tableau 4 – Exigences chimiques définies en termes de valeurs caractéristiques**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Propriété** | **Référence de l'essai** | **Type de ciment** | **Classe de résistance** | **Exigences a)** |
| **Perte au feu** | EN 196-2 | CEM I  CEM III | toutes classes | ≤ 5,0 % |
| **Résidu insoluble** | EN 196-2 b) | CEM I  CEM III | toutes classes | ≤5,0 % |
| **Teneur en sulfate (SO3)** | EN 196-2 | CEM I  CEM II c) CEM IV CEM V | 32,5 N  32,5 R  42,5 N | ≤3,5 % |
| 42,5 R  52,5 N  52,5 R | ≤4,0 % |
| CEM III d) | toutes classes |
| **Teneur en chlorure** | EN 196-2 | tous types e) | toutes classes | ≤ 0,10 % f) |
| **Pouzzolanicité** | EN 196-5 | CEM IV | toutes classes | satisfait à l'essai |
| 1. Les exigences sont données en pourcentage en masse du ciment produit fini. 2. Détermination des résidus insolubles dans l'acide chlorhydrique et le carbonate de sodium. 3. Les ciments de type CEM II/B-T et CEM II/B-M avec T > 20% peuvent contenir jusqu’à 4,5 % de   sulfate (SO3) quelle que soit la classe de résistance.   1. Le ciment de type CEM III/C peut contenir jusqu’à 4,5% de sulfate (SO3) 2. Le ciment de type CEM III peut contenir plus 0,10% de chlorure mais, dans ce cas, la teneur maximale en chlorure doit figurer sur l’emballage et/ou sur le bon de livraison 3. Pour des applications en précontrainte, les ciments peuvent être produits selon une exigence plus basse. Dans ce cas, la valeur de 0,10% doit être remplacée par cette valeur plus basse qui doit être mentionnée sur le bon de livraison. | | | | |

# Exigences de durabilité

# Généralités

Dans de nombreuses applications, et notamment dans des conditions environnementales sévères, le choix du ciment a une influence sur la durabilité du béton, du mortier et des coulis, par exemple vis- à-vis de la résistance au gel, de la résistance à l'action de substances chimiques, et vis-à-vis de la protection des armatures. Les alcalins contenus dans le ciment ou dans d’autres constituants du béton peuvent provoquer des réactions chimiques avec certains granulats.

Les exigences pertinentes sont données dans la norme EN 206-1.

Le choix du ciment à partir de la présente norme, en particulier le choix du type et de la classe de résistance, en fonction de l'utilisation et de la classe d'exposition, doit être effectué en appliquant les normes et/ou règlements relatifs au béton ou au mortier, en vigueur sur le lieu d'utilisation.

Des ciments courants à faible résistance à court terme auront une résistance à court terme plus faible que celle d’un autre ciment courant appartenant à la même classe de résistance courante et pourront nécessiter des précautions supplémentaires durant leur utilisation, telles que l’extension des temps de décoffrage et la protection contre les intempéries. Pour tout le reste, leurs performances et leur aptitude à l’emploi seront similaires aux autres ciments courants conformes à la présente norme, du même type et appartenant à la même classe de résistance courante.

# Résistance aux sulfates

Un ciment courant résistant aux sulfates doit satisfaire aux exigences chimiques supplémentaires spécifiées dans le Tableau 5. Les ciments courants résistants aux sulfates doivent être identifiés par la notation SR.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Propriété** | **Référence de l'essai** | **Type de ciment** | **Classe de résistance** | **Exigences a)** |
| Teneur en Sulfate (SO3) | EN 196-2 | CEM I-SR 0  CEM I-SR 3  CEM I-SR 5 b)  CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR | 32,5 N  32,5 R  42,5 N | ≤ 3,0 % |
| 42,5 R  52,5 N  52,5 R | ≤ 3,5 % |
| C3A  dans le clinker | EN 196-2 c) | CEM I-SR 0 | toutes classes | = 0 % |
| CEM I-SR 3 | ≤ 3 % |
| CEM I-SR 5 | ≤ 5 % |
| — d) | CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR | ≤ 9 % |
| Pouzzolanicité | EN 196-5 | CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR | toutes classes | Le résultat d’essai doit être positif à 8 jours |
| 1. Les exigences sont données en pourcentage en masse du ciment produit fini ou du clinker comme défini au tableau. 2. Pour des applications spécifiques, les ciments CEM I-SR 5 peuvent être produits avec une plus forte teneur en sulfates. Dans ce cas, la valeur numérique de cette plus haute teneur en sulfates doit être déclarée sur le bon de livraison. 3. Dans le cas particulier du CEM I il est permis de calculer la valeur C3A du clinker à partir de l’analyse chimique des ciments. La teneur en C3A doit être calculée à l’aide de la formule suivante : C3A = 2,65A – 1,69F (voir 5.2.1). 4. En attendant la mise au point d’un essai la teneur en C3A du clinker (voir 5.2.1) doit être déterminée à partir de l’analyse du clinker réalisée dans le cadre du contrôle de production en usine du fabriquant (TGN 002 : 2024,4.2.1.2), la valeur de 0,10 % doit être remplacée par cette valeur plus basse qui doit être mentionnée sur le bon de livraison. | | | | |

**Tableau 5 — Exigences supplémentaires définies en termes de valeurs caractéristiques pour les ciments courants résistants aux sulfates**

# DÉSIGNATION NORMALISÉE

Les ciments CEM doivent être identifiés au minimum par la notation du type de ciment spécifiée dans le Tableau 1, suivie des nombres 32,5 ; 42,5 ou 52,5 indiquant la classe de résistance (voir 7.1). Pour indiquer la classe de résistance à court terme, on doit ajouter la lettre N, la lettre R ou la lettre L, selon le cas (voir 7.1).

Lorsqu'un fabricant produit, dans la même usine, différents ciments conformes à la même désignation normalisée, il est nécessaire d’ajouter à ces ciments une identification complémentaire sous la forme d’un nombre ou de deux lettres minuscules, entre parenthèses, afin de pouvoir faire la distinction entre ces différents ciments.

Si le système choisi est numérique, il convient que ce numéro soit 1 pour le deuxième ciment certifié, 2 pour le suivant, et ainsi de suite. Si le système adopté est alphabétique, les lettres doivent être choisies de manière à éviter toute confusion.

Les ciments courants résistants aux sulfates doivent en plus être identifiés par la notation SR.

Les ciments non couverts par la présente norme togolaise pour leur propriété de résistances au sulfate, mais considérés comme résistants aux sulfates selon les normes nationales énumérées dans l’Annexe A, ne doivent pas être identifiés par la notation SR.

*NOTE : La marque* ***TGN*** *peut être apposée sur ces produits en tant que ciment courant.*

Les ciments courants à faible chaleur d’hydratation doivent en plus être identifiés par la notation LH.

**Exemple 1**

Un ciment Portland, conforme à la norme togolaise TGN 001, appartenant à la classe de résistance 42,5 et présentant une résistance à court terme élevée, est identifié par :

**Ciment Portland norme TGN 001 – CEM I 42,5 R**

**Exemple 2**

Un ciment Portland au calcaire, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant entre 6 % et 20 % en masse de calcaire, avec une teneur en COT inférieure ou égale à 0,50 % en masse (L), appartenant à la classe de résistance 32,5 et présentant une résistance à court terme ordinaire, est identifié par :

**Ciment portland au calcaire norme TGN 001 – CEM II/A-L 32,5 N**

**Exemple 3**

Un ciment Portland composé, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant au total une quantité de laitier granulé de haut fourneau (S), de cendres volantes siliceuses (V) et de calcaire (L) comprise entre 12 % et 20 % en masse, appartenant à la classe de résistance 32,5 et présentant une résistance à court terme élevée, est identifié par :

**Ciment composé Portland norme TGN 001 – CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R**

**Exemple 4**

Un ciment composé, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant de 18 % à 30 % en masse de laitier granulé de haut fourneau (S), et de 18 % à 30 % en masse de cendres volantes siliceuses (V), appartenant à la classe de résistance 32,5 et présentant une résistance à court terme ordinaire, est identifié par :

**Ciment composé norme TGN 001 – CEM V/A (S-V) 32,5 N**

**Exemple 5**

Un ciment de haut fourneau, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant entre 66 % et 80 % en masse de laitier granulé de haut fourneau (S), appartenant à la classe de résistance 32,5 et présentant une résistance à court terme ordinaire, une faible chaleur d’hydratation et résistant aux sulfates, est identifié par :

**Ciment de haut fourneau TGN 001 - CEM III/B 32,5 N – LH/SR**

**Exemple 6**

Un ciment Portland, conforme à la norme togolaise TGN 001, appartenant à la classe de résistance 42,5 présentant une résistance à court terme élevée, résistant aux sulfates et ayant une teneur en C3A du clinker ≤ 3 % en masse, est identifié par :

**Ciment Portland TGN 001 - CEM I 42,5 R – SR 3**

**Exemple 7**

Un ciment pouzzolanique, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant entre 21 % et 35 % en masse de pouzzolane naturelle (P), appartenant à la classe de résistance 32,5 présentant une résistance à court terme ordinaire, résistant aux sulfates, ayant une teneur en C3A du clinker = 9 % en masse et conforme à l’exigence relative à la pouzzolanicité, est identifié par :

**Ciment pouzzolanique TGN 001-CEM IV/A (P) 32,5 N – SR**

**Exemple 8**

Un ciment de haut fourneau, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant entre 81 % et 95 % en masse de laitier granulé de haut fourneau (S), appartenant à la classe de résistance 32,5 présentant une faible résistance à court terme, une faible chaleur d’hydratation et résistant aux sulfates est identifié par :

**Ciment de haut fourneau TGN 001-CEM III/C 32,5 L – LH/SR.**

**Exemple 9**

Un ciment Portland, conforme à la norme togolaise TGN 001, appartenant à la classe de résistance 42,5 présentant une résistance à court terme élevée et provenant d’une usine, produisant plusieurs ciments conformes à la même désignation normalisée, est identifié par :

**Ciment Portland TGN 001-CEM I 42,5 R (1)**

**Exemple 10**

Un ciment Portland à la dolomite, conforme à la norme togolaise TGN 001, contenant entre 6 % et 20 % en masse de dolomite, avec une teneur en COT inférieure ou égale à 0,50 % en masse (L), appartenant à la classe de résistance 42,5 et présentant une résistance à court terme ordinaire, est identifié par :

**Ciment portland à la dolomite norme TGN 001 – CEM II/A-L 42,5 N**

# CRITÈRES DE CONFORMITÉ

# 9.1. Exigences générales

La conformité des produits à la présente norme doit être évaluée en continu sur la base d'essais effectués sur des échantillons ponctuels. Les propriétés, les méthodes d’essai et les fréquences minimales d’essais applicables pour les essais d’autocontrôle du fabricant sont spécifiés dans le Tableau 6. En ce qui concerne la fréquence des essais de ciment ne faisant pas l’objet d’une distribution ininterrompue ainsi que pour d’autres détails, voir la norme togolaise TGN 002 : 2024

Des variantes peuvent être utilisées à condition qu’elles aient été validées conformément aux dispositions données dans les normes citées relatives aux méthodes d’essais de références. En cas de désaccord, seul les méthodes de références sont utilisées.

*NOTE 1 : La présente norme ne traite pas du contrôle de réception à la livraison*

*NOTE 2 : Pour la certification de conformité par un organisme notifié, la conformité du ciment à la présente norme est évaluée conformément à la norme togolaise TGN 002 : 2024.*

La conformité des ciments courants avec les exigences de la présente norme et avec les valeurs prescrites (y compris les classes) doit être démontré par :

* un essai de type initial
* un contrôle de production en usine par le fabriquant comprenant l’évaluation du produit

**Tableau 6 — Propriétés, méthodes d'essais et fréquences minimales d'essais pour les essais d'autocontrôle du fabricant, et méthode d'évaluation statistique**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Propriété** | **Ciments à soumettre aux essais** | **Méthode d'essai a), b)** | **Essai d'autocontrôle** | | | |
| **Fréquence minimale d'essai** | | **Méthode d'évaluation statistique** | |
| Situation courante | Période d'admission pour un nouveau type de ciment | **Contrôle par** | |
| Mesures c) | Attributs |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| **Résistance à court terme**  **Résistance courante** | Tous | EN 196 - 1 | 2/semaine | 4/semaine | x |  |
| **Temps de début de prise** | Tous | EN 196 - 3 | 2/semaine | 4/semaine |  | x d) |
| **Stabilité (expansion)** | Tous | EN 196 - 3 | 1/semaine | 4/semaine |  | x |
| **Perte au feu** | CEM I, CEM III | EN 196 - 2 | 2/mois e) | 1/semaine |  | x d) |
| **Résidu insoluble** | CEM I, CEM III | EN 196 - 2 | 2/mois e) | 1/semaine |  | x d) |
| **Teneur en sulfate** | Tous | EN 196 - 2 | 2/semaine | 4/semaine |  | x d) |
| **Teneur en chlorure** | Tous | EN 196 - 2 | 2/mois e) | 1/semaine |  | x d) |
| **C3A dans le clinker f)** | CEM I-SR 0  CEM I-SR 3  CEM I-SR 5 | EN 196 - 2g) | 2/mois | 1/semaine |  | x d) |
| CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR | — h) |  |  |  |  |
| **Pouzzolanicité** | CP-CEM IV | EN 196 - 5 | 2/mois | 1/semaine |  | x |
| **Chaleur d'hydratation** | ciments courants à faible chaleur d’hydratation | EN 196-8 ou EN 196 - 9 | 1/mois | 1/semaine |  | x d) |
| **Composition** | Tous | — i) | 1/mois | 1/semaine |  |  |
| 1. Lorsque la partie correspondante de la norme le permet, il est possible d'utiliser d'autres méthodes que celles indiquées, à condition qu'elles donnent des résultats corrélés avec et équivalents à ceux obtenus avec la méthode de référence. 2. Les méthodes utilisées pour prélever et préparer les échantillons doivent être conformes aux exigences de la norme Ivoirienne. EN 196-7 3. Si les données ne suivent pas une distribution normale, la méthode d'évaluation peut être choisie au cas par cas. 4. Si le nombre d'échantillons est d'au moins un par semaine au cours de la période de contrôle, l'évaluation peut se faire par mesures. 5. Lorsqu'aucun des résultats d'essais ne dépasse 50 % de la valeur caractéristique sur une période de 12 mois, la fréquence peut être ramenée à un par mois. 6. La méthode d’essai pour la détermination de la teneur en C3A du clinker à partir d’une analyse du ciment produit fini est en cours d’élaboration. 7. Dans le cas particulier du CEM I, il est permis de calculer la teneur en C3A du clinker à partir de l’analyse chimique du ciment.   La teneur en C3A doit être calculée en utilisant la formule suivante : C3A = 2,65A – 1,69F (voir 5.2.1).   1. En attendant la mise au point d’un essai la teneur en C3A du clinker (voir 5.2.1) doit être déterminée à partir de l’analyse du clinker réalisée dans le cadre du contrôle de production en usine du fabriquant (TGN 002;4.2.1.2) 2. Il appartient au fabricant de choisir une méthode d'essai adaptée. | | | | | | |

# Critères de Conformité pour les Propriétés Mécanique, Physique et Chimique et Méthode d'Evaluation

# 9.2.1. Généralités

Le ciment est réputé conforme aux exigences portant sur les propriétés mécaniques, physiques et chimiques énoncées dans la présente norme si les critères de conformité spécifiés en 9.2.2 et 9.2.3 sont remplis. La conformité doit être évaluée sur la base d'un échantillonnage continu sur de

Échantillons ponctuels prélevés aux points de délivrance du produit et sur la base des résultats d'essai obtenus sur l'ensemble des échantillons d'autocontrôle prélevés au cours de la période de contrôle.

# 9.2.2. Critères Statistiques de Conformité

# 9.2.2.1. Généralités

La conformité doit être formulée en termes statistiques sur la base :

* + - * 1. des propriétés mécaniques, physiques et chimiques requises définies en termes de valeurs caractéristiques spécifiées comme indiqué en 7.1, 7.2 et 7.3 ;
        2. le percentile Pk sur lequel la définition de la valeur caractéristique spécifiée est fondée, indiqué dans le Tableau 7 ;
        3. la probabilité admissible d'acceptation CR, indiquée dans le Tableau 7.

**Tableau 7 — Valeurs requises de Pk et CR**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Exigences mécaniques** | | **Exigences physiques et chimiques** |
| **Résistance courante et à**  **court terme (Limite inférieure)** | **Résistance**  **courante (Limite supérieure)** |
| **Percentile Pk sur lequel la définition de la valeur**  **caractéristique est fondée** | 5 % | 10 % | |
| **Probabilité admissible d'acceptation CR** | 5 % | | |

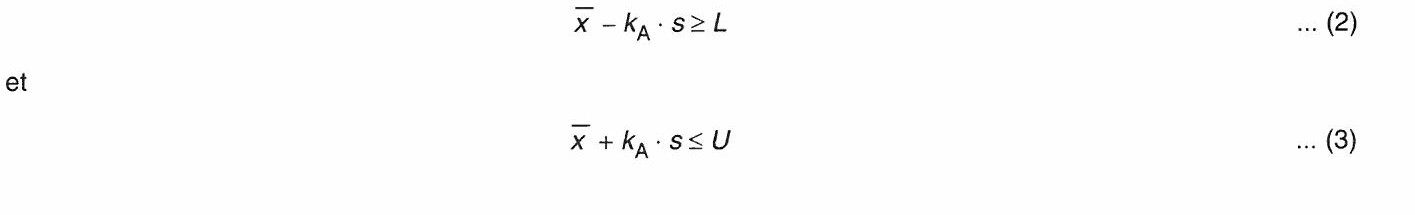
**Note** : L'évaluation de la conformité par une méthode fondée sur un nombre fini de résultats d'essai ne peut que donner une valeur approximative du pourcentage de résultats de la population étudiée s'écartant de la valeur caractéristique. Plus l'effectif de l'échantillon est important (nombre de résultats d'essais), meilleure est l'approximation. La probabilité d'acceptation CR choisie conditionne le degré d'approximation du plan d'échantillonnage.

La conformité aux exigences de la présente norme doit être vérifiée par mesures ou par attributs, comme décrit en 9.2.2.2 et 9.2.2.3, et comme spécifié dans le Tableau 6.

La période de contrôle doit durer 12 mois

#### 9.2.2.2. Contrôle par mesures

Ce contrôle part de l'hypothèse selon laquelle les résultats d'essais suivent une distribution normale. La conformité est vérifiée si les équations (2) et (3), selon le cas, sont satisfaites :



où :

**x** est la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats d'essai d'autocontrôle obtenus au cours de la période de contrôle ;

**s** est l'écart-type sur l'ensemble des résultats d'essai d'autocontrôle obtenus au cours de la période de contrôle ;

**kA** est la constante d'acceptabilité ;

**L** est la limite inférieure spécifiée donnée dans le Tableau 3 et dont il est question en 7.1 ;

**U** est la limite supérieure spécifiée donnée dans les Tableaux 3,4, et 5 dont il est question à l'Article 7.

La constante d'acceptabilité kA est fonction du percentile Pk sur lequel la valeur caractéristique est fondée, de la probabilité admissible d'acceptation CR et du nombre n de résultats d'essais. Les valeurs de kA sont énumérées dans le Tableau 8.

**Tableau 8 — Constante d’acceptabilité kA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nombre de résultats d'essai n | kAa) | |
| pour Pk = 5 % (résistance courante et à court  terme, limite inférieure) | Pour Pk = 10 % (autres propriétés) |
| 20 à 21 | 2,40 | 1,93 |
| 22 à 23 | 2,35 | 1,89 |
| 24 à 25 | 2,31 | 1,85 |
| 26 à 27 | 2,27 | 1,82 |
| 28 à 29 | 2,24 | 1,80 |
| 30 à 34 | 2,22 | 1,78 |
| 35 à 39 | 2,17 | 1,73 |
| 40 à 44 | 2,13 | 1,70 |
| 45 à 49 | 2,09 | 1,67 |
| 50 à 59 | 2,07 | 1,65 |
| 60 à 69 | 2,02 | 1,61 |
| 70 à 79 | 1,99 | 1,58 |
| 80 à 89 | 1,97 | 1,56 |
| 90 à 99 | 1,94 | 1,54 |
| 100 à 149 | 1,93 | 1,53 |
| 150 à 199 | 1,87 | 1,48 |
| 200 à 299 | 1,84 | 1,45 |
| 300 à 399 | 1,80 | 1,42 |
| > 400 | 1,78 | 1,40 |
| NOTE Les valeurs données dans ce tableau sont valables pour CR = 5 %. | | |
| a) Il est également permis d'utiliser les valeurs de kA valables pour des valeurs intermédiaires de n. | | |

# 9.2.2.3. Contrôle par attributs

Le nombre CD de résultats d'essais s'écartant de la valeur caractéristique doit être compté et comparé avec un nombre acceptable CA, calculé à partir du nombre n de résultats d'essais d'autocontrôle et du percentile Pk, tel qu'il est spécifié dans le Tableau 9.

La conformité est vérifiée si l'équation (4) est satisfaite :

CD ≤ CA... (4)

La valeur de CA dépend du percentile Pk sur lequel la définition de la valeur caractéristique est fondée, de la probabilité admissible d'acceptation CR, et d'un nombre n de résultats d'essais. Les valeurs de CA sont énumérées dans le Tableau 9.

**Tableau 9 — Valeurs de CA**

|  |  |
| --- | --- |
| Nombre de résultats d'essai n a) | Valeurs de CA-, correspondant à PK = 10 % |
| 20 à 39 | 0 |
| 40 à 54 | 1 |
| 55 à 69 | 2 |
| 70 à 84 | 3 |
| 85 à 99 | 4 |
| 100 à 109 | 5 |
| 110 à 123 | 6 |
| 124 à 136 | 7 |
| NOTE Les valeurs données dans ce tableau sont valables pour CR = 5 %. | |
| a) Si le nombre de résultats d'essai n est inférieur à 20 (avec Pk égal à 10 %), il n’est pas possible d’utiliser un critère statistique de conformité.  Cependant, un critère CA = 0 doit être utilisé dans le cas où n < 20. Si le nombre de résultats d’essai n est supérieur à 136, CA peut être calculé comme suit : CA= 0,075 (n – 30). | |

# Critères de Conformité applicables à chacun des résultats

Outre les critères statistiques de conformité, la conformité des résultats d'essais aux exigences de la présente norme implique de vérifier que chacun des résultats d'essais respecte la valeur limite applicable à chacun des résultats et figurant dans le Tableau 10.

**Tableau 10 — Valeurs limites applicables à chacun des résultats**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Propriété | | Valeurs limites applicables à chacun des résultats | | | | | | | | | |
| Classe de résistance | | | | | | | | | |
| 32,5  L | 32,5  N | 32,5  R | 42,5  L | 42,5  N | 42,5  R | 52,5  L | 52,5  N | 52,5  R |
| Résistance à court  terme(MPa) valeur limite inférieure | 2 jours | — | — | 8,0 | — | 8,0 | 18,0 | 8,0 | 18,0 | 28,0 |
| 7 jours | 10,0 | 14,0 | — | 14,0 | — |  |  |  |  |
| Résistance courante (MPa)valeur limite  inférieure | 28 jours | 30,0 | | | 40,0 | | | 50,0 | | | |
| Temps de début de prise (min)  valeur limite inférieure | | 60 | | | 50 | | | 40 | | | |
| Stabilité (expansion en mm)  valeur limite supérieure | | 10 | | | | | | | | | |
| Teneur en sulfate (en  % de SO3)  valeur limite supérieure | CEM I CEM II a)  CEM IV CEM V | — | 4,0 | | — | 4,0 | 4,5 | — | 4,5 | |
| CEM I-SR 0  CEM I-SR 3  CEM I-SR 5b)  CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR | — | 3,5 | | — | 3,5 | 4,0 | — | 4,0 | |
| CEM III/A CEM III/B | 4,5 | | | | | | | | | |
| CEM III/C | 5,0 | | | | | | | | | |
| C3A (%),  valeur limite supérieure | CEM I-SR 0  CEM I-SR 3  CEM I-SR 5 CEM IV/A-SR CEM IV/B- SR | 1  4  6  10  10 | | | | | | | | | |
| Teneur en chlorure (%) c) valeur limite supérieure | | 0,10 d) | | | | | | | | | |
| Pouzzolanicité | | — | positive après  15 jours | |  | positive après 15 jours | |  | positive après  15 jours | |
| Chaleur d’hydratation (J/g)  valeur limite supérieure | LH | 300 | | | | | | | | | |
| 1. Les ciments de type CEM II/B-T et CEM II/B-M avec T > 20 % peuvent contenir jusqu’à 5,0 % de (SO3) quelle que soit la classe de résistance. 2. Pour des applications spécifiques, les ciments CEM I-SR 5 peuvent être produits avec une plus faible teneur maximale en sulfates (voir Tableau 5). Dans ce cas, la valeur limite supérieure dépasse de 0,5 % la valeur déclarée. 3. La teneur en chlorure des ciments de type CEM III peut être supérieure à 0,10 % mais dans ce cas la teneur maximale en chlorures doit être déclarée à condition de déclarer la teneur maximale en chlorure. 4. Pour des applications en précontrainte, les ciments peuvent être produits selon une exigence plus basse. Dans ce cas, la valeur de 0,10 % doit être remplacée par cette valeur plus basse qui doit être mentionnée sur le bon de livraison. | | | | | | | | | | | |

# Critères de conformité applicables à la composition du ciment

Le fabricant doit vérifier au moins une fois par mois la composition du ciment en utilisant, en règle générale, un échantillon ponctuel prélevé au point de délivrance du ciment. La composition du ciment doit respecter les exigences spécifiées dans le Tableau 2. Les teneurs limites spécifiées pour les constituants principaux indiquées dans le Tableau 2 sont des valeurs de référence que les valeurs moyennes de composition calculées à partir d'échantillons ponctuels prélevés pendant la période de contrôle doivent respecter. Pour chaque résultat individuel, des écarts maximaux de – 2, pour la valeur de référence la plus basse, et de + 2, pour la valeur de référence la plus élevée, sont autorisés. Les procédures en cours de production et les méthodes de vérification permettant de garantir le respect de cette exigence doivent être appliquées et formalisées par écrit.

# Critères de conformité applicables aux propriétés des constituants du Ciment

Les constituants du ciment doivent respecter les exigences spécifiées à l'Article 5. Les procédures utilisées en cours de production pour garantir le respect de cette exigence doivent être appliquées et formalisées par écrit.

**Annexe A  
 (à titre d’information)**

# A.1. Généralités

Conformément à la remarque 1 du Paragraphe 1, les dispositions relatives à l'échange d'informations supplémentaires entre le fabricant et l'utilisateur doivent être effectuées en conformité avec, mais sans s'y limiter, la présente annexe.

# A.2. Conditions d'Approvisionnement

# A.2.1. Identification

Le ciment doit être identifié sur le sac ou le bon de livraison, ainsi que sur tout rapport d’essai, avec les mentions suivantes:

1. Le nom, la marque de commerce ou d'autres moyens d'identification du fabricant pour faciliter la traçabilité permettant de remonter à l'usine dans laquelle le ciment a été fabriqué ;
2. La désignation/le nom, la notation/le type et la classe de résistance du ciment, par exemple :

* Ciment Portland CEM I 42.5 N
* Ciment Portland aux cendres volantes CEM II/B-V 32.5 R
* Ciment Portland au calcaire CEM II/A-L 42.5 N
* Ciment de haut fourneau CEM III/A 42.5 N

1. Le nombre et la date de la présente Norme Industrielle Nigériane, c’est-à-dire la norme ECOSTAND 069-1 :2017 ;
2. La notation Standard de mélange quelconque, selon le cas ;
3. Le marquage de la norme TGN ainsi que d’autres informations connexes ; et dans le cas de fourniture en sacs uniquement ;
4. Le poids d’un sac rempli de ciment.

# A.2.2. Ciment Emballé/en Sac

Si le ciment est livré dans un sac pour la manutention manuelle, le poids doit être de 50 ± 0,5 kg.

# A.3. Rapport d’Essai

# A.3.1. Généralités

Si un rapport d’essai est demandé par le fabricant, il doit inclure les résultats des essais suivants sur des échantillons de ciment, et l'information, lorsque cela est indiqué, concernant le matériel livré.

# A.3.2. Tous les Ciments CEM

1. Résistance à la compression soit à 2 ou 7 jours, selon le cas, et aussi à 28 jours (voir 6.1);
2. Temps de prise initiale (voir 6.2.1.);
3. Solidité (voir 6.2.2);
4. Teneur en chlorure (voir 6.3).

# A.3.3. Ciments Portland Calcaires (CEM II/A-L et CEM II/B-L)

La proportion de chaux, comme moyen pour atteindre l’objectif, est rapportée à 1% près en masse.

**Note**: *La notation, CEM II/AL et CEM II/BL indique que la table des matières du calcaire ne dépasse pas 0,50% en masse (voir 4.2.6).*

# A.4. Informations supplémentaires

# A.4.1. Généralités

Les informations contenues dans NB.4.2 et NB.4.3, appropriées pour le type de ciment relatives au matériel, doivent être disponibles, sur demande, au moment de la commande, relatif au matériau livré.

# A.4.2. Tous les Ciments CEM

* 1. le type et la quantité de tout composant additionnel mineur;
  2. la finesse telle que déterminé par surface spécifique ou résidu du tamis;
  3. la teneur en dioxyde de silicium, oxyde d'aluminium, oxyde de fer (III), oxyde de calcium et oxyde de magnésium du clinker;
  4. la teneur en sulfate exprimée en SO3 (voir 6.3);
  5. une indication de la variabilité de la teneur en chlorure lorsque le niveau moyen est supérieur à 0,05 en masse.

# A.4.3. Informations relatives à l’Alcali pour les Ciments CEM individuels

Les informations sur l’alcali, pertinentes pour le type de ciment, qui doivent être mises à disposition sont données dans le Tableau A.1.

**Note 1** : *Aucune disposition n’est prévue dans la présente norme industrielle togolaise pour la normalisation des ciments CEM à faible teneur alcaline à une limite alcaline garantie. La disponibilité et la fourniture de ces ciments CEM seront convenues entre l'acheteur et le fabricant.*

**Note 2** : *Une limite de 0,60% en masse, exprimée en équivalent d’oxyde de sodium, que le fabricant garantit qu’elle ne sera pas dépassée par un résultat d’essai sur un échantillon ponctuel, a été définie comme la limite alcaline garantie pour un ciment. Le ciment alcalin Portland résistant au sulfate à faible teneur alcaline est un ciment normalisé à une limite alcaline garantie.*

Les termes utilisés dans le Tableau A.1 peuvent être décrits comme suit :

1. Un composant de type CEM I d’un ciment qui contient du laitier granulaire de haut fourneau ou des cendres volantes siliceuses en tant que deuxième composant principal est le ciment excluant la proportion du deuxième composant principal.
2. Une teneur alcaline moyenne déclarée est une teneur alcaline exprimée en équivalent d’oxyde de sodium qui ne doit pas être considéré périmé sans préavis du fabricant. Il est d’une teneur alcaline moyenne certifiée majorée d'une marge qui reflète la variabilité dans la production du fabricant.

**Note 1** : *C’est la teneur alcaline moyenne déclarée, plutôt que la teneur alcaline moyenne certifiée qui est utilisée à des fins de catégorisation de l’alcali des ciments CEM à la teneur alcaline de béton.*

**Note 2**: *Si laitier granulaire de haut fourneau ou de cendres volantes siliceuses est le deuxième composant principal, c’est l’alcali en teneur moyenne du type CEM qui est utilisé à des fins de catégorisation de la teneur en alcali du ciment.*

1. Une teneur alcaline moyenne certifiée exprimée en équivalent d’oxyde de sodium, est la moyenne des 25 dernières déterminations consécutives du fabricant sur des échantillons ponctuels, prélevés conformément à un plan d'échantillonnage statistique ponctuel, c’est à-dire d’autocontrôle.

**Tableau A.1 – Informations sur l’Alcali pour les Ciments CEM Individuels**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type principal** | **Notation** | | **Les informations et leurs bases** | | |
| **Ciment** | **Composé de ‘type CEM I’** | **Laitier de haut fourneau/composant de cendres volantes siliceuses** |
| CEM I | Ciment Portland | Certificat CEM I | Déclaré moyen | - | - |
| Ciment Portland calcaire | CEM I/A-L | Déclaré moyen  Certifié moyen  Variabilité |  |  |
| CEM II | Ciment Portland au laitier | CEM II/A-S  CEM II/B-S | Déclaré moyen | Déclaré moyen  Certifié moyen  Variabilité | Garantie d’alcali  Déclaré moyen  Certifié moyen  Variabilité |
| Ciment Portland de cendres volantes | CEM II/A-V  CEM II/B-V | Déclaré moyen | Déclaré moyen  Certifié moyen  Variabilité | Alkali guarantee  Déclaré moyen 2)  Certifié moyen 2)  Variabilité 2) |
| CEM III | Ciment de haut fourneau | CEM III/A  CEM III/B  CEM III/C | Déclaré moyen | Déclaré moyen  Certifié moyen  Variabilité | Garantie d’alcali  Déclaré moyen 2)  Certifié moyen 2)  Variabilité 2) |
| CEM IV | Ciment Pouzzolanique (ciment aux cendres volantes siliceuses) | CEM IV/A  CEM IV/13 | Déclaré moyen | Déclaré moyen  Certifié moyen  Variabilité | Garantie d’alcali  Déclaré moyen 2)  Certifié moyen  Variabilité 2) |

**Note 1** : Voir *NBA 3 pour une description des termes utilisés dans ce tableau*

**Note 2** : *Ce tableau ne traite pas de la fourniture d'informations sur l’alcali pour le type de ciment CEM V, car il peut contenir à la fois du laitier de haut fourneau et des cendres volantes siliceuses*

**Note 3**: *Les informations sur le ciment déclaré moyen, le ciment certifié moyen et la variabilité du ciment certifié moyen sont disponibles uniquement lorsque les proportions de composants d'un laitier de haut fourneau est inférieure à 42% en masse de la somme des principaux et des petits composants supplémentaires (anciennement appelés noyaux de ciment), ou lorsque la proportion d'un constituant de cendres volantes siliceuse est inférieure à 26% en masse de la somme des constituants principaux et secondaires supplémentaires (anciennement appelés noyaux de ciment).*

**Tableau A.2 - Contributions Alcalines, à partir de Composants de Laitier de Haut Fourneau et de Cendres Volantes Siliceuses de Ciments CEM, prises en compte par le Fabricant lors du Calcul de la Teneur Alcaline Moyenne Déclarée du Ciment**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Principaux types (voir Paragraphe 6)** | **Notation** | | **Proportion en masse 1) de laitier de haut fourneau ou de cendres volantes siliceuses**  **(%)** | **Proportion de la teneur alcaline moyenne déclarée de laitier de haut fourneau ou de cendres volantes siliceuses prise en compte**  **(%)** |
| CEM II | Ciment Portland au laitier | CEM II/A-S  CEM II/B-S  CEM II/B-S | 6 à 20  21 à 25  26 à 35 | 100  100  50 |
| Ciment Portland aux cendres volantes | CEM II/A-V  CEM II/B-V  CEM II/B-V | 6 à 20  21 à 25  26 à 35 | 100  20  0 |
| CEM III | Ciment de haut fourneau | CEM III A  CEM III A  CEM III B  CEM III C | 36 à 41  42 à 65  66 à 80  81 à 95 | 50  0  0  0 |
| CEM IV | Ciment pouzzolanique (aux cendres volantes siliceuses) | CEM IV A  CEM IV A  CEM IV A | 11 à 20  21 à 25  26 à 35 | 100  20  0 |
| CEM IV B | 36 à 55 | 0 |
| **Note** : *Si un ciment CEM I contient du laitier de haut fourneau ou des cendres volantes siliceuses comme composants mineurs supplémentaires, 100% de la teneur en alcalis du composant est prise en compte.*  **1) Les proportions dans le tableau sont basées sur la somme des composants principaux et secondaires supplémentaires (anciennement appelés noyaux de ciment)** | | | | |

# Annexe B (à titre d’information)

# B.1. Echantillonnage et Essai pour l'inspection d'acceptation à la livraison

Pour l'acceptation à la livraison et sur demande, un échantillon ponctuel du ciment doit être prélevé, soit avant soit au moment de la livraison. Un échantillon de laboratoire doit être préparé et emballé. Un rapport d'échantillonnage doit être fait au moment de l'échantillonnage et doit être joint à l'échantillon du laboratoire.

**Note**: *L’essai peut être retardé jusqu'à trois mois à partir du moment de l'échantillonnage à condition qu'il y ait la confirmation que l'échantillon a été stocké en permanence de la bonne manière.*

Lorsque le ciment est testé pour la résistance (voir 6.1), il est recommandé que la fosse/carrière d'où le sable Standard est obtenu et la procédure de compactage à utiliser soient celles utilisées par le fabricant au moment où le ciment a été initialement testé.

**Note:** *Il convient de noter que la source de sable Standard et la procédure de compactage peuvent, dans les limites autorisées (voir la norme ECOSTAND 069-3.4 :2017), influencer la résistance atteinte.*

# B.2 Lorsque le ciment est testé pour les propriétés chimiques (voir 6.3) l'échantillon d'essai doit être préparé par la méthode décrite au Paragraphe 6 de la norme EN 196-2 :2013.

# B.3 L’essai doit être effectué en conformité avec les méthodes appropriées selon les Normes Industrielles togolaises pertinentes.

# B.4 Les valeurs limites applicables à l'inspection d'acceptation de ciment doivent être celles données dans le Tableau B.1A.

**Note** *: Les limites d’inspection d’acceptation sont en général celles données comme valeurs limites pour les résultats individuels du Tableau 8 de la présente norme. Toutefois, le Tableau 8 ne donne pas de valeurs pour la perte par calcination ou pour le résidu insoluble.*

**Tableau B.1A - Limite d’Inspection d’Acceptation**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Propriété** | | **Valeurs limites des résultats uniques** | | | | | | |
| **Classe de résistance** | | | | | | |
| **32.5 N** | **32.5 R** | **42.5 N** | **42.5 R** | | **52.5 N** | **52.5 R** |
| Résistance initiale (Mpa)  Valeur limite inférieure | 2 jours | - | 8,0 | 8,0 | 18,0 | | 18,0 | 28,0 |
| 7 jours | 14,0 | - | - | - | | - | - |
| Résistance Standard (Mpa)  Valeur limite inférieure | 28 jours | 30,0 | 30,0 | 40,0 | 40,0 | | 50,0 | 50,0 |
| Temps de prise initiale (min)  Valeur limite inférieure | | 60 | | 50 | | | 40 | |
| Solidité (expansion, mm),  Valeur limite supérieure | | 10 | | | | | | |
| Teneur en sulfate (en % SO3),  Valeur limite supérieure | CEM I  CEM IIa  CEM IV  CEM V | 4,0 | | | | 4,5 | | |
| CEM III/A  CEM III/B | 4,5 | | | | | | |
| CEM III/C | 5,0 | | | | | | |
| Teneur en Chlorure (%) b,  Valeur limite supérieure | | 0,10 | | | | | | |
| Pouzzolanicité | | Positive après 15 jours | | | | | | |
| a Un ciment de type CEM III peut contenir plus de 0,10% de chlorure, mais dans ce cas, la teneur maximale en chlorure doit être déclarée | | | | | | | | |

# Annexe C (à titre d’information)

**Ciments Portland Spéciaux**

# C.1. Contrôle de Finesse du Ciment Portland

Le contrôle de finesse du ciment Portland doit être conforme aux exigences du ciment du type CEM I de la présente norme et, en plus de sa finesse, doit se situer dans une fourchette convenue entre l'acheteur et le fabricant.

**Note :** *Pendant de nombreuses années il y a eu une demande des utilisateurs spécialisés pour un ciment qui permet de d’éliminer plus facilement l'excès d'eau du béton pendant le compactage. Dans certaines applications, la finesse du ciment est plus importante que sa force de compression.*

# C.2. Ciment Portland Pigmenté

Le Ciment portland pigmenté est réputé conforme aux exigences du type CEM I de la présente norme à condition que :

1. Les pigments soient conformes aux normes nationales et internationales pertinentes.
2. Les propriétés chimiques du composant de ciment Portland, à l'exclusion des pigments, soient conformes aux exigences du Paragraphe 6.3 de la présente norme.
3. Le ciment final, y compris le pigment, soit conforme à la présente Norme Industrielle Nigériane à l'exception du Paragraphe 6 et du Sous- paragraphe 6.3.

**Note :** *La quantité de ciment pigmenté utilisé dans un mélange de béton ou de mortier doit être supérieure à celle du ciment non pigmenté afin de tenir compte de la quantité de pigment en présence.*

# Annexe D

**(A titre d’Information)**

# D.1. Stockage

Pour protéger le ciment d’une hydratation prématurée après livraison, les silos en vrac doivent être étanches et la condensation interne doit être réduite au minimum.

Le ciment en sacs de papier doit être stocké non-ouvert, le sol nettoyé, pas plus de huit sacs de bas en haut, dans des conditions fraîches et sèches et protégées des courants d’air excessifs et, en outre, protégées par une structure étanche au cas où le stockage est hors des bâtiments. Comme les pertes importantes de résistance commencent après quatre semaines à six semaines de stockage dans des sacs en papier dans des conditions normales, dans des conditions météorologiques défavorables ou d’humidité élevée, les livraisons doivent être contrôlées et les sacs utilisés dans l'ordre de réception. Les fabricants sont tenus de fournir un système de marquage d'une forte proportion des sacs dans chaque livraison pour indiquer le moment où ils ont été remplis.

# D.2. Température d’essai

Les normes ECOSTAND 069-3.4 :2017 et ECOSTAND 069-3.2 :2017 exigent que les essais de résistance soient effectués à une température de (27 ± 1) °C. Lorsque le ciment est testé à une température différente, les résultats sont susceptibles d'être affectés. Des conseils appropriés peuvent être obtenus auprès du fabricant.

# Bibliographie

[1] Norme EN 197-1: 2011 – Norme Européenne pour le Ciment – Partie 1: Composition du Ciment, Spécifications et Critères de Conformité des Ciments Courants.

[2] Norme EN 206-1 - Béton – Partie 1: Spécifications, Performance, Production et Conformité

[3] Norme BS 8500-1 - Béton: Norme Britannique Complémentaire à la Norme BS EN 206 -1 Méthode de Spécification et d'Orientation pour la Prescription

[4] Norme BS 8500-2-1 - Béton: Norme Britannique Complémentaire à la Norme EN 206-1: Spécifications pour les Matériaux Constitutifs et le Béton

[5] Norme BS 8204-1 - Chapes, Revêtement de Sol des Bases et Revêtement de Sol in Situ. Bases en Béton et Chape de Nivellement en Ciment pour Recevoir le Revêtement. Code Pratique

[6] Norme BS 8204-2 – Chape, Revêtement de Sol des Bases et Revêtements de Sol in Situ. Chape d’Usure en Béton. Code Pratique

[7] Norme BS EN 1996-1-1 – Euro Code 6: Conception des Structures de Maçonnerie. Règle Générale pour les Structures de Maçonnerie Renforcée et Non-Renforcée

[8] Norme BS EN 998-1 – Spécifications des Mortiers pour Maçonnerie - Partie 1: Mortiers d'Enduits Extérieurs & Intérieurs

[9]