

## Cendres volantes pour béton Partie 1 : Définition, spécification et critères de conformité

### Norme Marocaine homologuée

Par décision du Directeur de l'Institut Marocain de Normalisation N°                    du                    , publiée  
au B.O. N°                    du

### Correspondance

La présente norme nationale est identique à l'EN 450-1 : 2012 et est reproduite avec la permission du CEN, Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelles.

Tous droits d'exploitation des Normes Européennes sous quelque forme que ce soit et par tous moyens sont réservés dans le monde entier au CEN et à ses Membres Nationaux, et aucune reproduction ne peut être engagée sans permission explicite et par écrit du CEN par l'IMANOR.

### Droits d'auteur

Droit de reproduction réservés sauf prescription différente aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans accord formel. Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients de l'IMANOR, Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

## **Avant-Propos National**

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'Organisme National de Normalisation. Il a été créé par la Loi N° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation sous forme d'un Etablissement Public sous tutelle du Ministère chargé de l'Industrie et du Commerce.

Les normes marocaines sont élaborées et homologuées conformément aux dispositions de la Loi N° 12-06 susmentionnée.

La présente norme marocaine a été reprise de la norme européenne EN conformément à l'accord régissant l'affiliation de l'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) au Comité Européen de Normalisation (CEN).

Tout au long du texte du présent document, lire « ... la présente norme européenne ... » avec le sens de « ... la présente norme marocaine... ».

Toutes les dispositions citées dans la présente norme, relevant du dispositif réglementaire européen (textes réglementaires européens, directives européennes, étiquetage et marquage CE, ...) sont remplacés par les dispositions réglementaires ou normatives correspondantes en vigueur au niveau national, le cas échéant.

La présente norme marocaine NM EN 450-1 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation des Bétons, mortiers et produits dérivés (60).

**Version française**

**Cendres volantes pour béton —  
Partie 1 : Définition, spécification et critères de conformité**

Flugasche für Beton —  
Teil 1: Definition, Anforderungen  
und Konformitätskriterien

Fly ash for concrete —  
Part 1: Definition, specifications  
and conformity criteria

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 6 juillet 2012.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Ancienne République yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

**CEN**

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung  
European Committee for Standardization

**Centre de Gestion : 17 Avenue Marnix, B-1000 Bruxelles**

## Sommaire

	Page
<b>Avant-propos</b> .....	3
<b>Introduction</b> .....	4
<b>1 Domaine d'application</b> .....	4
<b>2 Références normatives</b> .....	4
<b>3 Termes et définitions</b> .....	5
<b>4 Dispositions spécifiques concernant les cendres volantes de co-combustion</b> .....	6
4.1 Co-combustibles .....	6
4.2 Aptitude des cendres volantes de co-combustion .....	7
<b>5 Spécifications</b> .....	7
5.1 Généralités .....	7
5.2 Exigences chimiques .....	8
5.3 Exigences physiques .....	9
5.4 Autres exigences .....	10
5.5 Informations à fournir à la demande .....	11
<b>6 Conditionnement et étiquetage</b> .....	11
<b>7 Échantillonnage</b> .....	11
<b>8 Critères de conformité</b> .....	12
8.1 Exigences générales .....	12
8.2 Critères statistiques de conformité .....	14
8.3 Critères de conformité applicables aux résultats individuels .....	16
<b>Annexe A (normative) Dégagement de substances dangereuses et émission de radioactivité</b> .....	17
<b>Annexe B (normative) Détermination de la quantité d'eau nécessaire au gâchage pour les cendres volantes de la Catégorie S</b> .....	18
<b>Annexe C (normative) Méthode pour déterminer la teneur en phosphate soluble (exprimé en tant que P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b> .....	20
<b>Annexe ZA (informative) Articles de la présente Norme européenne concernant les dispositions de la Directive UE Produits de construction</b> .....	22
<b>Bibliographie</b> .....	28

## Avant-propos

Le présent document (EN 450-1:2012) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 104 «Béton et produits associés», dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en février 2013, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en février 2013.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence

Le présent document remplace l'EN 450-1:2005+A1:2007.

Le présent document a été élaboré dans le cadre d'un mandat donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Échange et vient à l'appui des exigences essentielles de la Directive UE 89/106/CEE.

Pour la relation avec la (les) Directive(s) UE, voir l'Annexe ZA, informative, qui fait partie intégrante du présent document.

Le présent document s'appuie sur des normes de la série EN 451 pour les méthodes d'essai relatives à la détermination de la teneur en oxyde de calcium libre et de la finesse par tamisage.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes :

- extension de la teneur autorisée en co-combustibles solides ;
- extension de la teneur autorisée en co-combustibles liquides et gazeux ;
- fixation de limites pour la perte au feu ;
- intégration des spécifications de l'EN 450-1+A1:2007 ;
- révision éditoriale générale.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

## Introduction

L'usage du charbon pour la production d'électricité engendre d'importantes quantités de cendres volantes.

Selon les types de charbon et le type de chaudière utilisés au cours de ce procédé, on obtient des cendres volantes différentes — cendres volantes siliceuses, silico-calciques ou calciques — avec des propriétés pouzzolaniques et/ou hydrauliques latentes. Ces trois types de cendres volantes sont utilisés dans la production de béton dans certains pays européens en fonction de l'expérience et de la tradition nationales.

Les cendres volantes peuvent, avant l'emploi, faire l'objet d'une élaboration, par exemple par classification, sélection, tamisage, séchage, mélange, broyage ou réduction par le carbone, afin d'optimiser leur finesse, de réduire la quantité d'eau nécessaire au gâchage ou d'améliorer certaines autres propriétés. Les cendres volantes ainsi élaborées peuvent être conformes au présent document, auquel cas il est fait référence à celui-ci. Lorsqu'elles sont en dehors du domaine d'application du présent document, leur aptitude à être utilisées comme additions du Type II dans un béton selon l'EN 206-1 peut également être établie à partir soit de normes ou de prescriptions nationales, soit d'Agréments Techniques Européens en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton et qui visent spécifiquement l'utilisation de l'addition dans un béton conforme à l'EN 206-1.

Lors de l'utilisation de cendres volantes conformes au présent document, il convient de noter, qu'outre leur effet pouzzolanique, les cendres volantes peuvent également influencer sur certaines propriétés du béton frais ou du béton durci. Au besoin, de tels effets doivent être pris en considération pour l'élaboration des formulations des bétons (voir EN 206-1).

## 1 Domaine d'application

La présente Norme européenne définit les exigences relatives aux propriétés chimiques et physiques ainsi qu'aux modes opératoires de contrôle de la qualité pour les cendres volantes siliceuses, telles que définies en 3.2, utilisées comme addition de Type II pour la production de béton, en accord avec l'EN 206-1. Les cendres volantes selon le présent document peuvent également être utilisées dans des mortiers et des coulis.

Les cendres volantes produites avec d'autres types ou des teneurs plus élevées de co-combustibles que ceux prévus à l'Article 4 n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente Norme européenne.

Les règles concernant l'utilisation pratique des cendres volantes dans la production du béton, c'est-à-dire les dispositions concernant la composition, le malaxage, la mise en place, la cure, etc. de bétons qui contiennent des cendres volantes, sortent du domaine d'application de la présente Norme européenne. En ce qui concerne ces règles, il convient de se référer à d'autres Normes européennes ou nationales traitant du béton, comme l'EN 206-1.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

EN 196-1:2005, *Méthodes d'essais des ciments – Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques*

EN 196-2:2005, *Méthodes d'essais des ciments – Partie 2 : Analyse chimique des ciments*

EN 196-3, *Méthodes d'essais des ciments – Partie 3 : Détermination du temps de prise et de la stabilité*

EN 196-7, *Méthodes d'essai des ciments – Partie 7 : Méthodes de prélèvement et d'échantillonnage du ciment*

EN 197-1:2011, *Ciment – Partie 1 : Composition, spécifications et critères des conformités des ciments courants*

EN 206-1, *Béton – Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité*

EN 450-2:2005, *Cendre volant pour béton – Partie 2 : Évaluation de la conformité*

EN 451-1, *Méthode d'essai des cendres volantes – Partie 1 : Détermination de la teneur en oxyde de calcium libre*

EN 451-2, *Méthodes d'essai des cendres volantes – Partie 2 : Détermination de la finesse par tamisage humide*

EN 933-10, *Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 10 : Détermination des fines – Granularité des fillers (tamisage dans un jet d'air)*

EN 1015-3:1999, *Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie – Partie 3 : Détermination de la consistance du mortier frais (à la table à secousses)*

EN 1097-7, *Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats – Partie 7 : Détermination de la masse volumique absolue du filler – Méthode au pycnomètre*

EN ISO 11885, *Qualité de l'eau – Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES) (ISO 11885)*

EN 14588:2010, *Biocombustibles solides – Terminologie, définitions et descriptions*

ISO 10694, *Qualité du sol – Dosage du carbone organique et du carbone total après combustion sèche (analyse élémentaire)*

ISO 29581-2, *Méthodes d'essais des ciments – Analyse chimique des ciments – Partie 2 : Analyse par spectrométrie de fluorescence X*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **addition de Type II**

matériau finement divisé à caractère inorganique, pouzzolanique ou hydraulique latent qui peut être incorporé au béton afin d'en améliorer certaines propriétés ou pour obtenir des propriétés spéciales

Note 1 à l'article : Voir l'EN 206-1.

#### 3.2

##### **cendre volante**

poudre fine constituée principalement de particules vitreuses de forme sphérique issues de la combustion de charbon pulvérisé en présence ou non de co-combustibles, ayant des propriétés pouzzolaniques et composée essentiellement de  $\text{SiO}_2$  et de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , et qui :

- est obtenue par précipitation électrostatique ou mécanique de particules pulvérulentes contenues dans les fumées des centrales électriques ; et
- peut être préparée, par exemple par classification, sélection, tamisage, séchage, mélange, broyage ou réduction par le carbone, ou par combinaison de ces procédés, dans des sites de production adéquats, auquel cas elle peut être constituée de cendres volantes d'origines différentes, chacune se conformant à la définition fournie dans ce paragraphe

Note 1 à l'article : Les cendres provenant de l'incinération d'ordures ménagères et de déchets industriels ne se conforment pas à la définition donnée dans le présent paragraphe.

#### 3.3

##### **ciment d'essai**

ciment Portland de type CEM I, classe de résistance 42,5 ou plus, conforme à l'EN 197-1, à utiliser lors de l'exécution des essais nécessaires pour évaluer la conformité aux exigences énumérées en 5.3.2, 5.3.3, 5.3.5 et 5.3.6.

#### 3.4

##### **masse volumique des particules**

masse volumique moyenne des particules de cendre volante, y compris les vides à l'intérieur de celles-ci

#### 3.5

##### **indice d'activité**

rapport (en %) des résistances à la compression d'éprouvettes normalisées de mortier du même âge, les unes préparées avec 75 % de ciment d'essai et 25 % de cendre volante (en masse), les autres préparées avec du ciment d'essai uniquement

### 3.6

#### **autocontrôle**

contrôle statistique continu de la qualité d'une cendre volante, basé sur la mesure d'échantillons prélevés par le producteur ou son représentant en un ou plusieurs points de sortie du site de production de la cendre volante

### 3.7

#### **période de contrôle**

période de production et/ou de distribution identifiée pour l'évaluation des résultats des essais d'autocontrôle

### 3.8

#### **valeur caractéristique**

valeur de la propriété requise en deçà de laquelle se situe un pourcentage spécifié, le percentile  $P_k$  de toutes les valeurs de la population étudiée

### 3.9

#### **valeur limite applicable aux résultats individuels**

valeur correspondant à une propriété physique ou chimique qui ne doit être dépassée pour aucun des résultats d'essai individuels dans le cas d'une limite supérieure, ou qui doit être au minimum atteinte dans le cas d'une limite inférieure

### 3.10

#### **probabilité admissible d'acceptation CR**

pour un plan d'échantillonnage donné, la probabilité admissible d'accepter une cendre volante comportant une valeur caractéristique en dehors des valeurs minimale ou maximale spécifiées

### 3.11

#### **plan d'échantillonnage**

plan spécifique définissant le (les) effectif(s) (statistique(s)) de l'échantillon à utiliser, le percentile  $P_k$ , et la probabilité admissible d'acceptation CR

### 3.12

#### **échantillon ponctuel**

échantillon prélevé au même moment et au même lieu, en fonction des essais prévus, qui peut être obtenu par la combinaison d'un ou de plusieurs prélèvements élémentaires immédiatement consécutifs

NOTE Note 1 à l'article : Voir l'EN 196-7.

### 3.13

#### **bois vert**

bois provenant des arbres, des buissons et des arbustes issu du traitement du bois, par exemple chutes de tronçonnage, copeaux de rabotage, sciure et autres copeaux, utilisé sous forme de poussière, de copeaux et de granulés

## **4 Dispositions spécifiques concernant les cendres volantes de co-combustion**

### **4.1 Co-combustibles**

Les cendres de co-combustion telles que définies en 3.2 sont obtenues à partir de charbon pulvérisé brûlé simultanément avec au moins un co-combustible tel que ceux énumérés dans le Tableau 1. Le pourcentage minimum de charbon ( $K_c$ ), en masse sèche, ne doit pas être inférieur à 60 %, ou à 50 % si le co-combustible est constitué uniquement de bois vert (voir 3.13). Le pourcentage maximum de cendres issues de co-combustibles (M) ne doit pas être supérieur à 30 % par masse sèche, lorsqu'il est calculé à partir de la Formule (1).



Le pourcentage de cendres issues de la co-combustion doit être calculé à l'aide de la Formule (1) :

$$M = 100 (K_1 \times A_1 + K_2 \times A_2 \dots K_n \times A_n) / (K_c \times A_c + (K_1 \times A_1 + K_2 \times A_2 \dots K_n \times A_n)) \quad \dots (1)$$

où

$M$  est la proportion de cendre de co-combustion sur le total de cendre volante, en % en masse ;

$A_i$  est la teneur en cendre du matériau de co-combustion numéro  $i$ , en % en masse ;

$n$  est le nombre de co-combustibles utilisés ;

$A_c$  est la teneur en cendre du charbon, en % en masse ;

$K_i$  et  $K_c$  sont respectivement les proportions du (des) co-combustible(s) et du charbon brûlés ;

et où

$(K_c + K_1 + K_2 + \dots K_n) = 1$  et  $K_c \geq 0,60$ , ou  $0,50$  si le co-combustible est constitué uniquement de bois vert.

En outre, si des combustibles liquides et gazeux pratiquement sans cendre sont utilisés comme matériaux de co-combustion, leur pourcentage par valeur calorifique nette doit être déterminé et ne doit pas dépasser 40 % de la valeur calorifique nette totale.

Des pourcentages plus élevés de combustibles liquides et gazeux pratiquement sans cendre peuvent être utilisés lors du processus de démarrage d'une centrale électrique.

**Tableau 1 — Types de co-combustibles**

1	Biocombustibles solides conformes à l'EN 14588:2010, y compris les résidus animaux provenant de l'agriculture comme défini en 4.5, et en excluant les chutes de bois comme défini en 4.52, 4.132 et 4.174.
2	Farines animales (de viande et d'os)
3	Boues d'épuration urbaine
4	Boues de papeterie
5	Coke de pétrole
6	Combustibles liquides et gazeux pratiquement sans cendres

NOTE Les autres types de co-combustibles non inclus dans le Tableau 1 peuvent être soumis à un Agrément Technique Européen.

## 4.2 Aptitude des cendres volantes de co-combustion

L'aptitude des cendres volantes de co-combustion de charbon avec des co-combustibles figurant dans le Tableau 1 doit être établie et documentée par le producteur. Une co-combustion initiale doit être exécutée dans le four utilisant la quantité la plus grande voulue de matériau de co-combustion. Un échantillon représentatif de cendre volante prélevée à partir de cette co-combustion (voir Article 7) doit être utilisé pour établir l'aptitude.

L'aptitude des cendres volantes de co-combustion avec l'un des co-combustibles spécifiés dans le Tableau 1 est établie si la conformité aux exigences énumérées en 5.2, 5.3 et 5.4 a été prouvée.

## 5 Spécifications

### 5.1 Généralités

Les exigences chimiques et physiques énumérées en 5.2 et 5.3 sont exprimées en termes de valeurs caractéristiques. La conformité à une valeur caractéristique est évaluée par un mode opératoire de contrôle statistique de la qualité tel que décrit à l'Article 8.

Les méthodes d'essai prescrites dans le présent document constituent des méthodes de référence. D'autres méthodes d'essai peuvent être utilisées à condition qu'elles fournissent des résultats équivalents à ceux obtenus au moyen de la méthode de référence. En cas de litige, seule la méthode de référence doit être utilisée.

## 5.2 Exigences chimiques

### 5.2.1 Généralités

La composition chimique doit être exprimée en proportion de la masse sèche (voir Article 7 pour une méthode permettant d'obtenir un échantillon de cendre volante sèche).

Lors de l'exécution des méthodes d'essai pour les principaux éléments décrits à l'Article 13 de l'EN 196-2:2005, les modifications suivantes doivent être prises en compte :

- a) lors du chauffage du mélange échantillon-peroxyde (EN 196-2:2005, 13.2), une température de four de 550 °C doit être utilisée et maintenue pendant 60 min. Le chronométrage doit commencer lorsque la température atteint de nouveau 540 °C ;
- b) lors de la dispersion de la masse frittée issue du four (EN 196-2:2005, 13.2), continuer l'essai même si la solution n'est pas limpide ;
- c) pour désagréger le résidu d'évaporation (EN 196-2:2005, 13.7), ajouter 2,0 g de bisulfate de potassium au lieu du mélange de carbonate de sodium / chlorure de sodium.

### 5.2.2 Perte au feu

La perte au feu doit être déterminée selon les principes de la méthode décrite dans l'EN 196-2, mais pour un temps de combustion de 1 h, et elle doit se retrouver dans les limites des catégories indiquées ci-dessous :

- Catégorie A : perte au feu inférieure à 5,0 % en masse ;
- Catégorie B : perte au feu inférieure à 7,0 % en masse ;
- Catégorie C : perte au feu inférieure à 9,0 % en masse.

Le but de la présente exigence est de limiter la quantité de carbone imbrûlé dans les cendres volantes. Il suffit donc de démontrer, par mesure directe des résidus de carbone imbrûlé, que la proportion de carbone imbrûlé se situe dans les limites des catégories indiquées ci-dessus. La teneur en carbone imbrûlé doit être déterminée conformément à l'ISO 10694.

NOTE L'importance de la perte au feu pouvant avoir une incidence sur l'action des entraîneurs d'air utilisés pour la fabrication de bétons résistant au gel et au dégel, les trois catégories de perte au feu définies ici permettent à l'utilisateur de tenir compte de cet état de fait en choisissant la catégorie appropriée pour chaque application et chaque classe d'exposition particulière, dans le respect des normes et/ou des règlements concernant les bétons en vigueur sur le lieu d'utilisation.

### 5.2.3 Chlorure

La teneur en chlorures, exprimée en  $\text{Cl}^-$ , doit être déterminée conformément à l'EN 196-2 et elle ne doit pas excéder 0,10 % en masse.

### 5.2.4 Teneur en sulfate ( $\text{SO}_3$ )

La teneur en sulfate ( $\text{SO}_3$ ), doit être déterminée conformément à l'EN 196-2 et elle ne doit pas excéder 3,0 % en masse.

### 5.2.5 Oxyde de calcium libre

La teneur en oxyde de calcium libre doit être déterminée selon la méthode décrite dans l'EN 451-1. Si la teneur en oxyde de calcium libre est supérieure à 1,5 % en masse, la cendre volante doit être soumise à essai pour vérifier la conformité aux exigences de stabilité décrites en 5.3.3.

### 5.2.6 Oxyde de calcium réactif

La teneur en oxyde de calcium réactif doit être calculée comme stipulé en 3.1 de l'EN 197-1:2011 et elle ne doit pas excéder 10,0 % en masse.

Si la teneur totale d'oxyde de calcium, déterminée conformément à 5.2.1, n'excède pas 10,0 % en masse, l'exigence sur l'oxyde de calcium réactif est réputée être satisfaite.

### 5.2.7 Silice réactive

Dans l'essai de type initial relatif aux cendres volantes issues de la co-combustion (4.2), la quantité de silice réactive doit être analysée conformément à l'EN 197-1 et ne doit pas excéder 25 % en masse. Les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé uniquement doivent être considérées comme satisfaisant à cette exigence.

### 5.2.8 Silice (SiO<sub>2</sub>), alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et oxyde de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

La somme des teneurs en silice (SiO<sub>2</sub>), en alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et en oxyde de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) doit être déterminée conformément à l'EN 196-2, en tenant compte des modifications indiquées en 5.2.1, et elle ne doit pas être inférieure à 70 % en masse. Les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé uniquement doivent être considérées comme satisfaisant à cette exigence.

### 5.2.9 Teneur totale en alcalis

La teneur totale en alcalis doit être déterminée conformément à l'EN 196-2 et calculée sous la forme de Na<sub>2</sub>O<sub>éq</sub>, et elle ne doit pas excéder 5,0 % en masse. Les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé uniquement doivent être considérées comme satisfaisant à cette exigence.

### 5.2.10 Oxyde de magnésium

Dans l'essai de type initial relatif aux cendres volantes issues de la co-combustion (4.2), la teneur en oxyde de magnésium (MgO) doit être déterminée conformément à l'EN 196-2 et ne doit pas être supérieure à 4,0 % en masse. Les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé uniquement doivent être considérées comme satisfaisant à cette exigence.

### 5.2.11 Phosphate

La teneur totale en phosphate (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) doit être déterminée conformément à l'ISO 29581-2 et ne doit pas être supérieure à 5,0 % en masse. Les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé uniquement doivent être considérées comme satisfaisant à cette exigence.

Dans l'essai de type initial relatif aux cendres volantes issues de la co-combustion (4.2), la teneur en phosphate soluble (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) doit être déterminée conformément à la méthode décrite à l'Annexe C et elle ne doit pas être supérieure à 100 mg/kg.

## 5.3 Exigences physiques

### 5.3.1 Finesse

La finesse d'une cendre volante doit être exprimée en pourcentage massique du refus au tamis, dans le cas d'un tamis de 0,045 mm. La finesse peut être déterminée par tamisage humide conformément à l'EN 451-2 ou par tamisage dans un jet d'air conformément à l'EN 933-10. La finesse doit rester dans les limites des catégories spécifiées ci-dessous :

Catégorie N : la valeur maximale de la finesse ne doit pas dépasser 40 % en masse et elle ne doit pas varier de plus de ± 10 points de pourcentage par rapport à la valeur déclarée.

Catégorie S : la finesse ne doit pas dépasser 12 % en masse. La valeur de ± 10 points de pourcentage des limites de variation n'est pas applicable.

En cas de litige, la méthode de tamisage par voie humide conformément à l'EN 451-2 doit être utilisée comme méthode de référence.

### 5.3.2 Indice d'activité

La préparation d'éprouvettes prismatiques de mortier normalisées et la détermination de leur résistance à la compression doivent se faire conformément à l'EN 196-1.

L'indice d'activité à 28 jours et à 90 jours doit être supérieur à 75 % et 85 % respectivement.

Le ciment d'essai utilisé, tel que défini en 3.3, est choisi par le producteur de cendres volantes et il est caractérisé en outre par sa finesse et sa teneur en aluminat tricalcique et en alcalis, de la manière suivante :

- finesse (Blaine) : supérieure ou égale à 300 m<sup>2</sup>/kg ;
- aluminat tricalcique : 6 % en masse à 12 % en masse ;
- alcalis (Na<sub>2</sub>O<sub>éq</sub>) : 0,5 % en masse à 1,2 % en masse.

NOTE Le résultat des essais d'indice d'activité ne donne pas d'indication directe sur la contribution de la cendre volante à la résistance du béton et l'utilisation de la cendre n'est pas limitée au taux de mélange utilisé dans ces essais.

### 5.3.3 Stabilité

La stabilité doit être déterminée sur une pâte préparée avec 30 % de cendre volante et 70 % de ciment d'essai (en masse) conformément à l'EN 196-3. Elle ne doit pas excéder 10 mm.

Lorsque la teneur en oxyde de calcium libre d'une cendre volante conformément à 5.2.5 ne dépasse pas 1,5 % en masse, la cendre est réputée satisfaire à la présente exigence.

### 5.3.4 Masse volumique des particules

La masse volumique des particules doit être déterminée conformément à l'EN 1097-7 et elle ne doit pas s'écarter de plus de 200 kg/m<sup>3</sup> de la valeur moyenne déclarée par le producteur.

### 5.3.5 Temps de début de prise

Le temps de début de prise doit être déterminé sur une pâte préparée avec 25 % de cendre volante et 75 % de ciment d'essai (en masse), conformément à l'EN 196-3 et il doit être au maximum deux fois plus long que le temps de début de prise d'une pâte de ciment constituée à 100 % du ciment d'essai (en masse). Les exigences concernant le temps de début de prise spécifiées dans l'EN 197-1 doivent être satisfaites par le ciment d'essai soumis à l'essai seul. Les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé uniquement doivent être considérées comme satisfaisant à cette exigence.

### 5.3.6 Eau nécessaire au gâchage

Le pourcentage d'eau nécessaire au gâchage de cendres volantes de la catégorie de finesse S doit être déterminé selon la méthode décrite à l'Annexe B et il ne doit pas dépasser 95 % de celui qui est nécessaire au gâchage du ciment d'essai en lui-même.

Pour les cendres volantes de la catégorie de finesse N, cette exigence ne s'applique pas.

## 5.4 Autres exigences

### 5.4.1 Exigences de durabilité

La composition et les performances des cendres volantes doivent être telles que du béton durable (voir EN 206-1) puisse être produit lorsque des cendres volantes sont utilisées. Les cendres volantes conformes à la définition donnée en 3.2 et satisfaisant aux exigences chimiques décrites en 5.2 ainsi qu'aux exigences physiques décrites en 5.3 doivent être considérées comme satisfaisant aux exigences de durabilité.

Dans certaines applications, en particulier pour du béton utilisé dans des conditions environnementales rigoureuses, le choix de la catégorie de cendres volantes peut influencer sur la durabilité du béton, par exemple la résistance au gel/dégel et la résistance aux alcali-réactions. Dans de tels cas, le choix de la catégorie de cendres volantes doit se conformer aux normes et/ou aux règlements appropriés en vigueur sur le lieu d'utilisation.

### 5.4.2 Dégagement de substances dangereuses et émission de radioactivité

Les cendres volantes ne doivent pas contenir de substance qui soit dangereuse pour la santé, l'hygiène et l'environnement, en se dégageant du béton (voir Annexe A).

Dans le cas de l'existence d'exigences supplémentaires relatives à la compatibilité environnementale découlant du droit national, de règlements et de dispositions administratives, sur le lieu d'utilisation des cendres volantes, concernant :

- a) les cendres volantes ;
- b) le lixiviat de béton produit avec des cendres volantes ; ou
- c) le matériau de co-combustion ;

celles-ci doivent être prises en considération et la conformité aux règlements applicables doit être, si nécessaire, évaluée avant la production.

### 5.5 Informations à fournir à la demande

Des informations concernant les propriétés énumérées ci-dessous doivent être fournies à l'utilisateur à la demande :

- les caractéristiques du ciment d'essai ;
- savoir si la cendre volante est de co-combustion et, dans l'affirmative, déclaration de conformité au présent document, à toutes normes ou règlements en vigueur sur le lieu d'utilisation, et résultats des essais d'aptitude tels que requis en 4.2 et 4.3 ;
- une composition chimique type de la cendre volante sèche, comprenant les teneurs en silice ( $\text{SiO}_2$ ), en alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) et en oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), déterminées conformément à l'EN 196-2 ;
- la teneur totale en alcalis, déterminée conformément à l'EN 196-2 et calculée sous forme de  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{éq}}$  ;
- la teneur en eau pour l'obtention d'une consistance normalisée d'une pâte de ciment d'essai avec les cendres volantes de co-combustion, telle que déterminée par l'EN 196-3 par rapport à la détermination du temps de début de prise (voir 5.3.5) ;
- la quantité d'eau nécessaire au gâchage pour les cendres volantes de la catégorie S.

## 6 Conditionnement et étiquetage

Les cendres volantes peuvent être fournies conditionnées de façon adéquate pour des moyens de transport en vrac, ou dans des emballages adéquats.

Les emballages et les documents concernant les livraisons en vrac doivent comporter le nom ou la marque d'identification de l'installation où les cendres volantes ont été produites.

NOTE Pour le marquage CE et l'étiquetage, ZA.3 s'applique.

## 7 Échantillonnage

Des échantillons ponctuels, répartis de manière régulière sur la période de production, doivent être prélevés au point de chargement du moyen de transport en vrac ou des emballages ou bien, en variante, prélevés directement dans les moyens de transport en vrac ou les emballages, au moyen de l'équipement et selon les principes décrits dans l'EN 169-7.

Pour effectuer l'ensemble des analyses et essais nécessaires à l'établissement de la conformité ou de la non-conformité aux exigences de l'Article 5, un échantillon de laboratoire représentatif de la cendre volante sèche d'au moins 0,5 kg est nécessaire. Cet échantillon doit être obtenu en subdivisant, par exemple par quartage, un échantillon ponctuel d'au moins 2 kg. L'échantillon de laboratoire doit être séché dans un four bien ventilé à  $(105 \pm 5)$  °C jusqu'à obtention d'un poids constant, puis refroidi dans une atmosphère sèche.

## 8 Critères de conformité

### 8.1 Exigences générales

La conformité des cendres volantes au présent document 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 l'autocontrôle du producteur sont spécifiées dans le Tableau 2.

La conformité des cendres volantes au présent document doit être évaluée conformément à l'EN 450-2.

NOTE 1 Pour l'attestation de conformité concernant le marquage CE, se référer à l'Annexe ZA.

NOTE 2 L'EN 450-2 ne traite pas du contrôle de réception à la livraison.

**Tableau 2 — Propriétés, méthodes d'essai et fréquences minimales d'essais pour les essais d'autocontrôle du producteur ou de son représentant et méthode d'évaluation statistique**

1	2	3	4	5	6	7	8	
Propriété	Méthode d'essai <sup>b c</sup>	Essais d'autocontrôle <sup>a</sup>					Vérification de conformité <sup>o</sup>	
		Fréquence minimale des essais			Méthode d'évaluation statistique	Contrôle par		
		Situation courante	Période d'admission pour une nouvelle cendre volante	Co-combustion d'essai initiale	Mesures <sup>e</sup>			Attributs
1	Perte au feu	EN 196-2	1/jour <sup>d</sup>	2/jour <sup>d</sup>		x	C	
2	Finesse	EN 451-2/ EN 933-10	1/jour <sup>d</sup>	2/jour <sup>d</sup>		x	C/D	
3	Oxyde de calcium libre	EN 451-1	1/semaine <sup>g</sup>	2/semaine			x <sup>f</sup>	P
4	Oxyde de calcium réactif <sup>h</sup>	EN 196-2	1/mois	2/mois			x	P
5	Teneur en chlorures	EN 196-2	1/mois	2/mois			x	P
6	Teneur en sulfate	EN 196-2	1/mois	2/mois			x	P
7	Masse volumique des particules	EN 1097-7	1/mois	2/mois			x	D
8	Indice d'activité	EN 196-1	2/mois	4/mois			x <sup>f</sup>	P
9	Stabilité (si exigée) <sup>j</sup>	EN 196-3	1/semaine	2/semaine			x	P
10	Somme des teneurs en silice, alumine et oxyde de fer <sup>i</sup>	EN 196-2	1/mois	2/mois			x	P
11	Silice réactive <sup>m</sup>	EN 197-1			x			P
12	Alcalis <sup>i</sup>	EN 196-2	1/mois	2/mois			x	P
13	Oxyde de magnésium <sup>m</sup>	EN 196-2			x			P

**Tableau 2 — Propriétés, méthodes d'essai et fréquences minimales d'essais pour les essais d'autocontrôle du producteur ou de son représentant et méthode d'évaluation statistique (suite)**

1	2	3	4	5	6	7	8
Propriété	Méthode d'essai <sup>b c</sup>	Essais d'autocontrôle <sup>a</sup>				Méthode d'évaluation statistique	Vérification de conformité <sup>o</sup>
		Fréquence minimale des essais			Contrôle par		
		Situation courante	Période d'admission pour une nouvelle cendre volante	Co-combustion d'essai initiale			
14	Phosphate soluble	Annexe C			x		P
15	Teneur totale en phosphate <sup>m</sup>	ISO 29581-2	1/mois	2/mois		x	P
16	Temps de début de prise <sup>m</sup>	EN 196-3	1/mois	2/mois		x	P
17	Eau nécessaire au gâchage <sup>n</sup>	Annexe B	2/semaine	4/semaine		x	P
18	Substances dangereuses et émission de radioactivité <sup>k</sup>	I					

<sup>a</sup> Un minimum de 10 échantillons doit être utilisé pour évaluer la conformité, et il doit représenter une période d'au moins 1 mois et d'au plus 12 mois.

<sup>b</sup> Lorsque la partie correspondante de l'EN 196 ou de l'EN 451 le permet, il est possible, pour le contrôle de la production en usine, d'utiliser d'autres méthodes que celles indiquées, avec l'accord de l'organisme de certification, à condition qu'elles donnent des résultats équivalents à ceux obtenus avec la méthode de référence.

<sup>c</sup> Les méthodes utilisées pour prélever et préparer les échantillons doivent être conformes à l'EN 196-7.

<sup>d</sup> Jour de livraison.

<sup>e</sup> Si les données ne présentent pas une distribution normale, la méthode d'évaluation peut alors être choisie au cas par cas.

<sup>f</sup> 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.

<sup>g</sup> Si les résultats des 10 dernières mesures sont tous inférieurs à 0,5 % en masse, la fréquence des essais peut être ramenée à 1/mois. Si un seul résultat mensuel dépasse 0,5 % en masse, ou si la provenance du charbon est modifiée et que l'on ne dispose pas de connaissances concernant la cendre volante qui en est issue, la fréquence d'essai normale doit alors être rétablie.

<sup>h</sup> Voir 5.2.6.

<sup>i</sup> Essais à réaliser sur les cendres volantes issues de la co-combustion de charbon pulvérisé avec des co-combustibles afin de satisfaire aux exigences des paragraphes 5.2.8 et 5.2.9 respectivement. Des essais sur les cendres volantes obtenues par combustion de charbon pulvérisé seul sont requis pour fournir des informations à la demande.

<sup>j</sup> Uniquement si la teneur en oxyde de calcium libre dépasse 1,5 % en masse.

<sup>k</sup> Uniquement si expressément requis (voir également 5.4.2).

<sup>l</sup> Selon l'exigence (voir Notes 1 et 2 en ZA.1).

<sup>m</sup> Essais à effectuer sur des cendres volantes issues de la combustion de charbon pulvérisé avec des co-combustibles afin de satisfaire aux exigences de paragraphes 5.2.7, 5.2.10, 5.2.11 et 5.3.5 respectivement.

<sup>n</sup> Essai à effectuer sur des cendres volantes de la catégorie S seulement.

<sup>o</sup> P : Respecté/non respecté C : Catégorie D : Valeur déclarée.

## 8.2 Critères statistiques de conformité

### 8.2.1 Généralités

La conformité doit être formulée en termes de critères statistiques fondés sur :

- les valeurs caractéristiques requises pour les propriétés chimiques et physiques indiquées en 5.2 et 5.3 ;
- un percentile  $P_k$  de 10 % sur lequel est fondée la valeur caractéristique requise ;
- une probabilité admissible d'acceptation CR (risque consommateur) de 5 %.

La conformité aux exigences doit faire l'objet d'un contrôle soit par mesures, soit par attributs, comme décrit en 8.2.2 et 8.2.3 et comme spécifié dans le Tableau 2.

Un minimum de dix échantillons doit être utilisé pour évaluer la conformité, et il doit représenter une période d'au moins un mois et d'au plus douze mois.

### 8.2.2 Contrôle par mesures

Pour ce type de contrôle, il est supposé que les résultats d'essai présentent une distribution normale.

La conformité est vérifiée si les Formules (2) ou (3), selon le cas, sont satisfaites :

$$\bar{x} - k_A \times s \geq L \quad \dots (2)$$

et

$$\bar{x} + k_A \times s \leq U \quad \dots (3)$$

où :

$\bar{x}$  est la moyenne arithmétique de l'ensemble des résultats des essais d'autocontrôle obtenus au cours de la période de contrôle ;

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

$k_A$  est la constante d'acceptabilité ;

$L$  est la limite inférieure spécifiée à laquelle il est fait référence à l'Article 5 ;

$U$  est la limite supérieure spécifiée à laquelle il est fait référence à l'Article 5.

La constante d'acceptabilité  $k_A$  est fonction du percentile  $P_k$  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  $k_A$  sont énumérées dans le Tableau 3.

**Tableau 3 — Constante d'acceptabilité  $k_A$  ( $P_k = 10\%$ ) pour CR = 5 %**

Nombre de résultats d'essai $n$	$k_A^a$
20 à 21	1,93
22 à 23	1,89
24 à 25	1,85
26 à 27	1,82
28 à 29	1,80
30 à 34	1,78
35 à 39	1,73
40 à 44	1,70



**Tableau 3 — Constante d'acceptabilité  $k_A$  ( $P_k = 10\%$ ) pour CR = 5 %**

Nombre de résultats d'essai $n$	$k_A^a$
45 à 49	1,67
50 à 59	1,65
60 à 69	1,61
70 à 79	1,58
80 à 89	1,56
90 à 99	1,54
100 à 149	1,53
150 à 199	1,48
200 à 299	1,45
300 à 399	1,42
$\geq 400$	1,40
<sup>a</sup> Des valeurs de $k_A$ valides en tant que valeurs intermédiaires de $n$ peuvent également être utilisées. Ces valeurs peuvent être calculées à l'aide d'une formule de Natrella /1/.	

### 8.2.3 Contrôle par attributs

Le nombre  $c_D$  de résultats d'essais non conformes à la valeur caractéristique spécifiée doit être compté et comparé à un nombre acceptable  $c_A$ , calculé à partir du nombre  $n$  de résultats d'essais d'autocontrôle et du percentile  $P_k$  comme indiqué dans le Tableau 4.

La conformité est vérifiée si la Formule (4) est satisfaite :

$$c_D \leq c_A \quad \dots (4)$$

La valeur de  $c_A$  est fonction du percentile  $P_k$  sur lequel la valeur caractéristique est fondée, de la probabilité admissible d'acceptation CR et d'un nombre  $n$  de résultats d'essais. Les valeurs de  $c_A$  sont énumérées dans le Tableau 4.

**Tableau 4 — Valeurs de  $c_A$  ( $P_k = 10\%$ ) pour CR = 5 %**

Nombre de résultats d'essais $n^a$	$c_A$
20 à 39	0
40 à 54	1
55 à 69	2
70 à 84	3
85 à 99	4
100 à 109	5
$\geq 110$	$0,075 (n - 30)$
<sup>a</sup> Si le nombre de résultats d'essai est tel que $n < 20$ (pour $P_k = 10\%$ ), alors l'utilisation d'un critère statistique n'est pas possible. On utilisera néanmoins un critère de $c_A = 0$ dans les cas où $n < 20$ .	

### 8.3 Critères de conformité applicables aux résultats individuels

Outre la prise en compte des critères statistiques de conformité, la conformité des résultats d'essais aux exigences du présent document implique de vérifier que chaque résultat d'essai respecte les valeurs limites des résultats individuels spécifiées dans le Tableau 5.

**Tableau 5 — Valeurs limites applicables aux résultats individuels**

	<b>Propriété</b>	<b>Valeurs limites applicables aux résultats individuels</b>
1	Perte au feu (limite supérieure)	7,0 % en masse (catégorie A) 9,0 % en masse (catégorie B) 11,0 % en masse (catégorie C)
2	Finesse (limite supérieure)	45 % en masse (catégorie N) 13 % en masse (catégorie S)
3	Variation de la finesse (limites inférieure et supérieure)	± 15 points de pourcentage par rapport à la valeur déclarée (catégorie N seulement)
4	Chlorures (limite supérieure)	0,10 % en masse
5	Oxyde de calcium libre (limite supérieure)	1,6 % en masse
6	Oxyde de calcium réactif (limite supérieure)	11,0 % en masse
7	Teneur en sulfate (limite supérieure)	3,5 % en masse
8	Silice + alumine + oxyde de fer (limite inférieure)	65 % en masse
9	Teneur totale en alcalis (limite supérieure)	5,5 % en masse
10	Teneur totale en phosphate (limite supérieure)	5,5 % en masse
11	Stabilité (limite supérieure)	11 mm
12	Indice d'activité à 28 jours (limite inférieure) Indice d'activité à 90 jours (limite inférieure)	70 % 80 %
13	Variation de la masse volumique des particules (limites inférieure et supérieure)	± 225 kg/m <sup>3</sup> par rapport à la valeur déclarée
14	Temps de début de prise (limite supérieure)	2,25 fois le temps de début de prise du ciment d'essai seul
15	Eau nécessaire au gâchage (limite supérieure)	97 % (catégorie S seulement)

## **Annexe A**

(normative)

### **Dégagement de substances dangereuses et émission de radioactivité**

Les matériaux utilisés dans les produits ne doivent libérer aucune substance dangereuse au-delà des niveaux maximaux autorisés spécifiés dans une Norme européenne applicable au matériau ou autorisés dans les réglementations nationales de l'État membre de destination.

NOTE Voir ZA.1 dans l'Annexe ZA.

## Annexe B

(normative)

### Détermination de la quantité d'eau nécessaire au gâchage pour les cendres volantes de la Catégorie S

#### B.1 Principe

La réduction de la quantité d'eau nécessaire au gâchage lorsque des cendres volantes sont ajoutées à un mortier, est mesurée en comparant l'étalement d'un mélange de contrôle et d'essai.

#### B.2 Appareillage

**B.2.1 Mélangeur**, conformément à l'EN 196-1:2005, 4.4.

**B.2.2 Grattoir à lame flexible**, fait d'un matériau en caoutchouc ou plastique, adapté pour retirer le mortier adhérent aux lames du mélangeur et à l'intérieur des surfaces de la cuve du mélangeur.

**B.2.3 Balance** d'une contenance suffisante et pouvant peser à 1,0 g près.

**B.2.4 Table à secousses**, conformément à l'Annexe A de l'EN 1015-3:1999 ainsi que moule et dame associés.

#### B.3 Matériaux

**B.3.1 Sable normal CEN**, conformément à l'EN 196-1:2005, 5.1.

**B.3.2 Ciment d'essai**, tel que défini en 3.3.

**B.3.3 Eau**, désionisée ou distillée.

#### B.4 Proportions du mélange

La composition du mélange doit être telle que donnée dans le Tableau B.1.

**Tableau B.1 — Proportions du mélange**

Matériau	Mortier de contrôle	Mortier d'essai
Ciment d'essai	(450 ± 1) g	(315 ± 1) g
Cendres volantes	Néant	(135 ± 1) g
Sable normal CEN	(1350 ± 5) g	(1350 ± 5) g
Eau	(225 ± 1) g	Masse M pour donner une valeur d'étalement de ± 10 mm par rapport à celle du mortier de contrôle

## B.5 Mode opératoire

Utiliser le procédé de gâchage décrit dans l'EN 196-1:2005, 6.2 ; dès l'achèvement du gâchage, déterminer l'étalement du mortier conformément à l'EN 1015-3. Soulever le moule de la table ( $60 \pm 5$ ) s après l'achèvement du gâchage et actionner la table immédiatement. Actionner la table 15 fois en ( $15 \pm 2$ ) s et mesurer l'étalement.

Ajuster la teneur en eau du mortier d'essai pour obtenir un étalement ne dépassant pas  $\pm 10$  mm par rapport à celui du mortier de contrôle.

La détermination de la consistance décrite dans l'EN 1015-3 peut être omise.

## B.6 Calcul

Calculer la quantité d'eau nécessaire au gâchage pour les cendres volantes en termes de pourcentage selon la formule suivante :

$$W = M/225 \times 100 \quad \dots \text{(B.1)}$$

où

$W$  est la quantité d'eau nécessaire au gâchage ;

$M$  est la masse d'eau utilisée dans le mortier d'essai (en g).

## B.7 Consignation

Consigner la quantité d'eau nécessaire au gâchage à l'unité de pourcentage près.

## Annexe C

(normative)

### Méthode pour déterminer la teneur en phosphate soluble (exprimé en tant que $P_2O_5$ )

#### C.1 Principe de la méthode

L'objet de l'essai est de déterminer la teneur en phosphate soluble dans les cendres volantes, exprimée en tant que pentoxyde de phosphore (mg/kg). La teneur est déterminée par mesure de la concentration de phosphore dans le filtrat d'une suspension d'eau déminéralisée agitée avec une quantité fixe de cendres volantes à pH constant de  $8,5 \pm 0,2$ .

#### C.2 Échantillon d'analyse

Pour cet essai, l'échantillon suivant est requis : 250,00 g de cendre volante sèche.

#### C.3 Réactifs

**C.3.1 Eau déminéralisée**, ayant une conductivité maximale de 100  $\mu$ S/m.

**C.3.2 Acide hydrochlorique (HCl) dilué**, à 1 mol/l de qualité analytique.

**C.3.3 Hydroxyde de sodium (NaOH) dilué**, de qualité analytique (concentration à déterminer en fonction du comportement de la cendre volante).

#### C.4 Appareillage

Les appareils et outils dont il est fait mention dans ce paragraphe doivent être vérifiés avant l'usage pour s'assurer de leur fonctionnement approprié ainsi que de l'absence d'éléments perturbants qui pourraient influencer les résultats de l'essai.

**C.4.1 Balance analytique étalonnée**, avec une plage de mesure d'au moins 1 kg et une incertitude maximale de 0,01 g.

**C.4.2 Stabilisateur de pH**, ou dispositif de mesure du pH, avec contrôle manuel.

**C.4.3 Équipement de filtrage**, adapté à des filtres à membrane de 0,2  $\mu$ m et pouvant traiter 750 ml de matériau.

**C.4.4 Filtres à membranes pour équipement de filtrage**, avec une dimension de pore de 0,2  $\mu$ m.

**C.4.5 Agitateur magnétique**.

**C.4.6 Filtre en papier (moyen)**.

**C.4.7 Bouteilles en polyéthylène (PE) ou en verre**.

## C.5 Mode opératoire

**C.5.1** L'essai doit être effectué à une température de solution pouvant aller de 20 °C à 25 °C.

**C.5.2** Rincer le récipient du stabilisateur de pH ou du dispositif de mesure du pH (C.4.2) deux fois de suite à l'eau déminéralisée (C.3.1). Placer l'échantillon d'analyse (C.2) dans le récipient. Ajouter 750,0 ml d'eau déminéralisée (C.3.1).

Agiter la suspension vigoureusement pendant 1 min. Ajuster manuellement le pH de la suspension à 8,5 à l'aide de l'acide hydrochlorique dilué (HCl) de 1M (C.3.2). Agiter la suspension vigoureusement pendant 10 min à l'aide de l'agitateur magnétique (C.4.5). Maintenir le pH de la suspension à  $8,5 \pm 0,2$  au moyen du stabilisateur de pH ou du dispositif de mesure du pH (C.4.2) en ajoutant de l'acide hydrochlorique dilué (C.3.2). Consigner le volume total (en ml) ajouté d'acide hydrochlorique ( $x$ ).

Si les cendres volantes sont légèrement acides, le pH doit être ajusté par ajout d'hydroxyde de sodium dilué (NaOH) (C.3.3).

**C.5.3** Filtrer (sous vide) la suspension une fois à travers le filtre en papier (C.4.6) pendant 6 min, puis sans procéder à un rinçage, à travers le filtre à membrane 0,2  $\mu\text{m}$  (C.4.4), pendant 4 min.

**C.5.4** Le filtrat doit être stocké dans des bouteilles en polyéthylène (PE) ou en verre (C.4.7).

**C.5.5** Analyser le filtrat qui en résulte conformément à l'EN ISO 11885 par spectroscopie d'émissions optiques avec plasma couplé par induction (ICPOES) ou au moyen de toute autre technique ayant au minimum une précision similaire. Déterminer la concentration  $P$  en mg/l (C).

## C.6 Calcul

Calculer la teneur en phosphate soluble comme suit :

$$U = \frac{(750 + x)}{250} \times C \times \frac{142}{62} \quad \dots \text{(C.1)}$$

où

$U$  est la teneur en phosphate soluble ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dans l'échantillon original (mg/kg) ;

$x$  est le volume ajouté d'acide hydrochlorique (en ml) ;

$C$  est la concentration mesurée de phosphore (P) dans le filtrat (en mg/l).

## C.7 Rapport

Le rapport doit au moins comporter les informations suivantes :

- informations nécessaires à l'identification de l'échantillon d'analyse ;
- origine et spécification de l'échantillon d'analyse ;
- date de l'essai ;
- volume ajouté d'acide hydrochlorique et d'hydroxyde de sodium ;
- teneur en phosphate soluble ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

## Annexe ZA

(informative)

### Articles de la présente Norme européenne concernant les dispositions de la Directive UE Produits de construction

#### ZA.1 Domaine d'application et caractéristiques applicables

La présente Norme européenne a été élaborée sous le mandat M/128 (« Produits apparentés aux bétons, mortiers et coulis »)<sup>1)</sup> donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Échange.

Les articles de la présente Norme européenne figurant dans cette annexe satisfont aux exigences de ce mandat, donné dans le cadre de la Directive UE « Produits de construction » (89/106/CEE).

La conformité à ces articles confère une présomption d'aptitude à l'emploi des cendres volantes traitées dans la présente annexe pour la ou les utilisations prévues ; référence doit être faite aux informations accompagnant le marquage CE.

**AVERTISSEMENT — D'autres exigences et d'autres Directives UE, n'affectant pas l'aptitude à l'emploi pour l'(les) utilisation(s) envisagée(s), peuvent s'appliquer à un produit de construction relevant du domaine d'application de la présente Norme européenne.**

NOTE 1 En complément des articles spécifiques relatifs aux substances dangereuses éventuellement contenus dans la présente norme, il peut exister d'autres exigences applicables aux produits couverts par son domaine d'application (par exemple transposition de réglementation européenne, réglementations nationales et dispositions administratives nationales). Pour être conforme aux dispositions de la Directive UE Produits de construction, il est nécessaire de respecter également ces exigences, où et quand elles s'appliquent.

NOTE 2 Une base de données informative des dispositions européennes et nationales relatives aux substances dangereuses est disponible sur le site Web de la Construction EUROPA (accessible par le lien <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/cpd-ds/>).

La présente annexe établit les conditions du marquage CE des cendres volantes destinées aux utilisations pré-vues dans le Tableau ZA.1 et fait apparaître les articles concernés.

Le domaine d'application de la présente annexe est le même que celui indiqué à l'Article 1 de la présente norme, et il est défini par le Tableau ZA.1.

---

1) *Modifié.*



Tableau ZA.1 — Usage prévu et articles concernés

Produit : Cendre volante (addition de Type II), couverte par le domaine d'application de la présente norme			
Usage prévu : Élaboration de béton, mortier ou coulis			
Caractéristiques essentielles	Paragraphes de la présente Norme européenne énonçant des exigences	Niveaux et/ou classes	Remarques
Indice d'activité (résistance à la compression)	5.3.2	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limites inférieures à 28 et 90 jours (en %) Respecté/Non respecté
Finesse	5.3.1	Aucun(e)	Exigences exprimées en termes de limite supérieure pour le refus au tamis (en % en masse) ainsi qu'en termes de limites de tolérance inférieure et supérieure (en points de pourcentage) pour l'une de ces catégories. Déclaration de la catégorie
Stabilité — Expansion	5.3.3	Aucun(e)	Exigences exprimées en termes de limites supérieures (en mm). Réputée satisfaisante si CaO libre ne dépasse pas 1,5 % en masse Respecté/Non respecté
Stabilité — CaO libre	5.2.5	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique) Respecté/Non respecté
Perte au feu	5.2.2	Aucun(e)	Exigences exprimées en termes de limites supérieures (en pourcentage massique) pour chacune des trois catégories différentes. Déclaration de la catégorie
Composition : somme des teneurs en silice, alumine et oxyde de fer	5.2.8	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite inférieure (pourcentage massique). Respecté/Non respecté
Composition : teneur totale en alcalis	5.2.9	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique). Respecté/Non respecté
Composition : silice réactive	5.2.7	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite inférieure (pourcentage massique) Respecté/Non respecté
Composition : teneur en sulfate	5.2.4	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique) Respecté/Non respecté
Composition : chlorures	5.2.3	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique) Respecté/Non respecté

Tableau ZA.1 — Usage prévu et articles concernés (suite)

Produit : Cendre volante (addition de Type II), couverte par le domaine d'application de la présente norme			
Usage prévu : Élaboration de béton, mortier ou coulis			
Caractéristiques essentielles	Paragraphes de la présente Norme européenne énonçant des exigences	Niveaux et/ou classes	Remarques
Composition : oxyde de calcium réactif	5.2.6	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique). Réputée satisfaisante si la teneur totale de CaO est inférieure à 10,0 % en masse Respecté/Non respecté
Composition : oxyde de magnésium	5.2.10	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique). Respecté/Non respecté
Composition : phosphate soluble	5.2.11	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (en mg/kg) Respecté/Non respecté
Composition : teneur totale en phosphate	5.2.11	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (pourcentage massique) Respecté/Non respecté
Masse volumique des particules	5.3.4	Aucun(e)	Exigence exprimée sous forme de valeur moyenne déclarée (en kg/m <sup>3</sup> ) avec des limites de tolérance supérieure et inférieure Valeur déclarée
Temps de début de prise	5.3.5	Aucun(e)	Exigence exprimée en termes de limite supérieure (en min) pour l'écart par rapport au temps de prise d'une pâte de ciment sans cendre volante. Respecté/Non respecté
Eau nécessaire au gâchage	5.3.6	Aucun(e)	Exigences exprimées en termes de limite supérieure (en %) ( <i>uniquement pour les cendres volantes de la catégorie S</i> ). Respecté/Non respecté
Durabilité	5.4.1	Aucun(e)	La cendre volante conforme à la présente Norme européenne est réputée fournir un béton durable quand d'autres exigences de durabilité du béton dans des normes et/ou règlements pertinents en vigueur sur le lieu d'utilisation sont satisfaites.
Dégagement de substances dangereuses et émission de radioactivité	5.4.2	Aucun(e)	ZA.1 (Notes 1 et 2) et ZA.3

L'exigence relative à une caractéristique donnée ne s'applique pas dans les États Membres (EM) où il n'existe pas d'exigences légales concernant cette caractéristique pour l'usage prévu du produit. Dans ce cas, les producteurs qui commercialisent leurs produits dans ces États Membres ne sont pas tenus de déterminer ni de déclarer les performances de leurs produits au regard de cette caractéristique, et les informations qui accompagnent le marquage CE (voir ZA.3) peuvent alors comporter la mention « performance non déterminée » (PND). La mention PND ne peut cependant pas être utilisée si la caractéristique est soumise à un niveau seuil.

## ZA.2 Mode opératoire d'évaluation de la conformité des cendres volantes

### ZA.2.1 Système d'attestation de conformité

Le système d'attestation de conformité des cendres volantes indiqué dans le Tableau ZA.2, conformément à la Décision de la Commission (1999/469/CE) du 25 juin 1999 modifié par la décision 01/596/CE du 8 janvier 2001, figurant dans l'Annexe III du mandat « Produits apparentés aux bétons, mortiers et coulis », est indiqué dans le Tableau ZA.2 pour l'utilisation prévue et le (les) niveau(x) ou classe(s) pertinent(s) indiqué(s) :

**Tableau ZA.2 — Système d'attestation de conformité**

Produit	Utilisation prévue	Niveau(x) ou classe(s)	Système d'attestation de conformité
Additions de Type II	Pour béton, mortier et coulis	-	1+
<b>Système 1+ : Voir Directive 89/106/CEE (CPD), Annexe III.2 (i), avec essais d'échantillons par sondage.</b>			

L'attestation de conformité des cendres volantes du Tableau ZA.1 doit être fondée sur les méthodes d'évaluation de conformité indiquées dans le Tableau ZA.3 résultant de l'application des articles de la présente norme ou d'autres Normes européennes indiquées dans ce document.

**Tableau ZA.3 — Articles sur l'évaluation de la conformité à appliquer en plus de l'Article 8 de la présente norme**

Tâches		Contenu de la tâche	Article sur l'évaluation de la conformité à appliquer
Tâches incombant au producteur	Contrôle de la production en usine (C.P.U)	Paramètres relatifs à toutes les caractéristiques pertinentes du Tableau ZA.1	EN 450-2:2005, 4.1 et 4.2
	Essais complémentaires d'échantillons prélevés en usine	Toutes les caractéristiques pertinentes du Tableau ZA.1	EN 450-2:2005, 4.3
Tâches incombant à l'organisme de certification	Essai de type initial (ITT)	Toutes les caractéristiques pertinentes du Tableau ZA.1, à l'exception de — <i>dégagement de substances dangereuses et émission de radioactivité (voir Figure ZA.1)</i> <sup>a</sup>	EN 450-2:2005, 5.4 et 5.6
	Inspection initiale de l'usine et du CPU	Paramètres relatifs à toutes les caractéristiques pertinentes du Tableau ZA.1	EN 450-2:2005, 5.5
	Surveillance en continu, évaluation et acceptation du CPU	Paramètres relatifs à toutes les caractéristiques pertinentes du Tableau ZA.1	EN 450-2:2005, 5.2 et 5.3
	Essais par sondage d'échantillons prélevés en usine	Toutes les caractéristiques pertinentes du Tableau ZA.1, à l'exception de — <i>dégagement de substances dangereuses et émission de radioactivité (voir Notes 1 et 2 de ZA.1)</i> <sup>a</sup>	EN 450-2:2005, 5.4
<sup>a</sup> jusqu'à ce que des méthodes d'essai européennes soient disponibles.			

## ZA.2.2 Certificat CE de conformité

Lorsque la conformité aux conditions de la présente annexe est obtenue, l'organisme de certification doit établir un certificat de conformité (certificat CE de conformité), qui autorise le producteur à apposer le marquage CE. Le certificat CE de conformité doit comprendre :

- le nom, l'adresse et le numéro d'identification de l'organisme de certification ;
  - le nom et l'adresse du producteur ou de son mandataire établi dans l'EEE, ainsi que le lieu de production ;
- NOTE Le fabricant peut aussi être la personne responsable de la mise du produit sur le marché de l'EEE, s'il assume la responsabilité du marquage CE.
- la description du produit (cendre volante conforme à la présente Norme européenne) ;
  - les dispositions auxquelles le produit se conforme (c'est-à-dire Annexe ZA de la présente Norme européenne) ;
  - les conditions particulières qui s'appliquent à l'utilisation du produit (aucune en ce qui concerne la conformité) ;
  - le numéro du certificat ;
  - les conditions de validité du certificat, le cas échéant ;
  - le nom et la fonction de la personne mandatée pour signer le certificat.

Le certificat CE de conformité mentionné ci-dessus doit être présenté dans la ou les langues officielles de l'État membre dans lequel le produit est destiné à être utilisé.

## ZA.3 Marquage CE et étiquetage

Le producteur ou son mandataire établi dans l'EEE est responsable de l'apposition du marquage CE. Le symbole de marquage CE à apposer doit être conforme à la Directive 93/68/CEE et doit apparaître sur les documents commerciaux joints, par exemple un bulletin de livraison (cendres volantes en vrac) ou sur l'emballage (cendres volantes emballées). Le symbole du marquage CE doit s'accompagner des informations suivantes :

- a) le numéro d'identification de l'organisme de certification ;
- b) le nom ou la marque d'identification et l'adresse déclarée du producteur ;
- c) les deux derniers chiffres de l'année d'apposition du marquage ;
- d) le numéro du certificat de conformité CE ;
- e) la référence à la présente Norme européenne accompagnée de la date de la version ;
- f) la description du produit : c'est-à-dire cendres volantes pour béton ;
- g) les informations sur les caractéristiques essentielles énumérées dans le Tableau ZA.1 qui sont à déclarer de la manière suivante :
  - 1) présentées sous forme de valeurs déclarées et, selon le cas, de niveau ou de classe (y compris la mention « Respecté » pour les exigences « Respecté/ Non respecté » si nécessaire) à déclarer pour chaque exigence comme indiqué dans le Tableau ZA.1 ;
  - 2) la mention « Performance Non Déterminée » pour certaines caractéristiques, le cas échéant ;
  - 3) en variante, une désignation standard présentant une partie ou la totalité des caractéristiques concernées (là où la désignation ne couvre qu'une partie des caractéristiques, il faudra la compléter avec des valeurs déclarées concernant d'autres caractéristiques telles que ci-dessus).

La mention « Performance Non Déterminée » (PND) ne peut pas être utilisée si la caractéristique est soumise à un niveau de seuil. Par ailleurs, la mention PND peut être utilisée quand et où, pour un usage prévu donné, la caractéristique n'est pas soumise à des exigences réglementaires dans l'État membre de destination.

La Figure ZA.1 donne un exemple des informations devant figurer sur l'étiquette, l'emballage et/ou les documents commerciaux.



## Bibliographie

- [1] Natrella, Mary Gibbons: *Experimental Statistics*, (1963). Referred in: NIST/SEMANTECH e-Handbook of Statistical Methods (<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>)
- [2] CR 1901 *Regional specifications and recommendations for the avoidance of damaging alkali-silica reactions in concrete*