



## Évaluation Technique Européenne

**ETA 18/1087**  
**du 21.03.2019**



*(Traduction vers le français réalisée par l'ITeC. Version originale en anglais.  
En cas de doute ou dispute, le seule texte qui est valable est le texte original)*

### Partie générale

<b>Nom commercial du produit de construction</b>	<b>Biofire</b>
<b>Famille de produit auquel le produit de construction appartient</b>	Revêtement de mortier pour applications de résistance au feu.
<b>Fabricant</b>	<b>TRIA – Serviços, Materiais e Equipamentos SA</b> Parque Industrial Manuel Lourenço Ferreira 43 PT-3450-232 Mortágua (Viseu) Portugal
<b>Usine de fabrication</b>	Selon l'Annexe N veillée par l'ITeC.
<b>Cette Évaluation Technique Européenne contient</b>	46 pages, incluant 7 annexes qui font partie intégrante du document et l'Annexe N, qui contient information confidentielle et n'est pas comprise dans l'Evaluation Technique Européenne lorsque l'évaluation est disponible au public.
<b>Cette Evaluation Technique européenne est émise conformément au Règlement (UE) 305/2011, en base à</b>	European Assessment Document EAD 350140-00-1106.

### **Commentaire général**

La traduction de l'Evaluation Technique Européenne à d'autres langues correspondra intègrement au document original délivré en anglais.

La communication de la présente Evaluation Technique Européenne, y compris la transmission par moyens électroniques, doit être complète (excepté des annexe(s) confidentielle(s)).

## Parties spécifiques de l'Évaluation Technique Européenne

### 1 Description technique du produit

Biofire est un mortier projeté pour applications de résistance au feu constitué de granulats légers de perlite et vermiculite expansées, appliqué par projection voie humide. Le liant fait partie du mortier sec.

Le revêtement considéré à la présente ETE est appliqué conjointement avec les composants additionnels détaillés dans les Annexes -ETE dans l'option 3 de la préface de l'EAD 350140-00-1106-.

Les propriétés du revêtement final, comme la plage d'épaisseurs, densité, valeurs d'adhésion, etc., sont montrées aux Annexes 2 à 7.

### 2 Spécification de l'usage(s) prévu par rapport au DEE applicable

Les usages prévus de Biofire comme revêtement de protection contre le feu sont décrits dans le Tableau 1, qui montre aussi les conditions environnementales associées.

**Tableau 1:** Catégories d'usage prévu selon l'élément à protéger et les conditions environnementales.

Usage de protection contre le feu		Conditions environnementales
EAD 350140-00-1106 référence	Élément constructif à protéger	EAD 350140-00-1106 référence
Type 3	Éléments structuraux en béton	Type Z <sub>2</sub>
Type 4	Éléments structuraux en acier	Type Y
Type 5	Éléments structuraux mixtes en béton et tôle nervurée	Type Y
Type 7	Éléments structuraux en bois	Type Z <sub>2</sub>
Type 9	Installations de services à bâtiments	Type Y
Type 10	Plancher structurel de poutres en bois et dalle en béton	Type Z <sub>2</sub>

Les catégories environnementales d'usage sont spécifiées dans l'EAD 350140-00-1106, section 2.2.2:

- Type Y: conditions de semi-exposition, qui inclut températures inférieures à 0 °C, mais sans exposition à la pluie, et exposition aux UV limitée (effets de l'exposition aux UV non évalués). Cette catégorie inclut le Type Z<sub>1</sub> et le Type Z<sub>2</sub>.
- Type Z<sub>1</sub>: conditions internes avec une humidité égale ou supérieure au 85% HR, sans températures inférieures à 0 °C. Cette catégorie inclut le Type Z<sub>2</sub>.
- Type Z<sub>2</sub>: conditions internes sans températures inférieures à 0 °C, avec une humidité inférieure au 85% HR.

Les dispositions prises par la présente ETE sont basées sur une durée de vie présumée de Biofire d'au moins 25 ans, sous réserve que les conditions établies dans les instructions du fabricant soient respectées, en relation à l'installation, l'usage et l'entretien. Ces dispositions sont basées sur l'état actuel de la technique et sur les connaissances et l'expérience disponibles.

Les indications sur la durée de vie ne peuvent pas être interprétées comme une garantie donnée par le fabricant ou l'Organisme de Évaluation, mais doivent être considérées seulement comme un moyen pour choisir les produits appropriés pour la durée de vie attendue des ouvrages.

### 3 Performance du produit et référence aux méthodes utilisées pour l'évaluation

#### 3.1 Performance du produit

L'évaluation de Biofire s'est basée en l'EAD 350140-00-1106 *Produits projetés et kits de produits projetés pour la résistance au feu (septembre 2017)*.

**Tableau 2:** Performance de Biofire.

<b>Produit:</b> Biofire		<b>Usage prévu:</b> Contribution à la résistance au feu
<b>Exigences fondamentales</b>	<b>Caractéristique essentielle</b>	<b>Performance</b>
BWR 2 Sécurité en cas d'incendie	Réaction au feu	A1
	Résistance au feu	Voir Annexes 2 à 7
Aspects généraux relatifs à la performance du produit	Durabilité	Type Y, Z <sub>1</sub> et Z <sub>2</sub> (voir 3.2.3)
	Résistance à la corrosion des fixations	Sans corrosion
	Résistance du support acier à la corrosion induite par le mortier	Sans corrosion
	Impact d'un corps dur	Conformité avec l'EAD 350140-00-1106
	Adhérence	Voir 3.2.3 et Annexes 2 à 7

## 3.2 Méthodes utilisées pour l'évaluation

### 3.2.1 Réaction au feu

La performance du revêtement a été déterminée conformément à la norme EN 13501-1<sup>1</sup>.

### 3.2.2 Résistance au feu

La performance de résistance au feu, classifiée conformément à l'EN 13501-2<sup>2</sup> et l'EN 13501-3<sup>3</sup>, a été déterminée selon les méthodes d'essai et évaluation indiquées dans les Annexes 2 à 7.

### 3.2.3 Aspects généraux relatifs à la performance du produit

La durabilité du mortier a été évaluée conformément au l'EAD 350140-00-1106, section 2.2.12.1, en ce qui concerne les usages prévus de protection au feu définis dans le Tableau 1, en vérifiant:

- La résistance à la détérioration causée par des conditions ambiantes très humides
- La résistance à la détérioration causée par le chaud/froid
- La résistance à la détérioration causée par le gel/dégel

Les primaires d'accrochage anticorrosives qui serviront aux éléments structurels en acier (Type 4) ont été jugées compatibles, conformément au l'EAD 350140-00-1106, pour les familles des primaires d'accrochage spécifiées dans l'Annexe 2, paragraphe A.2.2.2.

Le revêtement en mortier a également été évalué en vue d'une application directe sur des supports en acier (sans primaire d'accrochage) conformément au l'EAD 350140-00-1106, section 2.2.14.4, par le test d'efficacité thermique.

La corrosion du support en acier induite par le mortier a été évaluée conformément au l'EAD 350140-00-1106, section 2.2.14.4 et Annexe B. Le mortier ne montre pas un effet corrosif sur les supports évalués. Les résultats du test sont détaillés dans le tableau 3.

**Tableau 3:** Résistance à la corrosion induite par le mortier.

Support	Conditions de test	Perte de masse
Acier nu	23 °C / H.R. ≤ 60 %	3,75 x 10 <sup>-6</sup> g/mm <sup>2</sup>
	35 °C / 95 % H.R.	10 <sup>-5</sup> g/mm <sup>2</sup>
Acier pourvu d'une primaire d'accrochage	35 °C / 95 % H.R.	5,5 x 10 <sup>-6</sup> g/mm <sup>2</sup>

En ce qui concerne la résistance à la corrosion des fixations, la maille extensible en acier galvanisé, spécifiée dans les Annexes 5, 6 et 7 est compatible avec Biofire.

En ce qui concerne la résistance à la défaillance fonctionnelle à cause de l'impact d'un corps dur (boule en acier de 0,5 kg), Biofire a été jugé résistant, conformément au l'EAD 350140-00-1106, section 2.2.6.1.

<sup>1</sup> EN 13501-1 *Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 1: Classement à partir des données d'essais de réaction au feu.*

<sup>2</sup> EN 13501-2 *Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 2: Classement à partir des données d'essais de résistance au feu à l'exclusion des produits utilisés dans les systèmes de ventilation.*

<sup>3</sup> EN 13501-3 *Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 3: Classement utilisant des données d'essais de résistance au feu de produits et éléments utilisés dans des installations d'entretien: Conduits et clapets résistants au feu.*

L'adhérence a été déterminée conformément au l'EAD 350140-00-1106 et EGOLF SM5 <sup>4</sup>. L'adhérence/cohésion du mortier dépend de l'épaisseur installée et de la préparation du support. Les annexes présentent, le cas échéant, les valeurs de référence pour l'adhérence du revêtement et les conditions sous lesquelles elles ont été obtenues.

L'ETE est émise pour Biofire en base aux données et informations déposées auprès de l'ITeC, qui confirment que le produit évalué, conformément à la section 2.3.2 de l'EAD 350140-00-1106, répond aux caractéristiques déclarées.

#### 4 Evaluation et vérification de la constance des performances (EVCP) appliqué, avec références à sa base juridique

Conformément à la Décision 1999/454/EC <sup>5</sup> de la Commission Européenne, le système EVCP (voir règlement délégué (UE) n° 568/2014 modifiant l'Annexe V du Règlement (UE) 305/2011) donné dans le tableau suivant s'applique.

**Tableau 4:** Système EVCP.

Produit(s)	Usage(s) prévu(s)	Niveau(x) ou classe(s)	Système(s)
Joint(s) résistant au feu (dont les revêtements)	Compartimentage coupe-feu et/ou protection contre le feu ou performance en cas d'incendie	Tout niveau	1

#### 5 Données techniques nécessaires pour la mise en place d'un système évaluation et de vérification de la constance des performances (EVCP), prévu par le DEE applicable

Toutes les données techniques nécessaires à la mise en place d'un système EVCP sont fixées dans le *Plan de Contrôle* déposé à l'ITeC <sup>6</sup>, auquel le contrôle de production en usine doit être conforme. Le tableau suivant spécifie les propriétés à contrôler et les fréquences minimales des contrôles.

<sup>4</sup> EGOLF SM5 (EA 05:1999) *Fire testing. Method for the measurement of bonding properties of fire protection materials applied to steel, concrete and steel/concrete composite structures.*

<sup>5</sup> Journal Officiel des Communautés Européennes N° L178, 17.07.1999, p.52.

<sup>6</sup> Le *Plan de Contrôle* est une partie confidentielle de l'ETE auquel ne peuvent accéder que l'organisme notifié de certification engagé dans le processus d'évaluation et vérification de la constance des performances.

**Tableau 5:** Plan d'essais CPF pour Biofire.

<b>Produit</b>	<b>Caractéristique</b>	<b>Fréquence minimale</b>
Mortier (poudre)	Matériaux entrant	Chaque livraison
	Densité du mélange sec	5 fois par jour <sup>7</sup> à intervalles réguliers
Mortier frais	Densité apparente	Par lot fourni
	Consistance	Par lot fourni
Mortier durci	Densité	Un par mois
	Adhérence	Un par mois
	Efficacité thermique	Un par mois

Délivré à Barcelone le 21 mars 2019

par l'Institut de Technologie de la Construction de Catalogne.



Ferran Bermejo Nualart  
 Directeur Technique, ITeC

<sup>7</sup> Une journée représente une période de 24 heures dans lequel la production est considérée comme "normale".

## ANNEXE 1. Performance de résistance au feu et dispositions d'installation pour les solutions constructives relatives aux usages prévus de Biofire

### A.1.1 Généralités concernant les performances de résistance au feu des solutions constructives protégées avec Biofire

Les solutions constructives de protection au feu indiqués au tableau A.1.1 ont été évaluées dans le cadre de cette ETE.

**Tableau A.1.1:** Solutions constructives de protection au feu.

Solutions constructives évaluées dans le cadre de cette ETE	Classement	Norme d'essais	Catégorie d'utilisation selon l'EAD 350140-00-1106	Détails de mise en œuvre
Éléments structuraux en acier	EN 13501-2, voir l'Annexe 2	ENV 13381-4	Type 4	Annexe 2
Éléments structuraux mixtes en béton et tôle nervurée trapézoïdale en acier galvanisé	EN 13501-2, voir l'Annexe 3	ENV 13381-5	Type 5	Annexe 3
Éléments structuraux en béton	EN 13501-2, voir l'Annexe 4	ENV 13381-3	Type 3	Annexe 4
Éléments structuraux en bois	EN 13501-2, voir l'Annexe 5	EN 1365-2	Type 7	Annexe 5
Installations de services à bâtiments	EN 13501-3, voir l'Annexe 5	EN 1366-1	Type 9	Annexe 6
Plancher structurel de poutres en bois et d'une dalle en béton	EN 13501-2, voir l'Annexe 7	EN 1365-2	Type 10	Annexe 7

### A.1.2 Dispositions d'installation et conception en relation avec les solutions constructives protégées avec Biofire

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux instructions du fabricant et aux dispositions indiquées dans les annexes suivantes.

#### A.1.2.1 Outils et équipements pour l'application

Les machines habituelles utilisées pour projeter le Biofire sont conçues pour l'application du tout type de mortiers préfabriqués à pompe. Normalement elles incluent un moteur électrique, une trémie, un tuyau conique mélangeur, une pompe d'eau intégrée, un compresseur et un dispositif de mesure et régulation du flux d'eau, parmi d'autres. Par exemple, une machine de projection typique est la MP 25, fournie par Putzmeister.

#### A.1.2.2 Support

Avant l'application, le support doit être inspecté et préparé. Les surfaces doivent être propres et dégraissées (huiles, graisses) et exemptes de primaires incompatibles ou d'autres agents ou autres substances qui pourraient nuire à l'adhérence. Si l'on constate que le support est sale, il est recommandé de le nettoyer au jet d'eau.

Les crochets, fixations, supports ou d'autres éléments qu'il peut falloir installer sur le support peuvent être posés par un tiers avant ou après l'installation du Biofire. Les tuyaux, conduits et d'autres installations qui doivent être suspendus du support peuvent être posés après l'application du Biofire. Dans ce cas-là, il faudra contrôler ultérieurement le revêtement de mortier Biofire appliqué et, le cas échéant, le réparer. Voir les annexes suivantes pour la spécification des supports.



### **A.1.2.3 Conditions environnementales pendant l'application et la construction**

Une température minimale de l'air et du support de 0 °C sera maintenue pendant l'application et pendant 24 heures au minimum après l'application du revêtement. En espaces ouverts, la vitesse du vent ne doit pas être supérieure à 8 m/s. Quand la température ambiante est supérieure à 30 °C, il faut pulvériser le revêtement avec de l'eau tous les 12 heures pendant les premières 48 heures après son installation.

Il convient d'assurer une ventilation adaptée pour permettre le séchage du produit une fois qu'il a été projeté. Dans le cas de locaux clos où la ventilation naturelle n'est pas possible, il est nécessaire d'installer un dispositif mécanique de ventilation permettant de renouveler au moins 4 fois par heure le volume d'air des locaux. Pendant la saison d'hiver des précautions particulières doivent être prises selon les recommandations du fabricant. En fonction de la température et de l'humidité relative aux conditions ambiantes pendant l'application, le Biofire est sec de 18 à 36 heures après application.

Comme indiqué à l'article 1, le produit est prévu pour des usages de catégorie environnementale Type Y, Z<sub>1</sub> et Z<sub>2</sub>. Il faut prendre des précautions particulières afin de protéger temporairement le revêtement dans le cas où il serait exposé à des conditions extérieures pendant l'exécution.

### **A.1.2.4 Vérifications in situ**

L'épaisseur doit être mesurée dans assez de points pour déterminer les valeurs moyenne et minimale. Une méthode de mesure des épaisseurs appropriées est donnée au chapitre 2.3.4 de l'EAD 350140-00-1106.

La densité du mortier durci doit être mesurée et se situer dans les tolérances indiquées à l'annexe pertinente.

L'adhérence au support de la protection doit être déterminée sur le chantier, à l'exception des installations selon l'Annexe 5, dans lesquelles il faut installer une maille de renfort. Une méthode appropriée pour mesurer l'adhérence est l'EGOLF Agreement EA 05, qui peut être utilisé de base pour les déterminations sur chantier. Le responsable du chantier doit décider sur l'adéquation des résultats sur chantier en tenant compte des valeurs de référence établis à l'annexe relevant. Pour l'acceptation de ces valeurs on peut appliquer les recommandations de la section G.4 de l'EAD 350140-00-1106, ou d'autres critères du responsable technique du chantier.

### **A.1.2.5 Stockage**

Les sacs de Biofire doivent être conservés dans un lieu sec et ventilé convenablement jusqu'à son utilisation, sous abri et éloignés de toute surface humide sauf si la palette est convenablement protégée. Les sacs ne doivent pas être stockés directement au sol. Biofire peut être stocké en conditions sèches pendant 1 an depuis la date de fabrication. Les matériaux endommagés par l'humidité (sacs ouverts ou endommagés) ne doivent pas être utilisés.

### **A.1.2.6 Réparation**

Des désordres limités du Biofire peuvent être réparés. Les surfaces endommagées doivent être soigneusement découpées avec un cutter, couteau ou une truelle à travers la totalité de l'épaisseur installée, jusqu'au support. Une zone complémentaire carrée de 250 mm de côté angle droit tout autour de la surface endommagée est à découper. Les poussières et particules engendrées par cette opération doivent être soigneusement éliminées. Le Biofire est projeté de telle manière que la découpe pratiquée soit complètement remplie, et la surface réparée est nivelé avec le revêtement Biofire entourant. Le revêtement se mouillera avec de l'eau pulvérisée après de l'application.

## ANNEXE 2. Spécifications et évaluation de la protection contre le feu d'éléments structuraux en acier protégés avec Biofire (usage prévu Type 4)

### A.2.1 Classement

Les solutions constructives décrites dans cette annexe ont été testées conformément à la norme ENV 13381-4 et classifiées selon la norme EN 13501-2.

La durée maximale d'exposition à la courbe standard température-temps définie par l'EN 1363-1, article 5.1.1, est de 140 min, selon le facteur de massivité de l'élément structural en acier et l'épaisseur de Biofire.

L'évaluation de l'épaisseur nécessaire de Biofire dans la plage de températures de projet entre 350 °C et 600 °C, selon le facteur de massivité et la durée d'exposition, est donnée à la section A.2.3.

### A.2.2 Conditions de l'installation

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux dispositions détaillées à la section A.1.2.

#### A.2.2.1 Structure support

Biofire a été appliqué sur supports en acier en utilisant le primaire d'accrochage C-THERM contre la corrosion.

La structure support comprend des éléments structuraux en acier avec les spécifications suivantes:

- poutres et poteaux de section en 'H' ou 'I' et facteur de massivité ( $A_m/V$ ) entre 65  $m^{-1}$  et 295  $m^{-1}$ .
- nuances de l'acier selon ENV 13381-4.
- trois faces exposées au feu (poutres) et quatre faces exposés au feu (poteaux).

Les spécifications des composants se montrent au tableau A.2.1.

**Tableau A.2.1.** Spécifications des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Eléments structuraux en acier	Nuances de l'acier selon EN 10025, et restrictions établies par l'ENV 13381-4	Facteurs de massivité ( $A_m/V$ ) depuis 65 <sup>(1)</sup> $m^{-1}$ jusqu'à 295 $m^{-1}$ Sections en I/H Sections creux <sup>(2)</sup>	Sections en acier avec sablage Sa 2 ½ selon ISO 8501-1 ou équivalent. La surface doit être propre, libre d'huile, poussière et graisse. Support en acier traité avec primaire C-THERM.

<sup>(1)</sup> Un élément en acier avec facteur de massivité  $\leq 65 m^{-1}$  doit être protégé avec une épaisseur de Biofire déterminée pour un élément en acier avec facteur de massivité égal à 65  $m^{-1}$ .

<sup>(2)</sup> Sections différentes aux I / H, selon l'Annexe B de l'ENV 13381-4.

#### A.2.2.2 Surface des éléments en acier

Préalablement à l'application du Biofire, les éléments en acier doivent être peints avec un primaire alquidique (par exemple C-THERM) de protection contre la corrosion. Aucun primaire d'accrochage adhérent n'a été appliqué avant de la projection du Biofire. D'autres primaires contre la corrosion compatibles avec le revêtement qui ont été évalués sont:

- Primaires alquidiques
- Primaires époxy bi-composant

- Primaires époxy riches en zinc (contenu approximatif de 85 % en masse de poudre de zinc métallique)
- Primaires de silicate de zinc

### A.2.2.3 Mortier de revêtement

Biofire est appliqué sur la face de l'élément en acier qui est exposée au feu, selon sa géométrie.

Biofire est appliqué de façon continue par projection. Pendant l'application, l'épaisseur de mortier est contrôlée régulièrement avec une jauge. La totalité de la surface de l'élément structural exposée au feu doit être couverte par l'épaisseur définie du revêtement Biofire. Après la projection, Biofire s'est lissé à fin de régulariser son épaisseur.

Les fissures au mortier durci ne sont pas admises.

Les spécifications des composants se montrent au tableau A.2.2.

**Tableau A.2.2:** Spécifications du revêtement pour les essais de résistance au feu.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Mortier durci	Biofire	Épaisseur 10 à 63 mm, selon les critères d'évaluation.  Densité du mortier durci: 870 ± 15 % kg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour l'application de l'épaisseur minimale, cette épaisseur est appliquée en une seule couche.</li> <li>- Pour l'application de l'épaisseur moyenne, cette épaisseur est appliquée en deux couches.</li> <li>- Pour l'application de l'épaisseur maximale, cette épaisseur est appliquée en trois couches.</li> </ul>

### A.2.2.4 Propriétés adhérentes de Biofire sur les éléments en acier

L'évaluation des propriétés adhérentes de Biofire appliqué sur éléments en acier imprimé a été faite selon la méthodologie EGOLF SM5.

Les valeurs données sont représentatifs de la rupture cohésive dans l'épaisseur du revêtement Biofire. Ces valeurs sont valeurs de référence et elles ne reflètent pas une évaluation statistique et non plus sont-elles des valeurs minimales garanties.

**Tableau A.2.3:** Résistance à la traction sur éléments en acier.

Surface	Épaisseur de Biofire	Résistance moyenne à la traction	Mode de rupture
Platines en acier imprimé selon EGOLF SM5	10 mm	0,15 MPa	Rupture cohésive
	50 mm	0,12 MPa	

### A.2.3 Évaluation de la contribution à la résistance au feu de Biofire sur structures en acier

L'évaluation de la contribution à la résistance au feu de Biofire lorsqu'il est appliqué sur structures en acier a été menée selon la norme ENV 13381-4 / Annexe H *Analyse de régression numérique*.

L'évaluation des sections en I/H est montrée aux tableaux A.2.4 à A.2.9.

L'évaluation des sections creux est montrée aux tableaux A.2.10 à A.2.16, calculé selon la norme ENV 13381-4 / Annexe B.

**Tableau A.2.4:** Résistance au feu des sections en I/H à la température de projet de 350 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 350 °C							
65	10	10	10	13	18	24	25	47
70	10	10	10	13	19	25	37	48
75	10	10	11	14	20	26	38	50
80	10	10	11	14	20	26	39	51
85	10	10	11	14	21	27	40	53
90	10	10	11	15	21	28	41	54
95	10	10	12	15	22	28	42	55
100	10	10	12	15	22	29	42	56
105	10	10	12	15	22	29	43	57
110	10	10	12	16	23	30	44	58
115	10	10	12	16	23	30	44	59
120	10	10	13	16	23	31	45	60
125	10	10	13	16	24	31	46	60
130	10	10	13	17	24	31	46	61
135	10	10	13	17	24	32	47	62
140	10	10	13	17	25	32	47	62
145	10	10	13	17	25	32	48	63
150	10	10	13	17	25	33	48	-
155	10	10	14	17	25	33	49	-
160	10	10	14	18	25	33	49	-
165	10	10	14	18	26	34	49	-
170	10	10	14	18	26	34	50	-
175	10	10	14	18	26	34	50	-
180	10	10	14	18	26	34	50	-
185	10	10	14	18	26	35	51	-
190	10	10	14	18	27	35	51	-
195	10	10	14	18	27	35	51	-
200	10	10	14	19	27	35	52	-
205	10	10	14	19	27	35	52	-
210	10	10	15	19	27	35	52	-
215	10	10	15	19	27	36	53	-
220	10	10	15	19	27	36	53	-
225	10	11	15	19	28	36	53	-
230	10	11	15	19	28	36	53	-
235	10	11	15	19	28	36	53	-
240	10	11	15	19	28	36	54	-
245	10	11	15	19	28	37	54	-
250	10	11	15	19	28	37	54	-
255	10	11	15	19	28	37	54	-
260	10	11	15	20	28	37	54	-
265	10	11	15	20	28	37	55	-
270	10	11	15	20	28	37	55	-
275	10	11	15	20	29	37	55	-
280	10	11	15	20	29	37	55	-
285	10	11	15	20	29	38	55	-
290	10	11	15	20	29	38	55	-
295	10	11	16	20	29	38	55	-

**Tableau A.2.5:** Résistance au feu des sections en I/H à la température de projet de 400 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 400 °C							
65	10	10	10	11	16	22	32	43
70	10	10	10	11	17	22	34	45
75	10	10	10	12	18	23	35	46
80	10	10	10	12	18	24	36	47
85	10	10	10	13	19	25	37	49
90	10	10	10	13	19	25	37	50
95	10	10	10	13	20	26	38	51
100	10	10	10	14	20	26	39	52
105	10	10	11	14	20	27	40	53
110	10	10	11	14	21	27	40	54
115	10	10	11	14	21	28	41	54
120	10	10	11	15	21	28	42	55
125	10	10	11	15	22	29	42	56
130	10	10	12	15	22	29	43	57
135	10	10	12	15	22	29	43	57
140	10	10	12	15	22	30	44	58
145	10	10	12	16	23	30	44	59
150	10	10	12	16	23	30	45	59
155	10	10	12	16	23	31	45	60
160	10	10	12	16	23	31	46	60
165	10	10	12	16	24	31	46	61
170	10	10	13	16	24	31	46	61
175	10	10	13	16	24	32	47	62
180	10	10	13	17	24	32	47	62
185	10	10	13	17	24	32	47	63
190	10	10	13	17	25	32	48	63
195	10	10	13	17	25	32	48	63
200	10	10	13	17	25	33	48	-
205	10	10	13	17	25	33	48	-
210	10	10	13	17	25	33	49	-
215	10	10	13	17	25	33	49	-
220	10	10	13	17	25	33	49	-
225	10	10	14	18	25	33	49	-
230	10	10	14	18	26	34	50	-
235	10	10	14	18	26	34	50	-
240	10	10	14	18	26	34	50	-
245	10	10	14	18	26	34	50	-
250	10	10	14	18	26	34	51	-
255	10	10	14	18	26	34	51	-
260	10	10	14	18	26	34	51	-
265	10	10	14	18	26	35	51	-
270	10	10	14	18	26	35	51	-
275	10	10	14	18	27	35	51	-
280	10	10	14	18	27	35	52	-
285	10	10	14	18	27	35	52	-
290	10	10	14	18	27	35	52	-
295	10	10	14	18	27	35	52	-

**Tableau A.2.6:** Résistance au feu des sections en I/H à la température de projet de 450 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 450 °C							
65	10	10	10	10	14	19	29	39
70	10	10	10	10	15	20	30	41
75	10	10	10	10	16	21	31	42
80	10	10	10	11	16	22	32	43
85	10	10	10	11	17	22	33	45
90	10	10	10	11	17	23	34	46
95	10	10	10	12	17	23	35	47
100	10	10	10	12	18	24	36	48
105	10	10	10	12	18	24	36	49
110	10	10	10	12	19	25	37	49
115	10	10	10	13	19	25	38	50
120	10	10	10	13	19	26	38	51
125	10	10	10	13	20	26	39	52
130	10	10	10	13	20	26	39	52
135	10	10	10	14	20	27	40	53
140	10	10	10	14	20	27	40	54
145	10	10	11	14	21	27	41	54
150	10	10	11	14	21	28	41	55
155	10	10	11	14	21	28	42	55
160	10	10	11	14	21	28	42	56
165	10	10	11	15	22	29	42	56
170	10	10	11	15	22	29	43	57
175	10	10	11	15	22	29	43	57
180	10	10	11	15	22	29	43	58
185	10	10	12	15	22	29	44	58
190	10	10	12	15	22	30	44	58
195	10	10	12	15	23	30	44	59
200	10	10	12	15	23	30	45	59
205	10	10	12	16	23	30	45	60
210	10	10	12	16	23	30	45	60
215	10	10	12	16	23	31	45	60
220	10	10	12	16	23	31	46	60
225	10	10	12	16	23	31	46	61
230	10	10	12	16	24	31	46	61
235	10	10	12	16	24	31	46	61
240	10	10	12	16	24	31	46	62
245	10	10	13	16	24	32	47	62
250	10	10	13	16	24	32	47	62
255	10	10	13	16	24	32	47	62
260	10	10	13	17	24	32	47	63
265	10	10	13	17	24	32	47	63
270	10	10	13	17	24	32	48	63
275	10	10	13	17	25	32	48	63
280	10	10	13	17	25	32	48	63
285	10	10	13	17	25	32	48	-
290	10	10	13	17	25	33	48	-
295	10	10	13	17	25	33	48	-

**Tableau A.2.7:** Résistance au feu des sections en I/H à la température de projet de 500 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 500 °C							
65	10	10	10	10	13	18	27	37
70	10	10	10	10	14	19	28	38
75	10	10	10	10	14	19	30	40
80	10	10	10	10	15	20	31	41
85	10	10	10	10	15	21	31	42
90	10	10	10	10	16	21	32	43
95	10	10	10	11	16	22	33	44
100	10	10	10	11	17	22	34	45
105	10	10	10	11	17	23	35	46
110	10	10	10	11	17	23	35	47
115	10	10	10	12	18	24	36	48
120	10	10	10	12	18	24	36	49
125	10	10	10	12	18	25	37	49
130	10	10	10	12	19	25	38	50
135	10	10	10	13	19	25	38	51
140	10	10	10	13	19	26	38	51
145	10	10	10	13	19	26	39	52
150	10	10	10	13	20	26	39	52
155	10	10	10	13	20	27	40	53
160	10	10	10	13	20	27	40	54
165	10	10	10	14	20	27	41	54
170	10	10	10	14	21	27	41	54
175	10	10	11	14	21	28	41	55
180	10	10	11	14	21	28	42	55
185	10	10	11	14	21	28	42	56
190	10	10	11	14	21	28	42	56
195	10	10	11	14	21	28	42	56
200	10	10	11	15	22	29	43	57
205	10	10	11	15	22	29	43	57
210	10	10	11	15	22	29	43	58
215	10	10	11	15	22	29	44	58
220	10	10	11	15	22	29	44	58
225	10	10	11	15	22	30	44	58
230	10	10	12	15	22	30	44	59
235	10	10	12	15	23	30	44	59
240	10	10	12	15	23	30	45	59
245	10	10	12	15	23	30	45	60
250	10	10	12	16	23	30	45	60
255	10	10	12	16	23	30	45	60
260	10	10	12	16	23	31	45	60
265	10	10	12	16	23	31	46	61
270	10	10	12	16	23	31	46	61
275	10	10	12	16	23	31	46	61
280	10	10	12	16	23	31	46	61
285	10	10	12	16	24	31	46	61
290	10	10	12	16	24	31	46	62
295	10	10	12	16	24	31	47	62

**Tableau A.2.8:** Résistance au feu des sections en I/H à la température de projet de 550 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 550 °C							
65	10	10	10	10	12	17	26	36
70	10	10	10	10	13	18	27	37
75	10	10	10	10	13	18	28	38
80	10	10	10	10	14	19	29	40
85	10	10	10	10	14	20	30	41
90	10	10	10	10	15	20	31	42
95	10	10	10	10	15	21	32	43
100	10	10	10	10	16	21	33	44
105	10	10	10	10	16	22	33	45
110	10	10	10	11	17	22	34	46
115	10	10	10	11	17	23	35	47
120	10	10	10	11	17	23	35	47
125	10	10	10	11	18	24	36	48
130	10	10	10	12	18	24	36	49
135	10	10	10	12	18	24	37	50
140	10	10	10	12	18	25	37	50
145	10	10	10	12	19	25	38	51
150	10	10	10	12	19	25	38	51
155	10	10	10	13	19	26	39	52
160	10	10	10	13	19	26	39	52
165	10	10	10	13	20	26	40	53
170	10	10	10	13	20	27	40	53
175	10	10	10	13	20	27	40	54
180	10	10	10	13	20	27	41	54
185	10	10	10	14	20	27	41	55
190	10	10	10	14	21	27	41	55
195	10	10	10	14	21	28	42	55
200	10	10	10	14	21	28	42	56
205	10	10	11	14	21	28	42	56
210	10	10	11	14	21	28	42	56
215	10	10	11	14	21	28	43	57
220	10	10	11	14	22	29	43	57
225	10	10	11	15	22	29	43	57
230	10	10	11	15	22	29	43	58
235	10	10	11	15	22	29	44	58
240	10	10	11	15	22	29	44	58
245	10	10	11	15	22	29	44	59
250	10	10	11	15	22	30	44	59
255	10	10	11	15	22	30	44	59
260	10	10	11	15	22	30	45	59
265	10	10	12	15	23	30	45	59
270	10	10	12	15	23	30	45	60
275	10	10	12	15	23	30	45	60
280	10	10	12	15	23	30	45	60
285	10	10	12	15	23	30	45	60
290	10	10	12	16	23	31	46	61
295	10	10	12	16	23	31	46	61



**Tableau A.2.9:** Résistance au feu des sections en I/H à la température de projet de 600 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 600 °C							
65	10	10	10	10	11	16	25	34
70	10	10	10	10	12	16	26	36
75	10	10	10	10	12	17	27	37
80	10	10	10	10	13	18	28	38
85	10	10	10	10	13	19	29	40
90	10	10	10	10	14	19	30	41
95	10	10	10	10	14	20	31	42
100	10	10	10	10	15	20	32	43
105	10	10	10	10	15	21	32	44
110	10	10	10	10	16	21	33	45
115	10	10	10	10	16	22	34	45
120	10	10	10	10	16	22	34	46
125	10	10	10	11	17	23	35	47
130	10	10	10	11	17	23	35	48
135	10	10	10	11	17	24	36	48
140	10	10	10	11	18	24	36	49
145	10	10	10	12	18	24	37	50
150	10	10	10	12	18	25	37	50
155	10	10	10	12	18	25	38	51
160	10	10	10	12	19	25	38	51
165	10	10	10	12	19	25	39	52
170	10	10	10	12	19	26	39	52
175	10	10	10	13	19	26	39	53
180	10	10	10	13	20	26	40	53
185	10	10	10	13	20	26	40	53
190	10	10	10	13	20	27	40	54
195	10	10	10	13	20	27	41	54
200	10	10	10	13	20	27	41	56
205	10	10	10	13	20	27	41	56
210	10	10	10	14	21	27	41	55
215	10	10	10	14	21	28	42	56
220	10	10	10	14	21	28	42	56
225	10	10	10	14	21	28	42	56
230	10	10	10	14	21	28	42	57
235	10	10	11	14	21	28	43	57
240	10	10	11	14	21	29	43	57
245	10	10	11	14	21	29	43	57
250	10	10	11	14	22	29	43	58
255	10	10	11	14	22	29	43	58
260	10	10	11	15	22	29	44	58
265	10	10	11	15	22	29	44	58
270	10	10	11	15	22	29	44	59
275	10	10	11	15	22	29	44	59
280	10	10	11	15	22	30	44	59
285	10	10	11	15	22	30	44	59
290	10	10	11	15	22	30	45	59
295	10	10	11	15	23	30	45	60

**Tableau A.2.10:** Résistance au feu des sections creux à la température de projet de 350 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 350 °C							
65	11	11	11	14	19	26	27	50
70	11	11	11	14	20	27	40	51
75	11	11	12	15	22	28	41	54
80	11	11	12	15	22	28	42	55
85	11	11	12	15	23	29	43	58
90	11	11	12	16	23	31	45	59
95	11	11	13	16	24	31	46	60
100	11	11	13	17	24	32	46	62
105	11	11	13	17	24	32	48	63
110	11	11	13	18	26	33	49	-
115	11	11	13	18	26	33	49	-
120	11	11	15	18	26	35	50	-
125	11	11	15	18	27	35	52	-
130	11	11	15	19	27	35	52	-
135	11	11	15	19	27	36	53	-
140	11	11	15	19	29	36	54	-
145	11	11	15	19	29	37	55	-
150	12	12	15	20	29	38	55	-
155	12	12	16	20	29	38	57	-
160	12	12	16	21	29	38	57	-
165	12	12	16	21	30	40	57	-
170	12	12	16	21	30	40	59	-
175	12	12	16	21	31	40	59	-
180	12	12	17	21	31	40	59	-
185	12	12	17	21	31	41	60	-
190	12	12	17	21	32	42	61	-
195	12	12	17	22	32	42	61	-
200	12	12	17	23	32	42	62	-
205	12	12	17	23	33	42	63	-
210	12	12	18	23	33	42	63	-
215	12	12	18	23	33	44	-	-
220	12	12	18	23	33	44	-	-
225	12	13	18	23	34	44	-	-
230	12	14	18	23	34	44	-	-
235	12	14	19	23	35	44	-	-
240	12	14	19	24	35	45	-	-
245	12	14	19	24	35	46	-	-
250	13	14	19	24	35	46	-	-
255	13	14	19	24	35	46	-	-
260	13	14	19	25	35	46	-	-
265	13	14	19	25	35	46	-	-
270	13	14	19	25	35	46	-	-
275	13	14	19	25	36	46	-	-
280	13	14	19	25	36	46	-	-
285	13	14	19	25	36	48	-	-
290	13	14	19	25	36	48	-	-
295	13	14	20	25	36	48	-	-

**Tableau A.2.11:** Résistance au feu des sections creux à la température de projet de 400 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 400 °C							
65	11	11	11	12	17	23	34	46
70	11	11	11	12	18	24	36	48
75	11	11	11	13	19	25	38	49
80	11	11	11	13	19	26	39	51
85	11	11	11	14	21	27	40	53
90	11	11	11	14	21	27	40	55
95	11	11	11	14	22	28	42	56
100	11	11	11	15	22	29	43	57
105	11	11	12	15	22	30	44	59
110	11	11	12	16	23	30	44	60
115	11	11	12	16	23	31	46	60
120	11	11	12	17	24	31	47	62
125	11	11	12	17	25	33	47	63
130	11	11	14	17	25	33	49	-
135	11	11	14	17	25	33	49	-
140	11	11	14	17	25	34	50	-
145	11	11	14	18	26	34	50	-
150	12	12	14	18	26	35	52	-
155	12	12	14	18	27	36	52	-
160	12	12	14	19	27	36	53	-
165	12	12	14	19	28	36	54	-
170	12	12	15	19	28	36	54	-
175	12	12	15	19	28	38	55	-
180	12	12	15	20	28	38	55	-
185	12	12	15	20	28	38	56	-
190	12	12	15	20	30	38	57	-
195	12	12	16	20	30	38	57	-
200	12	12	16	20	30	40	58	-
205	12	12	16	20	30	40	58	-
210	12	12	16	21	30	40	59	-
215	12	12	16	21	30	40	60	-
220	12	12	16	21	31	40	60	-
225	12	12	17	22	31	40	60	-
230	12	12	17	22	32	42	62	-
235	12	12	17	22	32	42	62	-
240	12	12	17	22	32	42	62	-
245	12	12	17	22	32	42	62	-
250	13	13	18	23	33	43	-	-
255	13	13	18	23	33	43	-	-
260	13	13	18	23	33	43	-	-
265	13	13	18	23	33	44	-	-
270	13	13	18	23	33	44	-	-
275	13	13	18	23	34	44	-	-
280	13	13	18	23	34	44	-	-
285	13	13	18	23	34	44	-	-
290	13	13	18	23	34	44	-	-
295	13	13	18	23	34	44	-	-

**Tableau A.2.12:** Résistance au feu des sections creux à la température de projet de 450 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 450 °C							
65	11	11	11	11	15	20	31	42
70	11	11	11	11	16	21	32	44
75	11	11	11	11	17	23	33	45
80	11	11	11	12	17	24	35	46
85	11	11	11	12	18	24	36	49
90	11	11	11	12	19	25	37	50
95	11	11	11	13	19	25	38	51
100	11	11	11	13	20	26	40	53
105	11	11	11	13	20	27	40	54
110	11	11	11	13	21	28	41	54
115	11	11	11	14	21	28	42	56
120	11	11	11	15	21	29	43	57
125	11	11	11	15	23	29	44	59
130	11	11	11	15	23	29	44	59
135	11	11	11	16	23	31	45	60
140	11	11	11	16	23	31	46	62
145	11	11	13	16	24	31	47	62
150	12	12	13	16	24	32	47	63
155	12	12	13	16	24	32	49	-
160	12	12	13	16	24	32	49	-
165	12	12	13	17	26	34	49	-
170	12	12	13	18	26	34	50	-
175	12	12	13	18	26	34	51	-
180	12	12	13	18	26	34	51	-
185	12	12	14	18	26	34	52	-
190	12	12	14	18	26	36	52	-
195	12	12	14	18	27	36	53	-
200	12	12	14	18	28	36	54	-
205	12	12	14	19	28	36	54	-
210	12	12	15	19	28	36	54	-
215	12	12	15	19	28	38	55	-
220	12	12	15	20	28	38	56	-
225	12	12	15	20	28	38	56	-
230	12	12	15	20	30	38	57	-
235	12	12	15	20	30	38	57	-
240	12	12	15	20	30	38	57	-
245	12	12	16	20	30	40	59	-
250	13	13	16	20	30	40	59	-
255	13	13	16	20	30	40	59	-
260	13	13	16	21	30	40	59	-
265	13	13	16	21	30	40	59	-
270	13	13	16	21	30	40	60	-
275	13	13	16	21	31	40	60	-
280	13	13	16	21	31	40	60	-
285	13	13	16	21	31	40	60	-
290	13	13	16	21	31	41	60	-
295	13	13	16	21	31	41	60	-

**Tableau A.2.13:** Résistance au feu des sections creux à la température de projet de 500 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 500 °C							
65	11	11	11	11	14	19	29	39
70	11	11	11	11	15	20	30	41
75	11	11	11	11	15	20	32	43
80	11	11	11	11	16	22	33	44
85	11	11	11	11	16	23	34	46
90	11	11	11	11	17	23	35	47
95	11	11	11	12	18	24	36	48
100	11	11	11	12	19	24	37	50
105	11	11	11	12	19	25	39	51
110	11	11	11	12	19	26	39	52
115	11	11	11	13	20	27	40	54
120	11	11	11	13	20	27	40	55
125	11	11	11	14	20	28	42	55
130	11	11	11	14	21	28	43	57
135	11	11	11	15	22	28	43	58
140	11	11	11	15	22	30	43	58
145	11	11	11	15	22	30	45	60
150	12	12	12	15	23	30	45	60
155	12	12	12	15	23	31	46	61
160	12	12	12	15	23	31	46	63
165	12	12	12	16	23	31	48	63
170	12	12	12	16	25	32	48	63
175	12	12	13	16	25	33	48	-
180	12	12	13	17	25	33	50	-
185	12	12	13	17	25	33	50	-
190	12	12	13	17	25	33	50	-
195	12	12	13	17	25	33	50	-
200	12	12	13	18	26	35	52	-
205	12	12	13	18	27	35	52	-
210	12	12	13	18	27	35	52	-
215	12	12	13	18	27	35	53	-
220	12	12	13	18	27	35	54	-
225	12	12	13	18	27	37	54	-
230	12	12	15	18	27	37	54	-
235	12	12	15	19	28	37	54	-
240	12	12	15	19	29	37	56	-
245	12	12	15	19	29	37	56	-
250	13	13	15	20	29	38	56	-
255	13	13	15	20	29	38	56	-
260	13	13	15	20	29	39	56	-
265	13	13	15	20	29	39	58	-
270	13	13	15	20	29	39	58	-
275	13	13	15	20	29	39	58	-
280	13	13	15	20	29	39	58	-
285	13	13	15	20	30	39	58	-
290	13	13	15	20	30	39	58	-
295	13	13	15	20	30	39	59	-

**Tableau A.2.14:** Résistance au feu des sections creux à la température de projet de 550 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 550 °C							
65	11	11	11	11	13	18	28	38
70	11	11	11	11	14	19	29	40
75	11	11	11	11	14	19	30	41
80	11	11	11	11	15	21	31	43
85	11	11	11	11	15	22	33	44
90	11	11	11	11	16	22	34	46
95	11	11	11	11	16	23	35	47
100	11	11	11	11	18	23	36	48
105	11	11	11	11	18	24	36	50
110	11	11	11	12	19	24	38	51
115	11	11	11	12	19	26	39	52
120	11	11	11	12	19	26	39	53
125	11	11	11	12	20	27	41	54
130	11	11	11	14	20	27	41	55
135	11	11	11	14	20	27	42	57
140	11	11	11	14	21	29	42	57
145	11	11	11	14	22	29	44	58
150	12	12	12	14	22	29	44	59
155	12	12	12	15	22	30	45	60
160	12	12	12	15	22	30	45	60
165	12	12	12	15	23	30	47	62
170	12	12	12	15	23	32	47	62
175	12	12	12	15	24	32	47	63
180	12	12	12	15	24	32	48	-
185	12	12	12	17	24	32	49	-
190	12	12	12	17	25	32	49	-
195	12	12	12	17	25	33	50	-
200	12	12	12	17	25	34	50	-
205	12	12	13	17	25	34	51	-
210	12	12	13	17	25	34	51	-
215	12	12	13	17	26	34	52	-
220	12	12	13	17	27	35	52	-
225	12	12	13	18	27	36	53	-
230	12	12	14	18	27	36	53	-
235	12	12	14	19	27	36	54	-
240	12	12	14	19	27	36	55	-
245	12	12	14	19	27	36	55	-
250	13	13	14	19	28	38	55	-
255	13	13	14	19	28	38	55	-
260	13	13	14	19	28	38	56	-
265	13	13	15	19	29	38	56	-
270	13	13	15	19	29	38	56	-
275	13	13	15	19	29	38	56	-
280	13	13	15	19	29	38	56	-
285	13	13	15	19	29	38	56	-
290	13	13	15	20	29	39	58	-
295	13	13	15	20	29	39	58	-

**Tableau A.2.15:** Résistance au feu des sections creux à la température de projet de 600 °C.

Facteur de massivité $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )	Classement de résistance au feu							
	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
	Épaisseur minimale (mm) Biofire à la température de projet 600 °C							
65	11	11	11	11	12	17	27	36
70	11	11	11	11	13	17	28	39
75	11	11	11	11	13	18	29	40
80	11	11	11	11	14	19	30	41
85	11	11	11	11	14	21	31	43
90	11	11	11	11	15	21	33	45
95	11	11	11	11	15	22	34	46
100	11	11	11	11	17	22	35	47
105	11	11	11	11	17	23	35	49
110	11	11	11	11	18	23	37	50
115	11	11	11	11	18	25	38	50
120	11	11	11	11	18	25	38	52
125	11	11	11	12	19	26	39	53
130	11	11	11	12	19	26	40	54
135	11	11	11	12	19	27	41	54
140	11	11	11	13	21	27	41	56
145	11	11	11	14	21	27	42	57
150	12	12	12	14	21	29	43	58
155	12	12	12	14	21	29	44	59
160	12	12	12	14	22	29	44	59
165	12	12	12	14	22	29	45	61
170	12	12	12	14	22	30	46	61
175	12	12	12	15	22	31	46	62
180	12	12	12	15	24	31	47	63
185	12	12	12	15	24	31	47	63
190	12	12	12	15	24	32	48	-
195	12	12	12	16	24	32	49	-
200	12	12	12	16	24	32	49	-
205	12	12	12	16	24	33	49	-
210	12	12	12	17	25	33	50	-
215	12	12	12	17	26	34	51	-
220	12	12	12	17	26	34	51	-
225	12	12	12	17	26	34	51	-
230	12	12	12	17	26	34	52	-
235	12	12	14	17	26	35	53	-
240	12	12	14	17	26	36	53	-
245	12	12	14	17	26	36	54	-
250	13	13	14	18	28	36	54	-
255	13	13	14	18	28	36	54	-
260	13	13	14	19	28	36	55	-
265	13	13	14	19	28	36	55	-
270	13	13	14	19	28	36	55	-
275	13	13	14	19	28	36	55	-
280	13	13	14	19	28	38	55	-
285	13	13	14	19	28	38	55	-
290	13	13	14	19	28	38	56	-
295	13	13	14	19	29	38	56	-

### ANNEXE 3. Spécifications et évaluation de la protection contre le feu d'éléments structuraux mixtes en béton et tôle nervurée en acier protégés avec Biofire (usage prévu Type 5)

#### A.3.1 Classement

Les solutions constructives décrites dans cette annexe ont été testées conformément à la norme ENV 13381-5 et classifiées selon la norme EN 13501-2.

La durée maximale d'exposition à la courbe standard température-temps définie par l'EN 1363-1, article 5.1.1, est de 169 min.

L'évaluation de l'épaisseur nécessaire de Biofire selon le type de tôle nervurée, la durée d'exposition pour que la température sur la tôle en acier atteigne 350 °C, l'épaisseur équivalente de béton et l'isolation thermique, s'est montrée à la section A.3.4

#### A.3.2 Conditions de l'installation

Il faut considérer les conditions d'installation qui sont détaillées à la section A.1.2.

##### A.3.2.1 Structure support

Biofire est appliqué directement sur la tôle d'acier profilée du plancher mixte réalisé avec béton de poids normal.

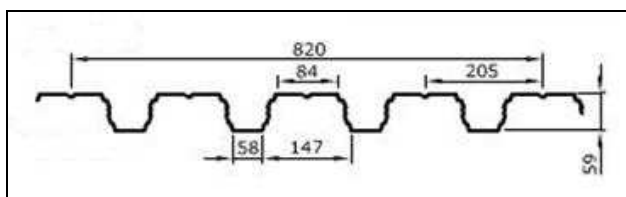
La tôle à protéger est de type trapézoïdal.

Le support doit être rigide, être libre de déformations ou vibrations excessives préalablement à l'application de Biofire. La déflexion au point moyen entre les appuis du plancher ne doit pas être supérieure à  $L/250$ .

Les spécifications des composants se montrent au Tableau A.3.1.

**Tableau A.3.1:** Spécifications des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Tôle nervurée trapézoïdale en acier galvanisé	Voir la figure A.3.1.	Épaisseur $\geq 1,0$ mm Largeur des nervures $\leq 181$ mm Profondeur des nervures $\leq 90$ mm Acier S320GD galvanisé Z275	La surface doit être propre, libre d'huile, poussière et graisse.
Béton	Béton de classe de résistance 25 N/mm <sup>2</sup> Granulats siliceux	Béton de la même classe résistante ou meilleure. Densité: 2240 kg/m <sup>3</sup> $\pm$ 15%	Le béton peut contenir ou non des armatures structurelles. Sans agent de démoulage.



**Figure A.3.1.** Géométrie de la tôle nervurée trapézoïdale en acier galvanisé.



### A.3.2.2 Surface des éléments en acier

Il ne faut pas préparer la tôle nervurée avant l'application de Biofire. La tôle doit être propre, libre de primaires, huile, poussière ou graisse (il faut tenir compte que normalement ce type de tôle en acier est couverte d'une couche de graisse de protection).

Il ne faut pas appliquer des primaires d'accrochage adhérents avant de la projection du Biofire.

### A.3.2.3 Mortier de revêtement

Biofire est appliqué sur la face de l'élément en acier qui est exposée au feu, selon sa géométrie nervurée.

Biofire est projeté en une couche d'épaisseur régulière jusqu'à atteindre l'épaisseur requise selon les spécifications de cette annexe. Pendant l'application, l'épaisseur du mortier est contrôlée régulièrement avec l'aide d'une jauge.

Les fissures au mortier durci ne sont pas admises.

Les spécifications des composants se montrent au Tableau A.3.2.

**Tableau A.3.2.** Spécifications du revêtement pour les essais de résistance au feu.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Mortier durci	Biofire appliqué sur la tôle trapézoïdale en acier	Épaisseur de 13,1 à 26,3 mm, selon les critères d'évaluation Densité du mortier durci: 863 ± 15% kg/m <sup>3</sup>	Le revêtement ne comprend aucun traitement de finition une fois appliqué. Le mortier est projeté sans: - Primaires d'accrochage - Couches de finition. - Fixations mécaniques - Additifs additionnels à ceux qui constituent le mortier

### A.3.2.4 Propriétés adhérentes de Biofire sur des éléments structuraux mixtes en béton et tôle nervurée en acier

L'évaluation des propriétés adhérentes de Biofire, appliqué sur la tôle nervurée trapézoïdale en acier de l'élément mixte avec béton normale, a été faite selon la méthodologie EGOLF SM5.

Les valeurs données sont représentatives de la rupture adhésive / cohésive dans l'épaisseur du Biofire projeté. Ces valeurs sont valeurs de référence et elles ne reflètent pas une évaluation statistique et non plus sont-elles des valeurs minimales garanties.

**Tableau A.3.3:** Résistance à la traction sur la tôle nervurée du plancher mixte de béton.

Surface	Épaisseur du Biofire	Résistance moyenne à la traction	Mode de rupture
Tôle nervurée trapézoïdale en acier galvanisé	13 mm	0,10 MPa	Rupture cohésive / adhésive
	23 mm	0,09 MPa	

Les échantillons ont été pris de la zone plate des crêtes de tôle (voir figure A.3.2).

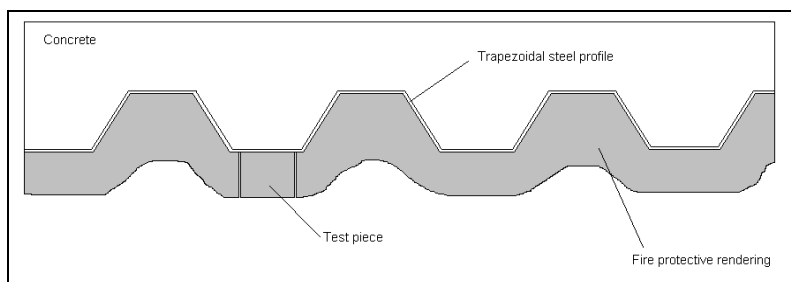


Figure A.3.2. Échantillon d'essai.

### A.3.3 Évaluation de la contribution à la résistance au feu de Biofire sur des planchers mixtes en béton et en tôle nervurée en acier

#### A.3.3.1 Généralités

La méthode d'évaluation usée pour évaluer la contribution à la résistance au feu de Biofire lorsqu'il est appliqué sur des planchers mixtes de béton et tôle nervurée en acier est la méthode ENV 13381-5.

#### A.3.3.2 Température de la tôle nervurée en acier

Le temps pour atteindre 350 °C sur la tôle nervurée en acier a été déterminé selon les prescriptions de la norme ENV 13381-5, section 13.2 et il est montré au tableau A.3.4 pour les épaisseurs minimale et maximale, et à la figure A.3.3 pour épaisseurs moyens.

Tableau A.3.4: Temps pour atteindre 350°C.

Élément	Épaisseur de Biofire (mm)	Temps pour atteindre 350°C (minutes)
Tôle nervurée trapézoïdale en acier galvanisé	13,1	62
	26,3	134

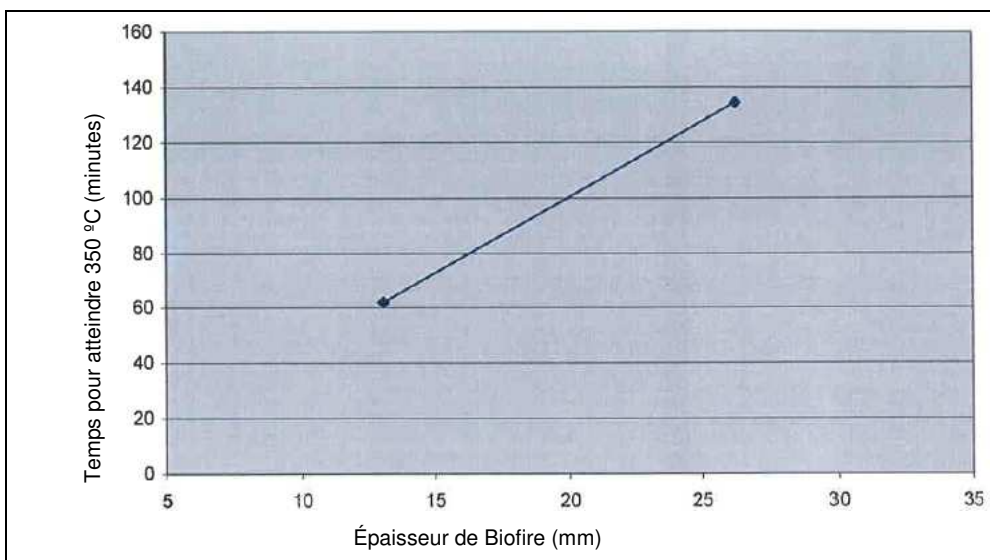


Figure A.3.3. Temps dans lequel la tôle nervurée en acier atteint 350 °C.

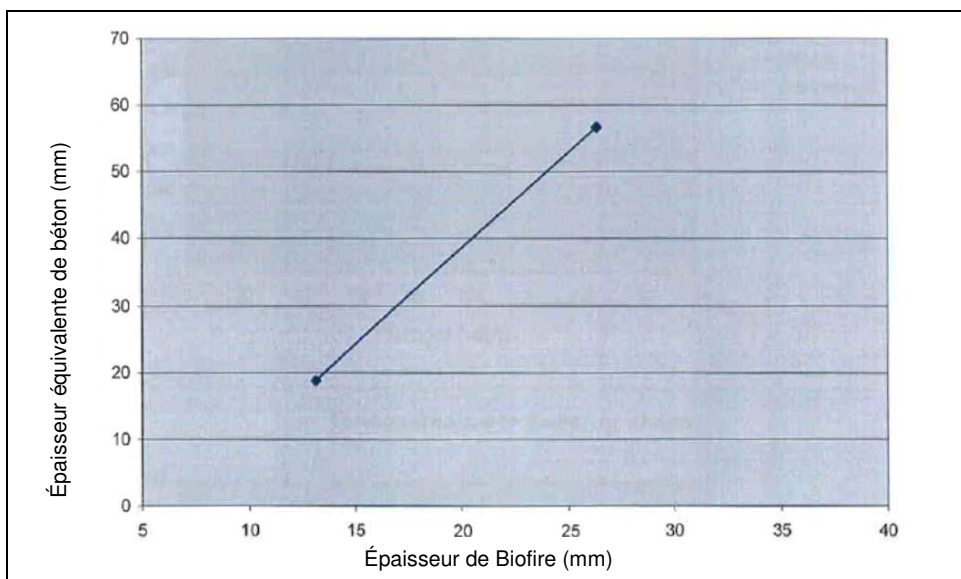
### A.3.3.3 Épaisseur équivalente de béton

L'épaisseur effective  $H_{eff}$ , l'épaisseur effective équivalente  $H_e$  et l'épaisseur équivalente de béton  $H_{eq}$  obtenus par le matériel de protection Biofire appliqué sur la tôle nervurée en acier ont été déterminés selon les prescriptions de la norme ENV 13381-5, section 13.3, et ils sont montrés au tableau A.3.5.

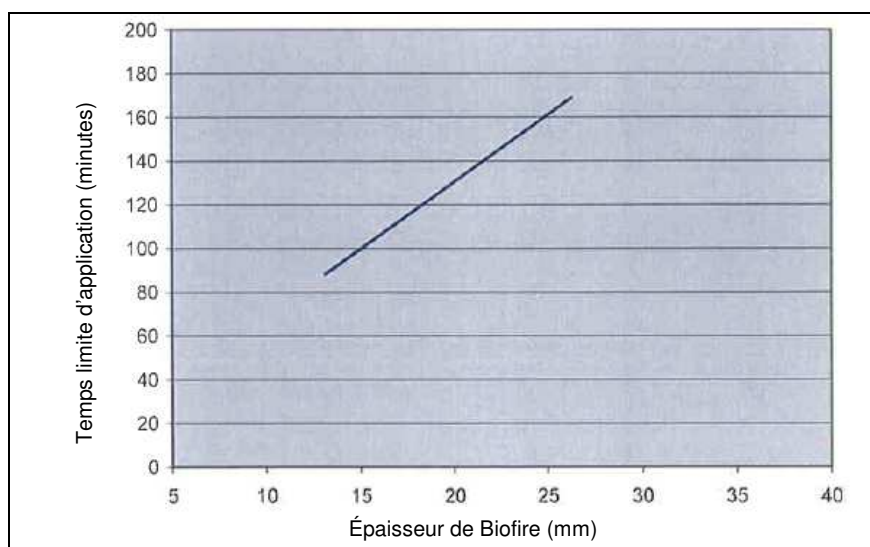
**Tableau A.3.5:** Épaisseur équivalente de béton.

Élément	Épaisseur de Biofire (mm)	$H_{eff}$ (mm)	$H_e$ (mm)	$H_{eq}$ (mm)	Temps limite pour l'application (min)
Plancher mixte en béton et tôle nervurée en acier	13,1	81,2	100	19	88
	26,3	86,2	143	57	169

L'épaisseur équivalente de béton  $H_{eq}$  et le temps limite d'application en fonction de l'épaisseur de Biofire sont montrés aux figures A.3.4 et A.3.5 respectivement.



**Figure A.3.4.** Épaisseur équivalente de béton  $H_{eq}$  en fonction de l'épaisseur du revêtement de protection Biofire.



**Figure A.3.5.** Temps limite d'application.

#### A.3.3.4 Isolation

La fonction de séparation des éléments mixtes en béton et en tôle profilée en acier protégés par Biofire a été maintenue pendant l'essai, conformément aux critères établis dans l'EN 1363-1.

#### A.3.3.5 Durée limite d'exposition

La durée pendant laquelle le mortier Biofire appliqué sur la tôle nervurée trapézoïdale en acier reste adhérent a été déterminée selon la norme ENV 13381-5, section 13.4, et les résultats se montrent au tableau A.3.6. Cependant, un détachement significatif du matériel a été observé après l'essai d'épaisseur maximale.

**Tableau A.3.6.** Durée limite d'exposition de Biofire.

Description	Épaisseur de Biofire (mm)	Durée limite d'exposition (min)
Tôle nervurée trapézoïdale en acier galvanisé	13,1	88
	26,3	169

## ANNEXE 4. Spécifications et évaluation de la protection contre le feu d'éléments structuraux en béton protégés avec Biofire (usage prévu Type 3)

### A.4.1 Poutres et poteaux portants en béton

#### A.4.1.1 Classement

Les solutions constructives décrites dans cette annexe ont été testées et évaluées conformément à la norme ENV 13381-3 et classifiées selon la norme EN 13501-2.

La durée maximale d'exposition à la courbe standard température-temps définie par l'EN 1363-1, article 5.1.1, est de 240 minutes en fonction de l'épaisseur appliqué de Biofire.

L'épaisseur équivalente du béton et la performance d'isolement sont montrées à la section A.4.1.3.

#### A.4.1.2 Conditions de l'installation

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux dispositions détaillées à la section A.1.2.

##### A.4.1.2.1 Structure support

Biofire est appliqué directement sur des poutres et poteaux en béton exposées au feu pour plus d'une face (3 et 4 faces), selon les deux orientations (verticale et horizontale).

Il ne faut pas appliquer des primaires d'accrochage adhérents avant l'application de Biofire.

Les spécifications des composants se montrent au tableau A.4.1.

**Tableau A.4.1:** Spécifications des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Poutre et poteau structural en béton	Béton de classe résistante 25 N/mm <sup>2</sup> Granulats siliceux	Béton de la même classe résistante ou meilleure. Densité: 2275 kg/m <sup>3</sup> ± 15 %. Largeur de poutre ≥ 150 mm	Sans agent de démoulage. Surface libre d'huile, graisse, poussière, etc.

##### A.4.1.2.2 Mortier de revêtement

Biofire est appliqué sur les faces exposées des structures en béton à protéger, selon sa forme. Biofire est projeté en une couche d'épaisseur régulière jusqu'à atteindre l'épaisseur nécessaire selon cette annexe. Pendant l'application, l'épaisseur de mortier est contrôlée régulièrement avec une jauge.

Les fissures au mortier durci ne sont pas admises.

Les spécifications des composants se montrent au tableau A.4.2.

**Tableau A.4.2:** Spécifications du revêtement pour les essais de résistance au feu.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Mortier durci	Biofire appliqué sur poutre en béton	Épaisseur: 9,7 mm à 22,7 mm Densité du mortier durci: 926 kg/m <sup>3</sup> ± 12,5 %.	Le revêtement ne comprend aucun traitement de finition une fois appliqué. Le revêtement est appliqué sans: - Primaires d'accrochage - Couches de finition. - Fixations mécaniques - Additifs additionnels à ceux qui constituent le mortier

#### A.4.1.2.3 Propriétés adhérentes de Biofire sur éléments en béton

L'évaluation des propriétés adhérentes de Biofire appliqué sur éléments en béton a été faite selon la méthodologie EGOLF SM5.

Les valeurs données sont représentatives de la rupture adhésive/cohésive dans l'épaisseur du Biofire projeté. Ces valeurs sont valeurs de référence et elles ne reflètent pas une évaluation statistique et non plus sont-elles des valeurs minimales garanties.

**Tableau A.4.3:** Résistance à la traction sur support en béton réalisé avec béton de poids normal.

Surface	Épaisseur du Biofire	Résistance moyenne à la traction	Mode de rupture
Support en béton selon EGOLF SM5	10 mm	0,10 MPa	Rupture adhésive
	22,7 mm	0,14 MPa	Rupture cohésive

#### A.4.1.3 Évaluation de la contribution à la résistance au feu de Biofire sur poutres et poteaux en béton

##### A.4.1.3.1 Généralités

La méthode d'évaluation usée pour évaluer la contribution à la résistance au feu de Biofire lorsqu'il est appliqué sur des éléments en béton est la méthode indiquée à la norme ENV 13381-3.

##### A.4.1.3.2 Protection de poutres et poteaux de béton de section minimale 150 x 150 mm

L'efficacité de l'isolation thermique du mortier de protection lorsqu'il est appliqué sur poutres et poteaux de section minimale 150 mm x 150 mm est déterminée en fonction de:

- L'épaisseur du mortier de protection appliqué (mm).
- La température normalisée du béton comprise entre [150, 550] (°C) au long des axes verticaux, horizontaux et diagonaux.
- La durée de l'exposition thermique au courbe standard temps-température selon la norme EN 1363-1, section 5.1.1.

**Tableau A.4.4:** Protection avec épaisseur appliquée 22,7 mm.

Temps (minutes)	Températures dans le béton (°C)								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Profondeur en béton (mm)									
<b>Dans l'axe vertical</b>									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	11	-	-	-	-	-	-	-	-
90	60	30	7	-	-	-	-	-	-
120	91	65	43	23	6	-	-	-	-
150	128	89	69	51	33	16	3	-	-
180	-	122	94	74	57	39	23	9	1
210	-	-	125	100	80	61	43	27	12
240	-	-	-	130	107	86	67	47	29
<b>Dans l'axe horizontal</b>									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	14	-	-	-	-	-	-	-	-
120	50	9	-	-	-	-	-	-	-
150	74	36	5	-	-	-	-	-	-
180	-	68	37	9	-	-	-	-	-
210	-	-	72	44	17	1	-	-	-
240	-	-	-	-	50	23	6	-	-
<b>Dans l'axe diagonal</b>									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	65	40	-	-	-	-	-	-	-
120	90	69	50	33	-	-	-	-	-
150	119	89	71	56	42	-	-	-	-
180	-	114	92	76	62	48	33	-	-
210	-	-	117	97	81	66	51	37	-
240	-	-	-	-	103	86	70	55	40

**Tableau A.4.5:** Protection avec épaisseur appliquée 9,7 mm.

Temps (minutes)	Températures dans le béton (°C)								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Profondeur en béton (mm)									
<b>Dans l'axe vertical</b>									
30	13	7	1	-	-	-	-	-	-
60	63	49	36	22	12	5	-	-	-
90	140	75	66	57	49	40	31	22	16
<b>Dans l'axe horizontal</b>									
30	16	12	8	4	-	-	-	-	-
60	30	18	16	14	12	10	8	6	3
90	-	65	51	38	25	19	16	14	12
<b>Dans l'axe diagonal</b>									
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	75	60	45	-	-	-	-	-	-
90	-	106	91	76	65	54	43	-	-

**A.4.1.3.3 Épaisseur équivalente de béton**

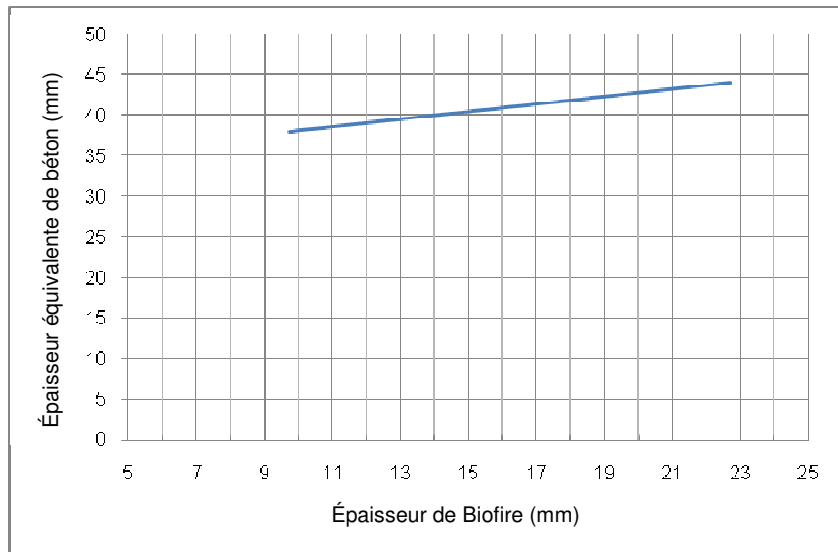
L'épaisseur équivalente de béton obtenu par le mortier de protection Biofire a été déterminé selon les dispositions de l'Annexe C de la norme ENV 13381-3, et il est montré au tableau A.4.6.

**Tableau A.4.6.** Épaisseur équivalente de béton (mm).

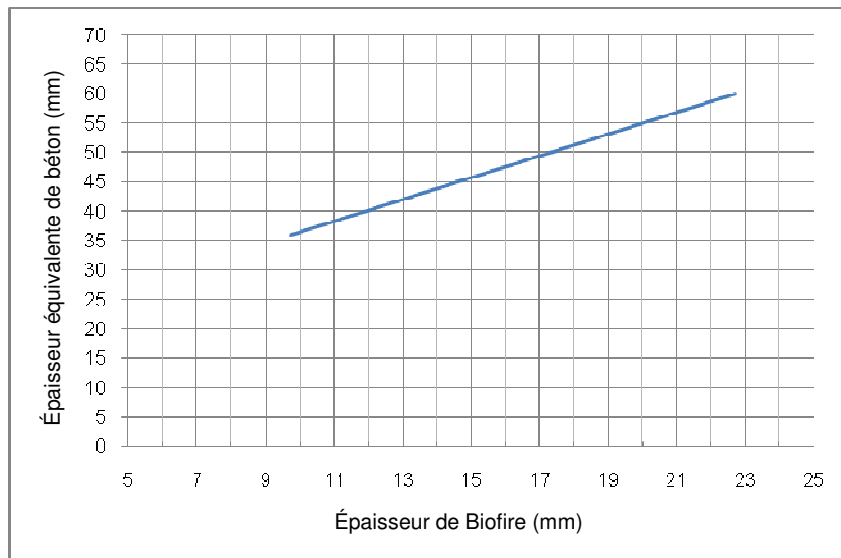
Composant	Épaisseur de Biofire (mm)	Durée en minutes					
		30	60	90	120	180	240
Poutre ou poteau portant en béton	9,7	38	36	30	-	-	-
	22,7	44	60	60	61	57	56

L'épaisseur équivalente de béton  $H_{eq}$  est montré dans les figures A.4.1, A.4.2 and A.4.3, en fonction de l'épaisseur de Biofire, pour une durée de 30, 60 et 90 minutes respectivement.

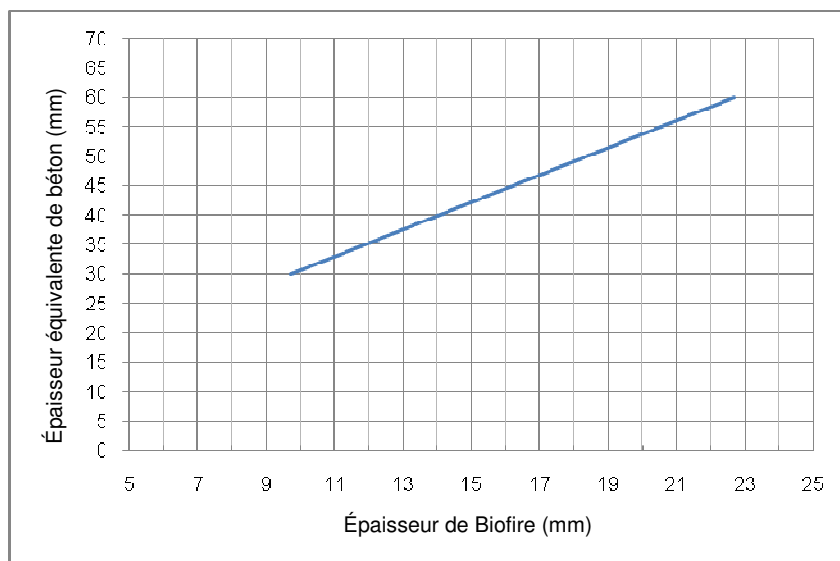




**Figure A.4.1:** Épaisseur équivalente de béton (30 minutes).



**Figure A.4.2:** Épaisseur équivalente de béton (60 minutes).



**Figure A.4.3:** Épaisseur équivalente de béton (90 minutes).

#### A.4.1.3.4 Isolation

La température moyenne des thermocouples situés dans la partie supérieure de la poutre protégée avec 22,7 mm a dépassé en 140 °C la température initiale dans la minute 202. La poutre protégée avec 9,7 mm a maintenu le critère d'isolation pendant tout l'essai, c'est-à-dire 97 minutes, moment dans lequel la poutre s'effondre.

#### A.4.1.3.5 Capacité d'adhérence

La capacité d'adhérence de Biofire appliqué sur structures en béton a été déterminée selon les critères établis dans la section 13.5 de l'ENV 13381-3.

Capacité d'adhérence pour une poutre avec Biofire 9,7mm:

Entre la minute 47 et la 73, la valeur de la température maximale enregistrée sur la surface exposée fut supérieure de 50 % à la moyenne de toutes les températures enregistrées sur cette surface exposée en béton.

Détachement significatif du matériel de protection: 29 min.

Capacité d'adhérence dans la poutre avec Biofire 22,7mm:

Entre la minute 99 et la 194, la valeur de la température maximale enregistrée sur la surface exposée fut supérieure de 50 % à la moyenne de toutes les températures enregistrées sur cette surface exposée en béton.

Détachement significatif du matériel de protection: 240 min (sans désordre).

## A.4.2 Planchers et murs portants en béton

### A.4.2.1 Classement

Les solutions constructives décrites dans cette annexe ont été testées et évaluées conformément à la norme ENV 13381-3 et classifiées selon la norme EN 13501-2.

La durée maximale d'exposition à la courbe standard température-temps définie par l'EN 1363-1, article 5.1.1, est de 180 min, selon l'épaisseur appliquée de Biofire.

L'épaisseur équivalente du béton et la performance d'isolement sont montrées à la section A.4.2.3.

### A.4.2.2 Conditions de l'installation

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux dispositions détaillées à la section A.1.2.

#### A.4.2.2.1 Structure support

Biofire est appliqué sur des planchers et murs en béton exposées au feu pour une face, selon les deux orientations (verticale et horizontale).

Les spécifications des composants se montrent au tableau A.4.7.

**Tableau A.4.7:** Spécifications des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Plancher et mur structural en béton	Béton de classe résistante 25 N/mm <sup>2</sup> Granulats siliceux	Béton de la même classe résistante ou meilleure. Densité: 2300 kg/m <sup>3</sup> ± 15 %. Largeur du plancher ≥ 120 mm	Sans agent de démoulage. Surface libre d'huile, graisse, poussière, etc.

#### A.4.2.2.2 Primaire d'accrochage adhérent

Il faut appliquer un primaire d'accrochage adhérent Pyrocola avant de la projection du Biofire.

**Tableau A.4.8:** Spécification des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Pyrocola	Résine acrylique monocomposant à base d'eau	Densité: 1,04 g/l Quantité appliquée: approx. 110 g/m <sup>2</sup>	Appliquée directement sur la surface avec brosse ou rouleau.

#### A.4.2.2.3 Mortier de revêtement

Biofire s'applique sur la structure en béton à protéger peinte avec du Pyrocola, environ 4 heures après l'application de la résine, lorsqu'elle est collante au toucher, en une couche d'épaisseur régulière jusqu'à atteindre l'épaisseur requise selon cette annexe. Pendant l'application, l'épaisseur du mortier est contrôlée régulièrement avec l'aide d'une jauge.

Les fissures au mortier durci ne sont pas admises.

Les spécifications des composants se montrent au tableau A.4.9.

**Tableau A.4.9:** Spécifications du revêtement pour les essais de résistance au feu.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Mortier durci	Biofire appliqué sur plancher en béton	Épaisseur: 10 mm Densité du mortier durci: 951 kg/m <sup>3</sup> ± 15 %.	Le revêtement ne comprend aucun traitement de finition une fois appliqué.. Le revêtement est appliqué sans: - Couches de finition - Fixations mécaniques - Additifs additionnels à ceux qui constituent le mortier

#### A.4.2.2.4 Propriétés adhérentes de Biofire sur éléments en béton

L'évaluation des propriétés adhérentes de Biofire, appliqué sur structures en béton pourvue d'une primaire d'accrochage de Pyrocola, a été faite selon la méthodologie EGOLF SM5.

Les valeurs données sont représentatives de la rupture cohésive dans l'épaisseur du Biofire projeté. Ces valeurs sont valeurs de référence et elles ne reflètent pas une évaluation statistique et non plus sont-elles des valeurs minimales garanties.

**Tableau A.4.10:** Résistance à la traction sur support en béton pourvu d'une primaire d'accrochage de Pyrocola.

Surface	Épaisseur de Biofire	Résistance moyenne à la traction	Mode de rupture
Support en béton selon EGOLF SM5	10 mm	0,25 MPa	Cohésive

#### A.4.2.3 Évaluation de la contribution à la résistance au feu de Biofire sur planchers et murs en béton

##### A.4.2.3.1 Généralités

La méthode d'évaluation usée pour évaluer la contribution à la résistance au feu de Biofire lorsqu'il est appliqué sur des éléments en béton est la méthode selon la norme ENV 13381-3.

##### A.4.2.3.2 Protection de planchers et murs en béton d'épaisseur minimale 120 mm

L'efficacité de l'isolation thermique du mortier de protection lorsqu'il est appliqué sur planchers et murs d'épaisseur minimale 120 mm est déterminée en fonction de:

- L'épaisseur du mortier de protection appliqué (mm).
- La température normalisée du béton comprise entre [300, 650] (°C).
- La durée de l'exposition thermique au courbe standard temps-température selon la norme EN 1363-1, section 5.1.1.

**Tableau A.4.11:** Épaisseur appliquée 10 mm. Profondeur de températures dans le béton (mm).

Temps (minutes)	Température de conception							
	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C
30	-	-	-	-	-	-	-	-
60	34	27	19	14	13	11	9	7
90	52	46	41	35	30	19	14	12
120	63	57	51	45	40	35	29	18
180	-	74	67	59	53	48	42	36

#### A.4.2.3.3 Épaisseur équivalente de béton

L'épaisseur équivalente de béton obtenu par le mortier de protection Biofire a été déterminé selon les prescriptions de l'Annexe C de la norme ENV 13381-3 et il est montré au tableau A.4.12.

**Tableau A.4.12** : Épaisseur équivalente de béton (mm).

Composant	Épaisseur de Biofire (mm)	Durée en minutes					
		30	60	90	120	180	240
Planchers et murs portants en béton	10	30	15	13	12	11	-

#### A.4.2.3.4 Isolation

La température moyenne des thermocouples situés dans la partie supérieur du plancher en béton a dépassé en 140 °C la température initiale dans la minute 167.

La température maximale des thermocouples situés dans la partie supérieur du plancher en béton a dépassé en 180 °C la température initiale dans la minute 171.

#### A.4.2.3.5 Capacité d'adhérence

La capacité d'adhérence de Biofire appliqué sur planchers en béton a été déterminée selon les critères établis dans la section 13.5 de l'ENV 13381-3.

Entre la minute 34 et la minute 40, la valeur de la température maximale enregistrée sur la surface exposée en béton fut supérieure de 50% à la moyenne de toutes les températures enregistrées sur cette surface exposée en béton.

Détachement significatif du matériel de protection: minute 33 (sans désordre).

## ANNEXE 5. Spécifications et évaluation de la protection contre le feu d'éléments structuraux en bois protégés avec Biofire (usage prévu Type 7)

### A.5.1 Plancher structurel en bois

#### A.5.1.1 Classement

La solution constructive décrite au présent annexe a été testée et évaluée selon l'EN 1365-2:1999 et classifiée REI 60 selon la norme EN 13501-2. La méthode d'essai et l'évaluation de la résistance au feu sont conformes aux exigences de l'EN 1365-2:2014.

#### A.5.1.2 Conditions de l'installation

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux dispositions détaillées à la section A.1.2.

##### A.5.1.2.1 Structure support

La structure de support consiste en un plancher composé de poutres en bois et d'un sol de panneaux en bois. Les poutres sont placées en parallèle à une distance maximale de 600 mm entre les axes et les panneaux sont installés dessus, fixés entre eux par des lambourdes posées en gradin (perpendiculaire aux poutres) et fixés aux poutres avec des vis de 60 mm de longueur à une distance maximale de 200 mm entre les centres (la poutre qui correspond à une lambourde longitudinale entre les panneaux est fixée par deux rangées de vis, une de chaque côté de la lambourde). On utilise également 2 vis de 20 mm de longueur pour fixer les panneaux dans les lambourdes transversales. Voir Tableau A.5.1 pour la spécification des composants et au Tableau A.5.1 pour connaître les détails.

La capacité maximale portante du plancher correspond à une charge maximale par poutre de 1700 N par mètre linéaire répartie uniformément sur une portée maximale de 4.000 mm.

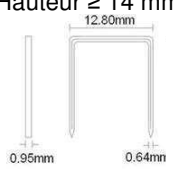
Sur la partie inférieure des poutres en bois, une maille extensible métallique nervurée est fixée avec des vis de 35 mm de longueur, placées sur les nervures principales de la maille, à une distance maximale de 200 mm entre les centres tout au long des poutres et renforcée par une rangée d'agrafes tous les 2 cm. Les nervures de la maille sont placées perpendiculairement aux poutres. Les feuilles doivent être placées avec un chevauchement d'au moins 200 mm dans la direction des nervures et emboîtées dans la dernière nervure dans la direction des poutres.

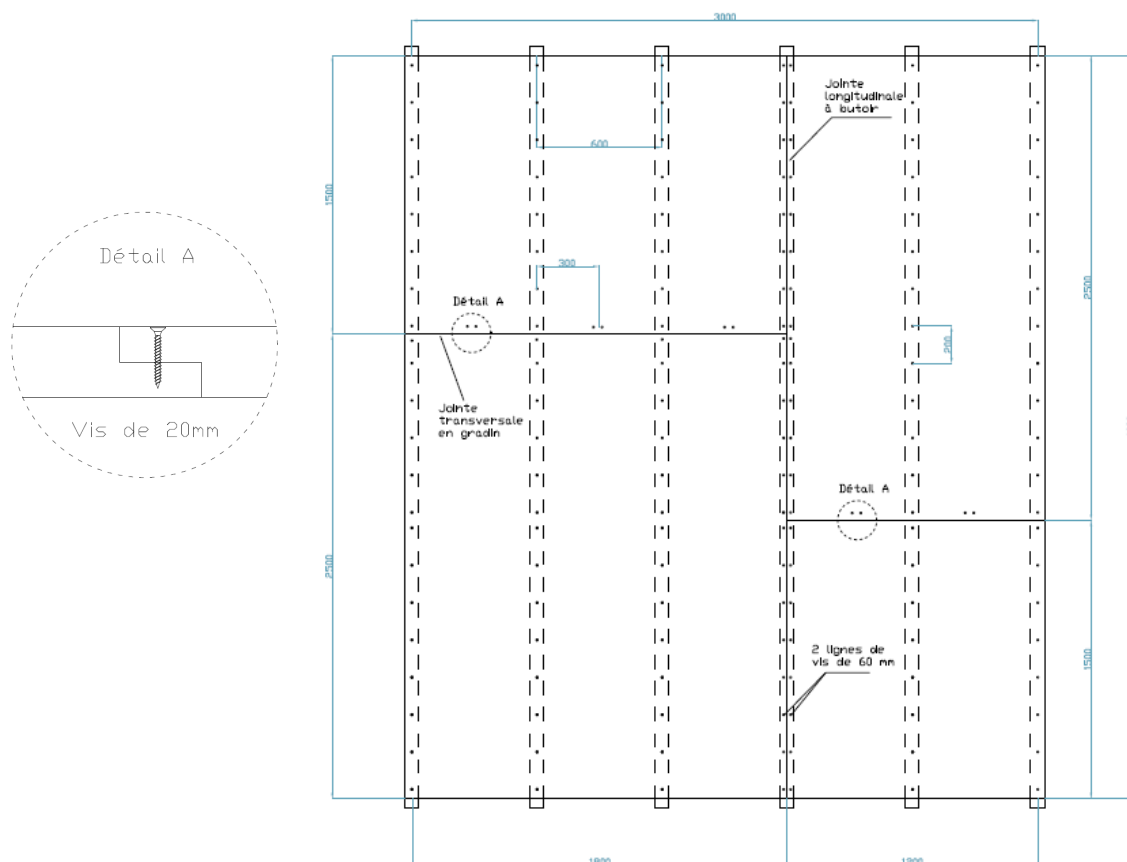
La résistance à l'arrachage des fixations mécaniques a été déterminée conformément à la section 2.2.5.1 de l'EAD 350140-00-1106: 2298 N pour les vis de 35 mm et 93 N pour les agrafes. Ce sont des valeurs de référence et elles ne reflètent pas une évaluation statistique.

**Tableau A.5.1:** Spécification des composants de la structure support.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Panneaux en bois pour le sol	Panneaux en sapin avec trois couches fixées par de la colle phénolique	Épaisseur $\geq 22$ mm Densité: 650 kg/m <sup>3</sup>	Vissés sur des poutres en bois. Lambourde en gradins entre eux, renforcée avec des vis de 20 mm.
Poutres en bois portantes	Bois tendre d'épicéa	Hauteur $\geq 220$ mm Largeur $\geq 75$ mm Densité: 470 kg/m <sup>3</sup> Résistance à la flexion $\geq 10$ MPa	Installées en parallèle à $\leq 600$ mm entre les axes.

**Tableau A.5.1:** Spécification des composants de la structure support.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Fixations	Vis autotaraudeuses en acier bichromaté	Longueur $\geq 60$ mm Diamètre $\geq 4$ mm	Fixation de panneaux sur les poutres à $\leq 200$ mm entre les centres tout au long des poutres.
		Longueur $\geq 20$ mm Diamètre $\geq 4$ mm	Fixation des panneaux dans les joints transversaux.
Fixation de la maille	Vis autotaraudeuses en acier phosphaté	Longueur $\geq 35$ mm Diamètre $\geq 3,5$ mm	Fixation de la maille métallique sur la face inférieure des poutres, à $\leq 200$ mm entre les centres.
	Agrafes en acier	Hauteur $\geq 14$ mm 	Fixation de la maille métallique sur la face inférieure des poutres tous les 2 cm.
Maille extensible métallique nervurée	Acier galvanisé Z275 GZ200 (2500 x 600) mm	Résistance: 38/43 kg/mm <sup>2</sup> (373/421 MPa) Poids: 1,14 kg/m <sup>2</sup> Épaisseur: 0,5 mm Ouverture longitudinale: 25 mm Ouverture transversale: 6 mm	Fixation avec des vis et des agrafes sur la face inférieure des poutres en bois en suivant leur direction.

**Figure A.5.1:** Disposition des poutres en bois, des lambourdes entre les panneaux et des fixations mécaniques.

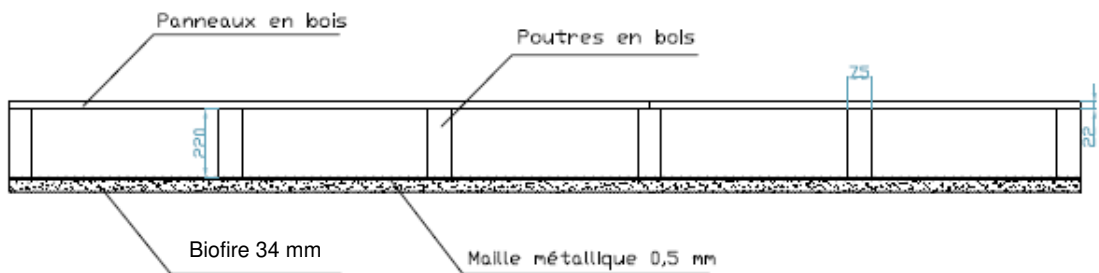


Figure A.5.2: Section verticale du plancher en bois.

#### A.5.1.2.2 Mortier de revêtement

Biofire s'applique sur la maille extensible en recouvrant complètement la surface.

Biofire est projeté en deux couches d'épaisseur régulière jusqu'à atteindre l'épaisseur requise de 34 mm, avec une pénétration de 1-2 cm dans la maille. Pendant l'application, l'épaisseur du mortier est contrôlée régulièrement avec l'aide d'une jauge.

Les fissures au mortier durci ne sont pas admises.

Tableau A.5.2: Spécification du mortier de revêtement.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Mortier durci	Biofire	Épaisseur: 34 mm Densité du mortier durci: $819 \pm 15 \text{ kg/m}^3$	Le revêtement ne comprend aucun traitement de finition une fois appliqué. Revêtement projeté avec renfort mécanique et sans: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primaire d'accrochage</li> <li>- Couches de finition</li> <li>- Additifs additionnels à ceux qui constituent le mortier</li> </ul>



## ANNEXE 6. Spécifications et évaluation de la protection contre le feu d'installations de services à bâtiments (usage prévu Type 9), consistant à un conduit rectangulaire de ventilation horizontale protégé avec Biofire

### A.6.1 Classement au feu extérieur d'un conduit rectangulaire de ventilation horizontale

La solution constructive décrite au présent annexe a été testée et évaluée selon l'EN 1366-1 et classifiée EI 120 (ho o→i) selon la norme EN 13501-3.

### A.6.2 Conditions de l'installation

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux dispositions détaillées à la section A.1.2.

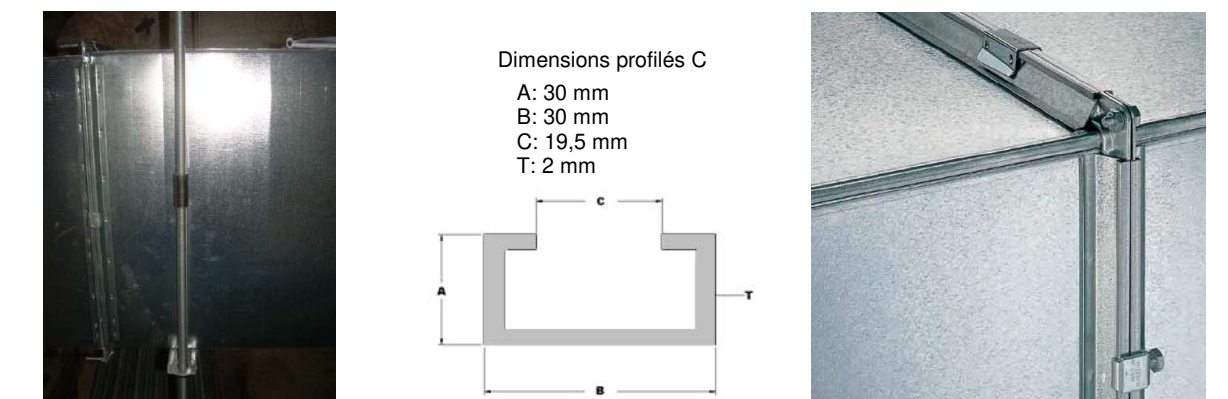
#### A.6.2.1 Conduit

Biofire est appliqué sur un conduit de ventilation horizontale fait en tôle d'acier galvanisé conformant un conduit rectangulaire de section maximale 1250 mm x 1000 mm. Le conduit est fermé longitudinalement par une jointe Pittsburgh et chaque partie de conduit est connectée à la suivante au moyen de jointes METU-System à une distance maximale de 1250 mm.

Le conduit est suspendu au moyen de profilés C accrochés au-dessous avec deux tiges filetées d'acier, l'un à chaque côté du conduit. Le système est fixé avec vis d'acier galvanisé. La distance maximale entre les éléments de suspension c'est de 1500 mm.

**Tableau A.6.1:** Spécification des composants du conduit.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Tôle métallique conformant le conduit	Tôle d'acier galvanisé S320GD, DX51D+Z275	Épaisseur = 1,0 mm	Formation d'un conduit rectangulaire, avec jointe longitudinale Pittsburgh et jointes transversales METU-System
Suspension	Tiges filetées d'acier S250 GD+Z275	Diamètre: 16 mm	Accrochement des profilés en C
Fixation	Vis d'acier galvanisé S250 GD+Z275	Diamètre: 16 mm	Fixé aux tiges avec rondelle pour retenir les profilés en C
Profilés en C de support	HILTI MML-C30 2M, d'acier galvanisé S250 GD+Z275	Cf. Figure A.5.1	Au-dessous le conduit, fixés aux tiges avec vis tous les deux cotés du profilé
Éléments de la jointe transversale	METU System M30, acier galvanisé S250 GD+Z275	Cf. Figure A.5.1	Connexion des parties de conduit chaque 1250 mm, fixé aux équerres avec vis de 8 mm de diamètre et le long du périmètre avec agrafes chaque 200 mm



**Figure A.6.1:** Système de suspension du conduit et jointe transversale METU-System.

### A.6.2.2 Surface de la tôle d'acier

Il ne faut pas préparer les tôles d'acier qui conformeront le conduit avant l'application de Biofire. Dans n'importe quel cas, la tôle doit être propre, libre d'huile, poussière ou graisse.

### A.6.2.3 Maille de renfort

Avant l'application du mortier, il faut placer une maille déployée métallique autour du conduit. Chaque feuille de maille est pliée d'après le contour rectangulaire du conduit et elle est fixée avec fil d'acier aussi longitudinalement sur la direction du conduit, pour fermer chaque section de renfort, que transversalement pour attacher entre eux les parties contigües de maille.

**Tableau A.6.2:** Spécification de la maille de renfort.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Maille élargie métallique	Acier galvanisé Z275, 20 µm (2500 x 600) mm	Résistance: 38/43 kg/mm <sup>2</sup>	Installée autour du conduit, d'après la forme rectangulaire, fixée avec fil métallique
		Poids: 1,14 kg/m <sup>2</sup>	
		Épaisseur: 0,5 mm	
		Ouverture longitudinale: 25 mm	
		Ouverture transversale: 6 mm	

### A.6.2.4 Mortier de revêtement

Biofire est appliqué sur la maille déployée jusqu'à couvrir complètement les 4 faces du conduit, ainsi comme les tiges et les éléments de suspension.

Biofire est projeté en deux couches d'épaisseur régulière jusqu'à arriver à l'épaisseur total exigé de 60 mm (56 mm par dehors de la maille et environ 3-5 mm entre la maille et le conduit). Pendant l'application l'épaisseur du mortier est contrôlée régulièrement avec une jauge.

Les fissures au mortier durci ne sont pas admises.

**Tableau A.6.3 :** Spécification du revêtement.

Composant	Identification	Caractéristique	Exécution et fixations
Mortier de revêtement	Biofire	Épaisseur: 60 mm	Le revêtement ne comprend aucune couche de finition une fois appliqué.
		Densité du mortier durci: 1160 kg/m <sup>3</sup> ± 15 %.	Mortier projeté sur renfort mécanique et: - Sans primaires d'accrochage - Sans couches de finition - Sans additifs additionnels à ceux qui constituent le mortier

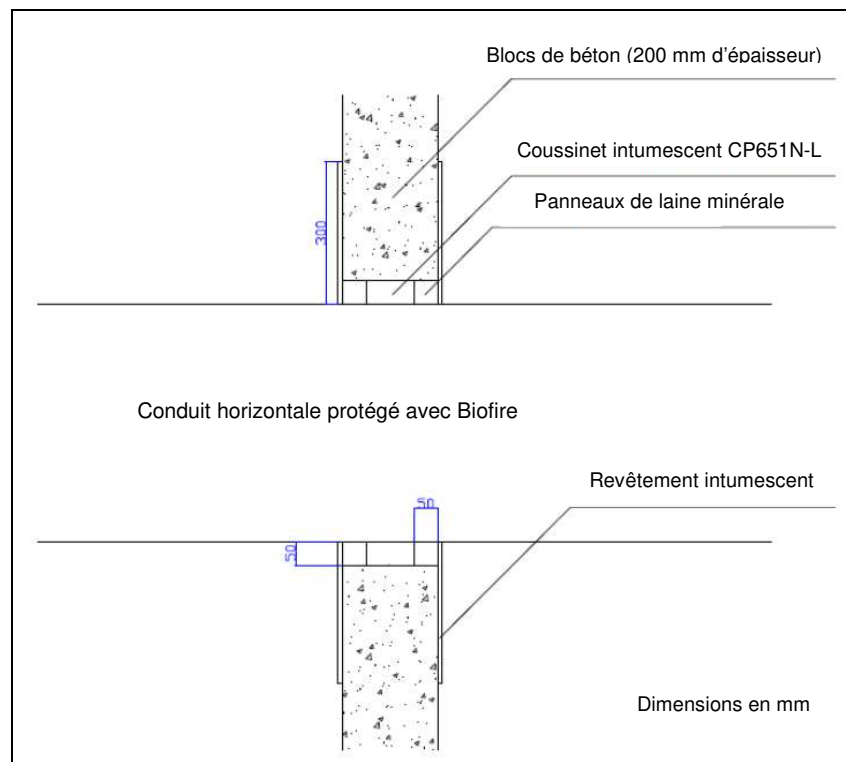
### A.6.2.5 Scellement des pénétrations à travers le mur de support

Le conduit de ventilation horizontale pénètre un mur de blocs de béton armé de 200 mm d'épaisseur minimale et 2200 kg/m<sup>3</sup> de densité. Il faut laisser un espace de 50 mm entre le mur et la surface de revêtement. L'espace est scellé avec coussinets intumescents comme remplissage postérieur et panneaux de laine minérale en fermant la pénétration aux deux extrêmes. Il faut appliquer une couche de peinture intumescence sur la surface autour du conduit protégé, en couvrant le scellement et en l'éteindront sur le mur jusqu'à une distance de 300 mm dès la surface du mortier de revêtement. Cf.

Figure A.5.2 pour plus de détails. La spécification des composants du scellement de pénétrations est montrée dans le Tableau A.6.4.

**Tableau A.6.4** : Spécification des composants du scellement des pénétrations.

Composant	Identification	Caractéristique	Exécution et fixations
Coussinets intumescents	Hilti CP 651N-L	Selon spécification technique du fabricant	Remplissage de l'espace entre le mur et le conduit protégé
Rempli de laine minérale	Panneaux de 50 mm d'épaisseur	Densité: 145 kg/m <sup>3</sup> Classe de réaction au feu: A1	En fermant la pénétration aux deux extrêmes
Revêtement intumescent	Peinture intumescente à base d'eau	Épaisseur en sec: 800 µm Poids spécifique: 1,41 g/l Classe de réaction au feu: C-s1,d0	Appliqué sur le scellement de pénétrations et le mur autour du conduit protégé



**Figure A.6.2:** Scellement de pénétrations.

## ANNEXE 7. Spécifications et évaluation de la protection contre le feu de planchers porteurs composés de poutres en bois et d'une dalle en béton protégés avec Biofire (usage prévu Type 10)

### A.7.1 Plancher porteur

#### A.7.1.1 Classement

La solution constructive décrite au présent annexe a été testée et évaluée selon l'EN 1365-2:1999 et classifiée REI 180 selon la norme EN 13501-2. La méthode d'essai et l'évaluation de la résistance au feu sont conformes aux exigences de l'EN 1365-2:2014.

#### A.7.1.2 Conditions de l'installation

L'installation du système doit s'effectuer conformément aux dispositions détaillées à la section A.1.2.

##### A.7.1.2.1 Structure support

La structure de support est un plancher porteur composé de poutres en bois et d'une dalle en béton. Les poutres sont placées en parallèle à une distance maximale de 600 mm entre les axes. Une couche de brique creuse céramique assemblée grâce à des rainures est posée sur les poutres. Les briques creuses de (600 x 300 x 30) mm sont soutenues transversalement dans la direction des poutres. Sur la couche céramique, le plancher se termine par une dalle en béton de 50 mm d'épaisseur, avec une armature de renfort de (150 x 150 x 10) mm. Voir Tableau A.7.1 pour connaître la spécification des composantes et aux schémas pour connaître les détails.

La capacité maximale portante du plancher correspond à une charge maximale de 250 kg/m<sup>2</sup> répartie uniformément sur la dalle en béton, avec une distance maximale des poutres de 4.000 mm.

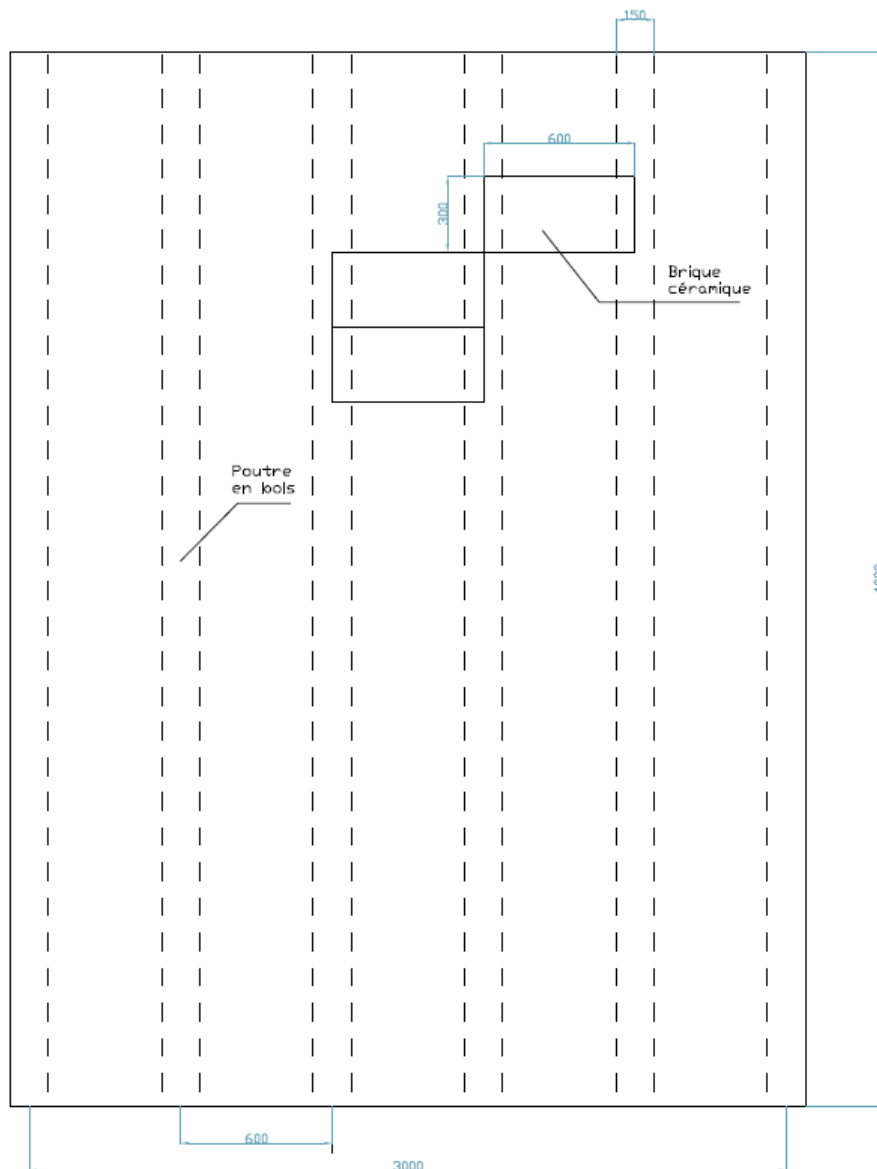
Une maille extensible métallique nervurée est posée en suivant les 3 faces visibles des poutres en bois, fixée à l'aide de vis de 35 mm de longueur (au maximum 2 vis sur la face inférieure tous les 500 mm entre les centres et une vis sur chaque face latérale, à mi-chemin entre les vis de la face inférieure). La résistance à l'arrachement des fixations mécaniques a été déterminée conformément à la section 2.2.5.1 de l'EAD 350140-00-1106: 2298 N. Ce sont des valeurs de référence et ils ne reflètent pas une évaluation statistique.

**Tableau A.7.1:** Spécification des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Poutres en bois portantes	Bois tendre d'épicéa	Hauteur ≥ 150 mm Largeur ≥ 150 mm Classe résistante C24	Posées en parallèle à ≤ 600 mm entre les axes.
Couche céramique	Briques céramiques creuses à faible densité de (600 x 300 x 30) mm	Résistance à la flexion ≥ 123 daN	Soutenues transversalement sur les poutres, avec des lambourdes à rainure.
Béton	Béton de classe résistante 25 N/mm <sup>2</sup> Granulats siliceux	Béton de la même classe résistante ou meilleure. Densité: 2150 kg/m <sup>3</sup> ± 15 %	Le béton contient une armature de renfort supplémentaire pour des fins structurelles.

**Tableau A.7.1:** Spécification des composants.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Maille extensible métallique nervurée	Acier galvanisé Z275 GZ200 (2500 mm x 600 mm)	Résistance: 38/43 kg/mm <sup>2</sup> (373/421 MPa) Poids: 1,14 kg/m <sup>2</sup> Épaisseur: 0,5 mm Ouverture longitudinale: 25 mm Ouverture transversale: 6 mm	Fixée avec des vis et des rondelles sur la face inférieure et latérale des poutres en bois.
Fixations	Vis autotaraudeuses en acier phosphaté	Longueur ≥ 35 mm Diamètre ≥ 3,5 mm	Fixation de la maille métallique aux poutres: – 2 vis tous les 500 mm sur la face inférieure – 2 vis tous les 500 mm sur les faces latérales (1 de chaque côté) – 250 mm entre les fixations inférieures et latérales

**Figure A.7.1:** Disposition des poutres en bois et de la brique creuse céramique.

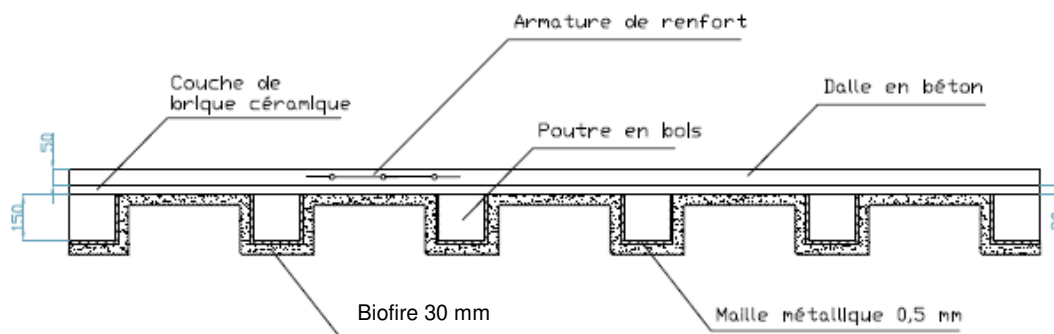


Figure A.7.2: Section verticale du plancher.



Figure A.7.3: Détail de la fixation de la maille.

#### A.7.1.2.2 Mortier de revêtement

Biofire s'applique sur la maille extensible en couvrant les poutres en bois et la face inférieure de la brique creuse, en recouvrant complètement la surface.

Biofire est projeté jusqu'à atteindre l'épaisseur requise de 30 mm. Pendant l'application, l'épaisseur du mortier est contrôlée régulièrement avec l'aide d'une jauge.

Si des fissures apparaissent sur le mortier durci, elles seront rebouchées avec du mastic intumescent Pyrok®.

Tableau A.7.2: Spécification du mortier de revêtement.

Composant	Identification	Caractéristiques	Exécution et fixations
Mortier durci	Biofire	Épaisseur: 30 mm Densité du mortier durci: $852 \pm 15 \text{ kg/m}^3$	Le revêtement ne comprend aucun traitement de finition une fois appliqué. Revêtement projeté avec renfort mécanique et sans: - Primaire d'accrochage - Couches de finition, en plus du rebouchage des fissures - Additifs additionnels à ceux qui constituent le mortier
Mastic intumescent	Pyrok®	Imperméabilisant acrylique. Densité: $1,56 \text{ g/cm}^3$	Rebouchage des fissures dans le mortier durci, le cas échéant.