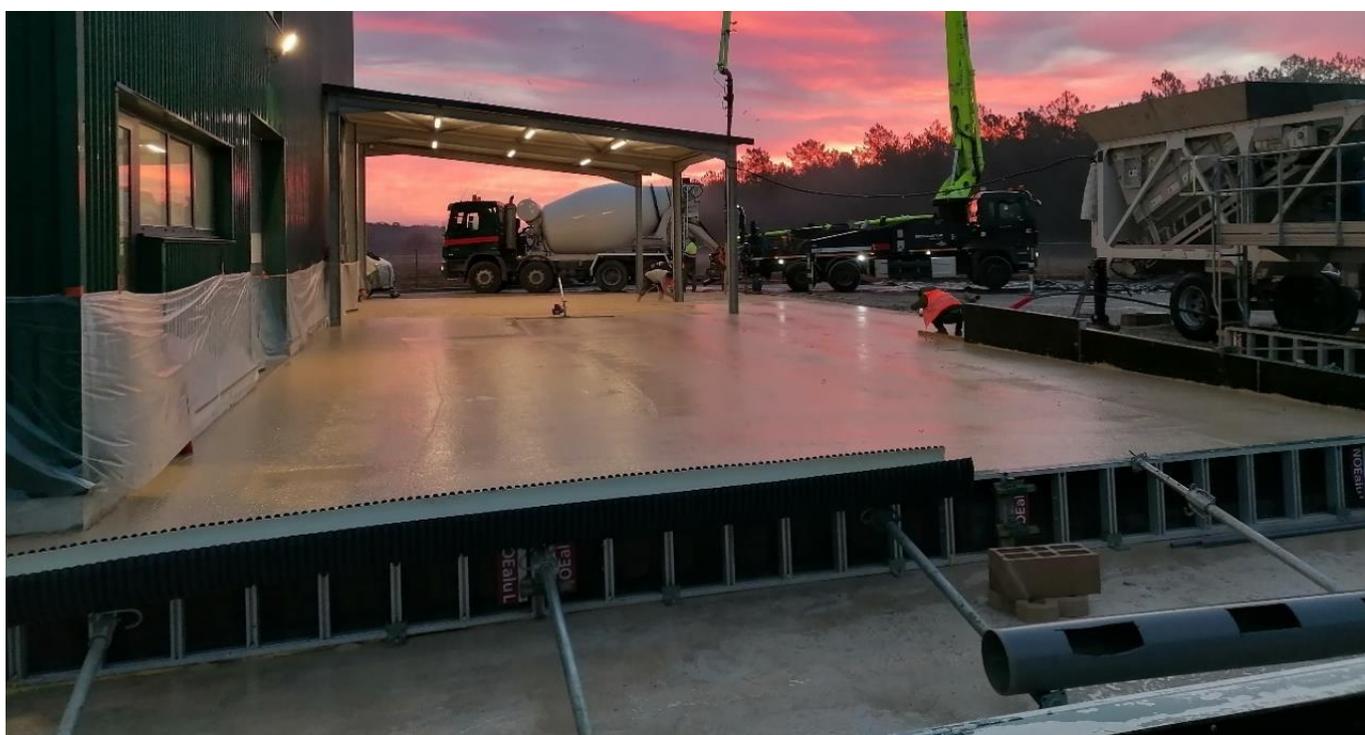


# APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3218\_V1

*ATEx de cas a*

**Validité du 28/06/2023 au 28/06/2025**



L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur (*extrait de l'art. 24*).

## **A LA DEMANDE DE :**

Materrup  
440 rue des Estagnots  
40 230 St6Geours-de-Maremne

### **CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT**

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2  
Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – Siret 775 688 229 00027 – [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)  
Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229  
MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3199\_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte sur le procédé de « MCC1® Dallage ».

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 10/05/2023, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- demandeur : Société Materrup,
- technique objet de l'expérimentation : Le procédé « MCC1® Dallage » concerne les dallages avec du béton formulé à partir de Ciment d'argile MCC1®, ciment « bas carbone » innovant à base d'argile crue, présentant une faible empreinte environnementale.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3218\_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

### APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : **Le caractère favorable de cette appréciation est subordonné à la mise en application ultérieure de l'ensemble des recommandations formulées au § 4.**

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

#### 1°) Sécurité

##### 1.1 Stabilité des ouvrages et sécurité des intervenants

Le béton Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® n'est pas conforme à la norme NF EN 206+A2/CN. Les règles de calcul définies par la norme NF DTU 13.3 ne lui sont donc pas directement applicables. Une approche expérimentale a été adoptée pour caractériser le béton à base de ciment d'argile MCC1®, dans le but d'ajuster certains paramètres. Il en résulte les conclusions suivantes :

- Le béton Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® présente des résistances mécaniques comparables à celles d'un béton traditionnel ;
- La contrainte d'adhérence acier-béton d'un béton Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® est comparable à celle d'un béton traditionnel ;
- Le retrait libre du béton Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® de classes de résistance C25/30, C30/37 et C35/45 est près de 1,5 fois supérieur à celui du béton traditionnel, à formulation identique ;
- Le fluage est de l'ordre de 1,5 fois supérieur à celui d'un béton traditionnel. Le coefficient de fluage d'un béton traditionnel a donc été multiplié, pour les calculs, par 1,5 pour les bétons Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® de classes de résistance C25/30, C30/37 et C35/45 ;
- Du fait du comportement des bétons Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® de classes de résistance C25/30, C30/37 et C35/45 par rapport aux phénomènes de fluage et de retrait, le calcul des déformations du dallage (tassement, soulèvement en bord et en angle, etc.) devra être systématiquement réalisé suivant les hypothèses du projet. Les valeurs obtenues devront être comparées aux exigences requises dans les DPM ou à défaut au NF DTU 13.3.

Compte tenu du domaine d'emploi en dallage tel que décrit § 2.1 du Dossier Technique, l'incidence et le risque de désordre lié à un retrait important des bétons Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® de classes de résistance C25/30, C30/37 et C35/45 est négligeable moyennant le strict respect des recommandations du § 4 et du Dossier Technique.

La stabilité des ouvrages visés par la présente Appréciation est ainsi assurée.

La mise en œuvre du béton Materrup MCC1® à base de ciment d'argile MCC1® de classe de résistance C25/30 est similaire à celle d'un béton traditionnel. La sécurité des intervenants est assurée, à condition que les règles de sécurité applicables aux

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3199\_V1

opérations classiques de coulage du béton soient respectées. Concernant les usagers, leur sécurité est assurée au même titre que pour les procédés de béton traditionnel coulés en place.

### 1.2 Sécurité en cas d'incendie

Compte tenu de l'usage en dallage en béton armé, la sécurité en cas d'incendie n'a pas à être prise en compte.

## 2°) Faisabilité

### 2.1 Production

Le ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> est produit par Materrup. Le béton Materrup MCC1<sup>®</sup> à base de ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> est fabriqué dans les centrales de béton prêt à l'emploi puis livré sur chantier ou bien directement fabriqué dans des centrales de chantier sur site.

La formule de béton Materrup MCC1<sup>®</sup> à base de ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> de classe de résistance C25/30 a été déclinée/adaptée pour l'usage en dallages en plusieurs formulations : C25/30-2, C30/37-1, C35/45-1 et C35/45-2 (cf. § 3.1.2. du Dossier Technique).

### 2.2 Mise en œuvre

La mise en œuvre du béton Materrup MCC1<sup>®</sup> à base de ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> de classes de résistance C25/30, C30/37 et C35/45, pour la réalisation de dallages coulés en place, est similaire à celle d'un béton traditionnel, et ne nécessite pas de contrôles additionnels.

Seule est exigée la réalisation des essais initiaux et de convenance pour la ou les formulations retenues qui doivent être effectués pour toute nouvelle centrale, Materrup devant porter assistance et analyser ces résultats.

## 3°) Risques de désordres

Les exigences de fabrication et de mise en œuvre, ainsi que les résultats d'essais fournis permettent de considérer les risques de désordres comme « maîtrisés ».

## 4°) Recommandations

- Seules les classes de résistance de béton et formulations suivantes sont admises : C25/30-2, C30/37-1, C35/45-1 et C35/45-2 (cf. § 3.1.2. du Dossier Technique) ;
- Les formulations utilisées pour l'optimisation vis-à-vis du retrait gonflement sont basées sur des granulats dont l'absorption d'eau est d'environ 1,3 – 1,4 %. Le choix des granulats est donc limité à ceux présentant une absorption inférieure ou égale à 1,5%. L'utilisation des granulats recyclés est exclue ;
- Suivant l'ETPM, l'ATEX ne concerne que des formulations contenant des plastifiants (au titre d'adjuvant) clairement identifiés. Pour une raison de confidentialité, la liste de ces plastifiants a été communiquée au CSTB et Materrup la communiquera à ses partenaires en cas de besoin. Par ailleurs, aucun entraîneur d'air ne peut être utilisé pour la réalisation des dallages extérieurs ;
- En l'absence de justification des classes d'exposition XA et XD, la classe XA1 est exclue et seule peuvent être mentionnées les classes XC1 à XC4 et XF1 ;
- La fabrication du béton sur site est exclue. Compte tenu des formulations, seules des centrales BPE préalablement accompagnées par Materrup ont la capacité de maîtriser la constance de fabrication et les contrôles associés ;
- Compte tenu du retrait plus important des bétons Materrup MCC1<sup>®</sup>, une ouverture des joints plus importante se produira et impliquera une fréquence de maintenance des joints plus élevée ;
- Les scellements après coulage sont proscrits ;
- En l'absence de justification de compatibilité de couche d'usure et de résistance à l'usure, les couches d'usure sont exclues, ainsi que les dallages industriels avec charges roulantes ;

Le présent document comporte 6 pages dont une page d'annexe ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3199\_V1

- Pour une raison de confidentialité, la liste des produits de cure compatibles a été communiquée au CSTB et Materrup la communiquera à ses partenaires en cas de besoin ;
- En l'absence de justifications adaptées, l'utilisation de résine de synthèse est exclue ;
- En cas de mise en œuvre de revêtement, des essais d'adhérence doivent être réalisés préalablement.

### EN CONCLUSION

En conclusion, et sous réserve du respect des recommandations figurant au paragraphe 4 ci-avant, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée ;
- La faisabilité est avérée ;
- Les risques de désordres sont considérés comme limités.

Champs sur Marne,  
Le Président du Comité d'Experts,

Ménad CHENAF

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3199\_V1

### ANNEXE 1

#### FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société Materrup  
440 rue des Estagnots  
40 230 St-Geours-de-Maremne

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Le procédé MCC1® Dallage faisant l'objet de la demande d'ATEX de cas A, concerne les dallages coulés sur place avec du béton Materrup MCC1® formulé à partir de Ciment d'argile MCC1®, ciment « bas carbone » innovant à base d'argile crue, présentant une faible empreinte environnementale.

Spécificité du Ciment d'argile MCC1® :

- Le Ciment d'argile MCC1® a fait l'objet d'une Évaluation Technique de Produits et de Matériaux – ETPM-22/0077 du 2 Juin 2022. Cette ETPM est disponible sur le site internet du CSTB ;
- Le ciment utilisé dans la formulation du béton est le Ciment d'argile MCC1®, fabriqué et fourni par Materrup. Il est composé d'argile crue non calcinée, d'un activateur et d'un précurseur pouzzolanique complémentaire ;
- Le béton Materrup MCC1® à base de Ciment d'argile MCC1® mis en œuvre pour le coulage des dallages vise les classes de résistance C25/30, C30/37 et C35/45 ;

Le domaine d'emploi du procédé MCC1® Dallage est destiné à la réalisation de tous types de dallages en béton non armé ou armé destinés aux constructions neuves ou existantes (au sens de la NF DTU 13.3) :

- Tout local industriel tel qu'usine, atelier, entrepôt, stockage, etc... quelles que soient ses charges d'exploitation ;
- Local quel que soit sa destination, s'il est soumis à une charge d'exploitation répartie supérieure à 10 kN/m<sup>2</sup> ou concentrée supérieure à 10 kN ;
- Local commercial ou assimilé, tel que magasin, boutique, hall, réserve, chambre froide, soumis à des charges d'exploitation réparties, inférieures ou égales à 10 kN/m<sup>2</sup> et concentrées inférieures ou égales à 10 kN ;
- Local soumis à une charge d'exploitation inférieures ou égales à 10 kN/m<sup>2</sup> et/ou 10 kN concentrées et dont l'usage est le suivant :
  - Maisons individuelles, garages et sous-sol attenants ;
  - Bâtiment à usage d'habitation de 1ère, 2ème, 3ème et 4ème famille, habitation collective ou d'hébergement ;
  - Etablissement recevant du public, de 1ère à 5ème catégorie, administratif ou bureau, santé, hôpital, clinique ou dispensaire, scolaire ou universitaire, sportif, spectacles, exposition ou lieu de culte ;
  - Garage ou parcs de stationnement pour véhicules légers ;
  - Agricole ;
  - Zones extérieures (aire de béquillage, stockage, etc.) ayant un usage autre que voirie.

Les classes d'expositions visées sont X0, XC1, XC2, XC3, XC4 & XF1 et une durée d'utilisation de 50 ans.

Les dallages visés sont des dallages désolidarisés ou solidarisés ne participant pas à la reprise ni au transfert des efforts horizontaux, ne jouant pas le rôle de diaphragme et ne participant pas à la stabilité du bâtiment sauf fonction de butonnage d'un mur enterré.

Les dallages de chambres froides au sens de l'Annexe D de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) ne sont pas visés.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEEx 3199\_V1.

## Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3199\_V1

### **ANNEXE 2**

Dossier Technique du demandeur

Ce document comporte un dossier technique principal (27 pages joint à ce PV, annexes non jointes).

Procédé de « MCC1® Dallages »

« Dossier Technique Dallages Materrup à partir de MCC1® » version 5

Daté du 06/07/2023

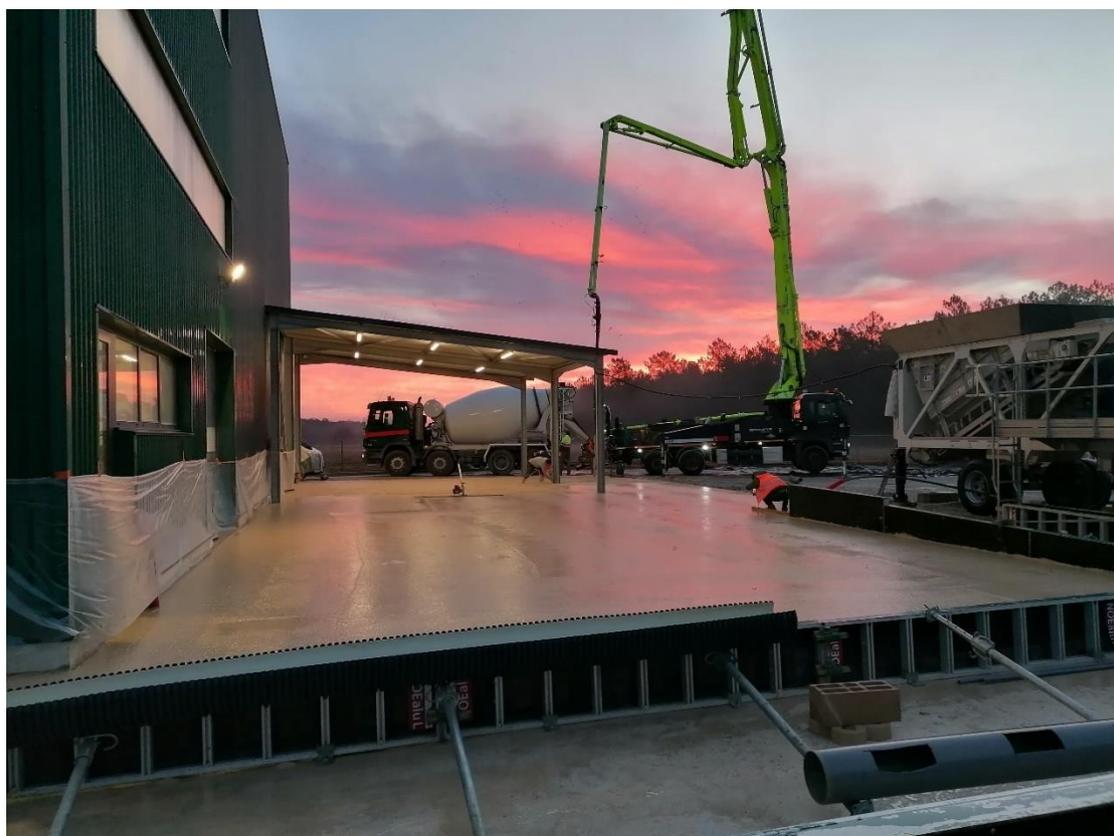
A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3218\_V1

Fin du rapport

---

## Dossier Technique Dallages Materrup à partir de MCC1®

---



---

**Version 5 du 6 juillet 2023**

---

Avec l'accompagnement du bureau d'étude Ouest Structures



# Sommaire

1	Mode de commercialisation.....	3
1.1	Coordonnées .....	3
1.2	Rôle des intervenants.....	3
2	Domaine d'emploi .....	4
2.1	Domaine d'emploi accepté.....	4
2.2	Matériaux, produits et composants .....	5
2.2.1	Ciment d'argile MCC1® .....	5
2.2.2	Filler .....	5
2.2.3	Agrégats.....	5
2.2.4	Adjuvants.....	5
2.2.5	Eau de gâchage.....	6
2.2.6	Produit de cure .....	6
2.2.7	Armatures.....	6
3	Disposition de conception.....	6
3.1	Points généraux.....	6
3.1.1	Application DTU & Eurocode.....	6
3.1.2	Formulation du béton .....	7
3.1.3	Caractéristiques mécaniques .....	8
3.1.4	Fluage .....	8
3.1.5	Retrait.....	8
3.1.6	Durabilité et enrobage des armatures .....	10
3.1.7	Détermination de la longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures .....	10
3.1.8	Vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage .....	10
3.2	Principes de dimensionnement d'un dallage en béton non armé .....	11
3.2.1	Généralités .....	11
3.2.2	Dimensionnement suivant NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) .....	11
3.2.3	Dispositions constructives.....	13
3.3	Principes de dimensionnement d'un dallage en béton armé .....	13
3.3.1	Généralités .....	13
3.3.2	Dimensionnement suivant NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) .....	14
3.3.3	Dispositions constructives.....	15
3.3.4	Principes de dimensionnement d'une dalle de transition .....	16
3.3.5	Principes de dimensionnement d'un dallage de maison individuelle.....	17
3.3.6	Dimensionnement des fixations.....	18
4	Disposition de mise en œuvre.....	19
4.1	Principe de mise en œuvre.....	19
4.2	Cure de la face supérieure des dallages.....	19
4.3	Tolérances d'exécution .....	20
4.4	Remplissage des joints sciés.....	20
4.5	Revêtement de surface .....	20
4.5.1	Généralités .....	20



4.5.2	Cas des sols fragiles (carrelage, pierre, etc.) .....	20
4.5.3	Autres revêtements.....	21
5	Maintien en service du produit .....	21
5.1	Entretien courant .....	21
5.2	Traitement des désordres (épaufures, éclats, etc.) .....	21
6	Traitement en fin de vie .....	21
7	Assistance technique.....	22
8	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication .....	22
8.1	Principe de fabrication .....	22
8.2	Plans d'Assurance Qualité .....	22
8.2.1	Plan d'Assurance Qualité de production du ciment MCC1® .....	22
8.2.2	Plan d'Assurance Qualité de la centrale de béton .....	22
8.2.3	Plan d'Assurance Qualité Gros-Œuvre .....	23
9	Fiche de Déclaration Environnementale et de Sécurité – FDES.....	23
10	Mention des justificatifs.....	23
10.1	Exemples de chantiers réalisés en béton à base de MCC1® .....	23
10.2	Résultats Expérimentaux et retours d'expériences de chantiers.....	27

## 1 Mode de commercialisation

### 1.1 Coordonnées

Le procédé Ciment d'argile MCC1® pour béton MCC1® est commercialisé par le titulaire.

#### Titulaire :

Materrup  
440 rue des Estagnots  
40 230 St-Geours-de-Maremne

Usine de production ciment : 440 rue des Estagnots 40 230 St-Geours-de-Maremne

### 1.2 Rôle des intervenants

Le procédé MCC1® Dallage faisant l'objet de la demande d'ATEX de cas a, concerne les dallages coulés sur place avec du béton confectionné à partir de Ciment d'argile MCC1®, ciment « bas carbone » innovant à base d'argile crue, présentant une faible empreinte environnementale.

Le Ciment d'argile MCC1® est produit par la société Materrup – demandeur de l'ATEX.

Le béton Materrup MCC1® est produit à partir de Ciment d'argile MCC1® dans des centrales à bétons et livré sur le chantier, ou bien directement produit sur site dans une centrale de chantier.

Les ouvrages du procédé MCC1® Dallage sont réalisés en béton MCC1® coulé sur place par l'entreprise de gros-œuvre ou de dallage de l'opération.

Le dimensionnement des ouvrages du procédé MCC1® Dallage est réalisé par un Bureau d'Etude Structure ou toute personne possédant les compétences de dimensionnement suivant les Eurocodes, notamment EC2, EC8 et la NF DTU 13.3.



## 2 Domaine d'emploi

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi du procédé MCC1® Dallage est destiné à la réalisation de tous types de dallages en béton non armé ou armé destinés aux constructions neuves ou existantes (au sens de la NF DTU 13.3) :

- Tout local industriel tel qu'usine, atelier, entrepôt, stockage, etc. quelles que soient ses charges d'exploitation<sup>1</sup>,
- Local quel que soit sa destination, s'il est soumis à une charge d'exploitation répartie supérieure à 10 kN/m<sup>2</sup> ou concentrée supérieure à 10 kN.
- Local commercial ou assimilé, tel que magasin, boutique, hall, réserve, chambre froide, soumis à des charges d'exploitation réparties, inférieures ou égales à 10 kN/m<sup>2</sup> et concentrées inférieures ou égales à 10 kN.
- Local soumis à une charge d'exploitation inférieures ou égales à 10 kN/m<sup>2</sup> et/ou 10 kN concentrées et dont l'usage est le suivant :
  - Maisons individuelles, garages et sous-sol attenants,
  - Bâtiment à usage d'habitation de 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> famille, habitation collective ou d'hébergement,
  - Etablissement recevant du public, de 1<sup>ère</sup> à 5<sup>ème</sup> catégorie, administratif ou bureau, santé, hôpital, clinique ou dispensaire, scolaire ou universitaire, sportif, spectacles, exposition ou lieu de culte,
  - Garage ou parcs de stationnement pour véhicules légers,
  - Agricole,
  - Zones extérieures (aire de béquillage, stockage, etc.) ayant un usage autre que voirie.

Les classes d'expositions visées sont X0, XC1, XC2, XC3, XC4 & XF1 et une durée d'utilisation de 50 ans.

Les dallages visés sont des dallages désolidarisés ou solidarisés ne participant pas à la reprise ni au transfert des efforts horizontaux, ne jouant pas le rôle de diaphragme et ne participant pas à la stabilité du bâtiment sauf fonction de butonnage d'un mur enterré.

Les dallages de chambres froides au sens de l'Annexe D de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) ne sont pas visés.

---

<sup>1</sup> Des planches d'essais avec réalisation d'une couche d'usure constituée de quartz ont été réalisées (Annexe 18 - REX\_bilan Duhalde Josse – Fabrication du 05/12/2022).



## 2.2 Matériaux, produits et composants

Le béton Materrup MCC1® est composé de ciment d'argile MCC1® et de composants traditionnels.

### 2.2.1 Ciment d'argile MCC1®

#### Evaluation Technique de Produits et de Matériaux

Le Ciment d'argile MCC1® a fait l'objet d'une Évaluation Technique de Produits et de Matériaux – ETPM-22/0077 du 2 Juin 2022. Cette ETPM est disponible sur le site internet du CSTB.

#### Constitution du ciment MCC1®

Le ciment utilisé dans la formulation du béton est le Ciment d'argile MCC1®, fabriqué et fourni par le demandeur, Materrup. Il est composé d'argile crue non calcinée, d'un activateur et d'un précurseur pouzzolanique complémentaire.

Le Ciment d'argile MCC1® est un ciment qui se distingue des ciments traditionnels par sa composition, présentée dans le tableau ci-dessous (source ETPM-22/0077 -A) :

Les % indiqués sont des pourcentages massiques		Ciment d'argile MCC1®	Ciment conforme NF EN 197-1 ou EN 197-5
Constituants	Argile crue non calcinée	30 à 70%	Non couvert
	Précurseur pouzzolanique Complémentaire	10 à 30%	-
	Activateur	20 à 50%	-
	Agent de mouture spécifique	0,2 à 1,5% de la masse d'argile	Couvert en tant qu'additif organique dans l'EN197-1 (paragraphe 5.5)

### 2.2.2 Filler

Si du filler est utilisé dans la formulation du béton il devra être conforme à la norme NF EN 12620+A1.

### 2.2.3 Agrégats

Le sable utilisé dans la formulation du béton doit être conforme aux normes NF EN 12620+A1 et NF P 18-545 art. 10.

Les graviers utilisés dans la formulation du béton doivent être conformes aux normes NF EN 12620+A1 et NF P 18-545 art. 10.

Seule l'utilisation d'agrégats, ayant une absorption d'eau  $\leq 1,5$  % est autorisée.

L'utilisation d'agrégats recyclés est proscrite.

### 2.2.4 Adjuvants

Seuls les adjuvants ayant fait l'objet d'une validation de compatibilité par la R&D Materrup pourront être mis en œuvre dans le béton à base de Ciment d'argile MCC1®.

Aucun entraîneur d'air ne peut être utilisé pour la réalisation des dallages extérieurs



### 2.2.5 Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée dans la formulation du béton Materrup MCC1® devra être conforme à la norme NF EN 1008, et faire l'objet de d'analyses chimiques périodiques suivant les fréquences exigées par la norme.

**Aucun rajout d'eau sur chantier n'est autorisé.**

### 2.2.6 Produit de cure

Seuls les produits de cure ayant fait l'objet d'une validation de compatibilité par la R&D Materrup pourront être utilisés pour la cure du béton Materrup MCC1® conformément au §4.2 Cure de la face supérieure des dallages. La liste peut être communiquée sur demande auprès de Materrup.

### 2.2.7 Armatures

#### Armatures CFA

Les armatures CFA mises en œuvre dans les ouvrages en béton MCC1® - Dallage sont réalisées en usine de préfabrication d'armatures ou sur chantier, et sont obtenues à l'aide d'acier HA en couronne, de classe B500A, B500B ou B500C suivant les exigences requises par le projet et certifié NF suivant la norme NF A 35-080-1.

#### Treillis soudés

Le treillis soudé mis en œuvre dans les ouvrages en béton MCC1® - Dallage est de classe B500A, B500B ou B500C suivant les exigences requises par le projet et certifié NF suivant la norme NF A 35-080-2.

#### Inserts

Les inserts de type boîtes d'attente d'armatures, boîtiers électriques, gaines, fourreaux, décaissés, etc. peuvent être insérés à la réalisation des dallages en béton Materrup MCC1® suivant les mêmes dispositions que pour un béton traditionnel.

## 3 Disposition de conception

### 3.1 Points généraux

#### 3.1.1 Application DTU & Eurocode

Hors indications et spécifications contraires indiquées dans les paragraphes suivant de la présente ATEx de cas a, les NF DTU 13.3 P1-1-1, P1-1-2, P1-2 & P2 (décembre 2021), la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA ainsi que la NF EN 1998-1 et son Annexe nationale NF EN 1998-1/NA de décembre 2007 sont applicables pour le dimensionnement des dallages en béton non armé ou armé à base de Ciment d'argile MCC1®.

Le calcul des déformations du dallage (tassement, soulèvement en bord et en angle, etc.) devra être systématiquement réalisé suivant les hypothèses du projet, pour tenir compte du comportement du béton à base de Ciment d'argile MCC1® par rapport aux phénomènes de fluage et de retrait.

Les valeurs obtenues devront être comparées aux exigences requises dans les Document Particuliers de Marché (DPM) ou à défaut à la NF DTU 13.3.

Un abaque de différents cas de dallages (épaisseur, chargement,) où le béton Materrup est utilisable dans les mêmes conditions que le permet le DTU13.3 pour un béton à base de ciment CEM I est présenté en annexe 21. Ce document a été réalisé avec l'accompagnement du bureau d'étude « Ouest



Structures ». Se référer à cette note de calcul qui présentent toutes les hypothèses utilisées pour les justifications structurelles. Cette note de calcul a été établie en prenant en compte les caractéristiques mécaniques et physiques les plus défavorables (c'est à dire celles de la formulation C25/30-2) afin de rester dans une configuration enveloppe.

### 3.1.2 Formulation du béton

Plusieurs formulations en béton MCC1® (Cf Annexe 4) ont fait l'objet de qualifications mécaniques et physiques comme l'illustre le tableau ci-dessous :

Béton	C25/30		C30/37			C35/45	
	1	2	1	2	3	1	2
Fabrication	MATERRUP		Industriel 1	Industriel 2		MATERRUP	
Contexte	ETPM	Laboratoire interne	Planche d'essais	Dallage Soustons	Dallage Saint Geours	Laboratoire interne	
MCC1 (kg/m <sup>3</sup> )	300	300	300	330	340	350	380
Dmax (mm)	16R	16R	22C	16R	22C	22C	22R
E/C	0,55	0,48	0,40	0,50	0,51	0,45	0,38
Rc 28j (MPa)	30	32	35	36	36	39	43
Rc 90j (MPa)	32	34	39	En cours	42	43	46
Rt 28j (MPa)	3,0	-	3,2	-	3,4	-	-
E 28j (Gpa)	24,0	31,6	33,1	-	-	34,4	34,9
Retrait total 28j (µm/m)	900	610	540	730	-	590	550
Retrait total 90j (µm/m)	1000	690	620	En cours	-	710	620

Les formulations de références sont référencées ainsi :

- ~~MCC1®-C25-30-1~~ et MCC1®-C25-30-2 pour les classes de résistances C25/30
- MCC1®-C30-37-1 pour les classes de résistances C30/37
- MCC1®-C35-45-1 et -2 (pour les classes de résistances C35/45)

Les formulations de béton MCC1® devront respecter, les critères au § 5.1, c., d. & h. de la NF DTU 13.3 P1-2 (décembre 2021).

Le rapport Eeff/Leq devra respecter les critères spécifiés dans l'EN 206 en vigueur et devra faire l'objet d'une validation par le laboratoire R&D Materrup mais le rapport Eeff/C **ne devra en aucun cas être supérieur à 0,55**.

Les formulations peuvent faire l'objet d'ajustement dans leur composition (ajustement de la quantité d'eau et de ciment pour garantir ces classes de résistance, etc.), et sont soumises à validation du laboratoire R&D Materrup.

Formulation		X0	XC			
MCC1®	Dosage ciment (kg/m <sup>3</sup> )		XC1	XC2	XC3	XC4/XF1
C25/30-1 et -2	300	√	√	√	1)	√
C30/37-1	300	√	√	√	1)	√
C35/45-1	350	√	√	√	1)	√
C35/45-2	380	√	√	√	1)	√

1) La formulation du béton MCC1® est utilisable pour un ouvrage soumis à une classe d'exposition XC3 sous réserve de respecter les deux conditions suivantes :



- la formulation utilisée doit obligatoirement répondre à la classe d'exposition XC4
- et l'enrobage des armatures sera déterminé en considérant une classe d'exposition XC4

L'utilisation d'adjuvants dans le béton à base de Ciment d'argile MCC1® devra faire l'objet d'une validation de compatibilité de la part de la R&D Materrup ainsi que d'une planche d'essai avec une finition surfacée mécaniquement.

### 3.1.3 Caractéristiques mécaniques

Les classes de résistances visées et garanties vont du C25/30 au C35/45.

L'ensemble des caractéristiques mécaniques à 28 jours sont récapitulées dans le tableau ci-après.

MCC1® -	C25/30-2	C30/37-1	C35/45-1
$f_{ck}$ (MPa)	25	30	35
$f_{ck,cube}$ (MPa)	30	37	45
$f_{ctk 0,05}$ (MPa)	1,8	2,0	2,2
$E_{cm}$ (GPa)	31	33	34

### 3.1.4 Fluage

Le coefficient de fluage du béton MCC1® est déterminé à partir du coefficient d'un béton à base de ciment Portland, et doit être modulé à l'aide d'un facteur  $k_{creep}$  et déterminé à l'aide de l'expression suivante :

$$\varphi_{MCC1®}(\infty, t_0) = k_{creep} \times \varphi_{CEM}(\infty, t_0)$$

Avec :

- $k_{creep}$  : facteur de fluage béton MCC1®
- $\varphi_{CEM}(\infty, t_0)$  : coefficient de fluage pour un béton de classe de résistance équivalente C25/30 avec un ciment de classe N, dans les conditions du projet
- Le coefficient  $k_{creep}$  est défini à partir d'essai expérimentaux, dont la valeur est indiquée ci-dessous en fonction de la formulation de béton :

MCC1®-C25/30-1	
$k_{creep}$	1,5

Le coefficient  $k_{creep}$  de 1,5 considéré pour la totalité des classes de résistances visées permet une approche sécuritaire de la prise en compte du fluage lors de l'utilisation de béton MCC1®.

### 3.1.5 Retrait

La prise en compte du retrait dans les calculs doit se faire après validation de la formule béton et sur la base d'essais en laboratoire.

Il est couramment considéré que le retrait d'un CEM I est d'environ 400 µm/m.

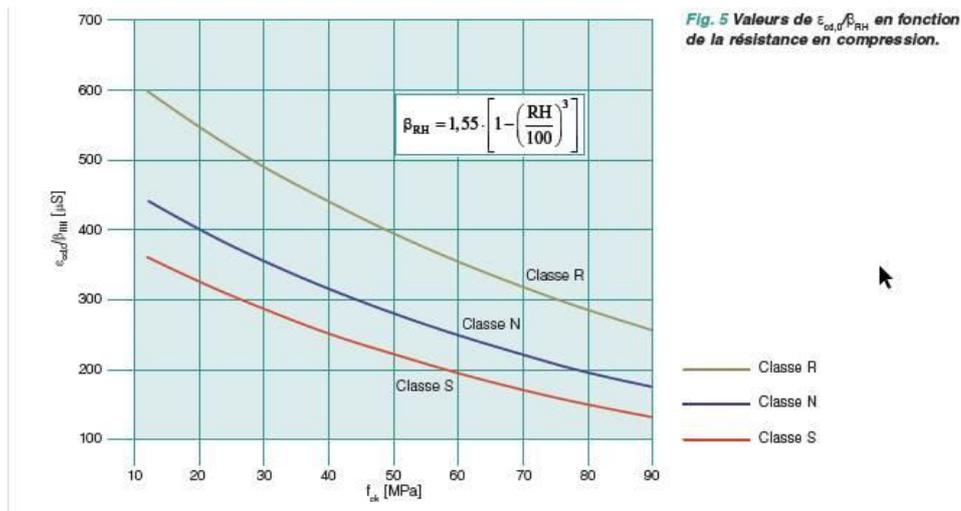
Or dans l'annexe 5, il est présenté un comparatif de différents retraits bétons fabriqués avec différents ciments Portland.



Dans cette annexe, les valeurs de **retrait de dessiccation**, calculées par Monsieur JM Paillé dans son ouvrage « Calcul des structures en béton » Guide d'application, sont plutôt de 600 µm/m pour un C25/30. Ce calcul ayant été effectué selon l'annexe B de l'EC2.

Les valeurs du tableau 3.2 de l'EC2 correspondent par ses calculs à un CEM 42.5 N (ciment de classe N).

Le graphe suivant issu de la publication de Buildwise (Cf Annexe 5) permet de situer les retraits en fonction du niveau de résistance (suivant les calculs de l'EC2) :



Ainsi le **retrait de dessiccation moyen** à 90 jours, sur la formule MCC1 C25/30-2, de 610 µm/m, peut être ainsi considéré comme du même ordre de grandeur qu'un CEM 42,5 (600 µm/m).

Le tableau ci-après récapitule le niveau de retrait des différentes formulations de références.

Formulation				Retrait (µm/m)			
MCC1®	Dosage ciment (kg/m³)	Eeff/C	Dmax (mm)	Total	Endogène	Dessiccation	Dessiccation (Buildwise 2009 Ciment de classe R)
C25/30-2	300	0,48	16	690	80	610	700
C30/37-1	300	0,40	22	620	80	540	660
C35/45-1	350	0,45	22	710	80	630	620
C35/45-2	380	0,38	22	690	80	610	580

### Retrait libre

Malgré les éléments indiqués ci-dessous, et afin d'être sécuritaire dans tous les cas de figures, le retrait libre est considéré de l'ordre de 1,5 fois plus important pour du béton à base de Ciment d'argile MCC1® que pour du béton à base de ciment CEM I tel que donné dans le DTU13.3, soit :

$$\epsilon_{cs} \text{ MCC1}^{\circledR} = 1,5 \cdot \epsilon_{cs} \text{ CEM I}$$

### Retrait linéaire

Le retrait linéaire à prendre en compte pour calculer les longueurs de soulèvement en angle et en bord est majoré et tient compte de la présence de condensation en sous face de dallage.

Le retrait linéaire du béton à base de Ciment d'argile MCC1® est pris égal à 1,5 fois le retrait linéaire du béton à base de ciment CEM I soit :  $\varepsilon_r \text{ MCC1}^\circledast = 1,5 \cdot \varepsilon_r \text{ CEM I}$

MCC1®-C25/30-2	
$\varepsilon_r \text{ MCC1}^\circledast$	1,5

### 3.1.6 Durabilité et enrobage des armatures

Les minoration liées à l'approche prescriptive proposées dans le Tableau 4.3NF de la NF EN 1992-1-1 ne sont pas applicables pour le béton à base de Ciment d'argile MCC1®, ce afin de rester sécuritaire dans tous les cas.

Les enrobages des armatures seront déterminés conformément à la Section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA, en tenant compte des conditions indiquées ci-après :

Formulation	Exigence environnementale pour $c_{min,dur}$ (mm)			
	Classe d'exposition selon Tableau 4.1			
	X0	XC1	XC2	XC3 /XC4/XF1
MCC1®-C25/30-1 et 2	10	15	25	40
MCC1® -C30/37-1	10	15	25	40
MCC1® -C35/45-1 et -2	10	15	25	40

Les enrobages  $c_{min,dur}$  indiqués dans le tableau ci-dessus correspondent à une durée d'utilisation du projet de 50 ans, et tiennent compte des minoration possibles selon les critères définis dans l'approche performancielle.

**Aucune autre minoration n'est permise pour la détermination des enrobages  $c_{min,dur}$ .**

La détermination des enrobages pour les parements irréguliers devra respecter l'article 4.4.1.3(4) de la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA.

### 3.1.7 Détermination de la longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures

La détermination et vérification de la longueur d'ancrage et de recouvrement des armatures dans le béton MCC1® seront réalisées suivant la méthode décrite dans la Section 8 Dispositions constructives relatives aux armatures de béton armé et de précontrainte – généralités de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA, ainsi que selon le § 5.6 Dispositions pour ancrages et jonctions de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale NF EN 1998-1/NA.

### 3.1.8 Vérification du cisaillement à l'interface de reprise de bétonnage

Les reprises de bétonnage sont possibles sous réserve de respecter les calculs de la norme NF EN 1992-1-1) §6.2.5 (formule 6.25), en considérant  $c=0$  (c'est-à-dire en négligeant la reprise de cisaillement par le béton).

## 3.2 Principes de dimensionnement d'un dallage en béton non armé

### 3.2.1 Généralités

Le principe de dimensionnement d'un dallage en béton non armé réalisé en béton à base de Ciment d'argile MCC1® est le même que pour un dallage en béton non armé réalisé en béton à base de ciment Portland, en prenant en compte les paramètres spécifiques intrinsèque au matériau qui sont récapitulés ci-après :

- Caractéristiques mécaniques
  - Résistance à la compression
  - Résistance à la traction
  - Module d'élasticité
- Comportement au fluage
  - Coefficient  $k_{creep} = 1,5$
  - Coefficient de fluage :  $\varphi_{MCC1®}(\infty, t_0) = k_{creep} \cdot \varphi_{CEM I}(\infty, t_0)$
- Comportement au retrait
  - Retrait linéaire  $\varepsilon_{r\ MCC1®} = 1,5 \cdot \varepsilon_{r\ CEM I}$

L'ensemble des caractéristiques mécaniques sont données dans les Tableaux du § 2.3.1 Caractéristiques mécaniques, 2.3.4 Fluage & 2.3.5 Retrait.

Compte tenu du comportement du béton à base de Ciment d'argile MCC1® par rapport aux phénomènes de fluage et de retrait, le calcul des déformations du dallage (tassement, soulèvement en bord et en angle, etc.) devra être systématiquement réalisé suivant les hypothèses du projet.

Les valeurs obtenues devront être comparées aux exigences requises dans les DPM ou à défaut à la NF DTU 13.3.

### 3.2.2 Dimensionnement suivant NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021)

Le dimensionnement d'un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1® se fera suivant la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021), et notamment l'Annexe C (normative) Evaluation des déformations et des sollicitations.

#### Déformation d'un dallage (§ C.3)

##### *Déformations d'un dallage supposé continu*

Le calcul des déformations d'un dallage supposé continu en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui d'un dallage en béton non armé à base de ciment Portland.

La vérification est réalisée suivant le § C.3.1. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1® données au § 2.3.2.1 Généralités.

##### *Déformations complémentaires liées à la présence des joints*

Le calcul des déformations complémentaires liées à la présence des joints d'un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui d'un dallage en béton non armé à base de ciment Portland.



Les vérifications sont réalisées suivant le § C.3.2. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1<sup>®</sup> données au § 2.3.2.1 Généralités.

#### Calcul des sollicitations (§ C.4)

##### *Sollicitations d'un dallage en partie courante*

Le calcul des sollicitations en partie courante d'un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> est identique à celui d'un dallage en béton non armé à base de ciment Portland.

Les vérifications sont réalisées suivant le § C.4.1. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1<sup>®</sup> données au § 2.3.2.1 Généralités.

Les effets du retrait linéaire seront pris en compte pour le dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup>.

La valeur de la fraction  $\alpha$  de la contrainte  $\sigma_r$  définie au § 6.1 de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) sera systématiquement prise égale à  $\alpha=1$ .

##### *Sollicitations liées à la présence des joints*

Le calcul des sollicitations liées à la présence des joints d'un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> est identique à celui d'un dallage en béton non armé à base de ciment Portland.

Les vérifications sont réalisées suivant le § C.4.2. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton du béton MCC1<sup>®</sup> données au § 2.3.2.1 Généralités.

#### Conjugaisons des bordures de part et d'autre des joints (§ C.5)

Les vérifications des conjugaisons des bordures de part et d'autre des joints d'un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> est identique à celui d'un dallage en béton non armé à base de ciment Portland.

Les vérifications sont réalisées suivant le § C.5 de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C et sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton du béton MCC1<sup>®</sup> données au § 2.3.2.1 Généralités.

#### Coefficients d'influence

Les coefficients d'influence du tassement sont identiques pour la réalisation d'un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> que pour un dallage en béton non armé à base de ciment Portland.

#### Méthode simplifiée pour un dallage d'une épaisseur inférieure à 150 mm

La méthode simplifiée pour un dallage d'une épaisseur inférieure à 150 mm décrite dans le § C.7 de l'Annexe C de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021) est applicable pour un dallage en béton non armé à base Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> en se référant aux annexes fournies.

### 3.2.3 Dispositions constructives

#### Interface

L'interface entre la couche de forme et/ou remblais éventuels et le dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1® peut être réalisé suivant les dispositions constructives décrites au § 5.3 de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021).

Dans le cas de la mise en œuvre d'une couche de glissement, afin de rester dans une configuration sécuritaire dans tous les cas, l'effet favorable de la couche de glissement dans le calcul des sollicitations en partie courante vis-à-vis du retrait linéaire ne sera pas pris en compte conformément au 3.2.2 Sollicitations d'un dallage en partie courante.

#### Longueurs entre joints

La longueur entre joints pour les dallages en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1® devra respecter les valeurs définies dans le § 5.6.6. Espacement entre joints de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021),

La longueur maximale entre joints ne pourra pas être majorée.

#### Armatures minimales

Les dispositions constructives d'armatures minimales à mettre en œuvre dans un dallage en béton non armé à base de Ciment d'argile MCC1® sont les suivantes :

- Ferrailage par treillis soudé général dans tout le dallage,
- Au droit des joints, il est situé dans le tiers inférieurs de la hauteur du dallage,
- La section d'armatures représente 0,06 % de la section du béton,
- Le diamètre minimal des aciers est de 6 mm et leur espacement maximal est de 20 cm.

Ces dispositions constructives permettent également d'assurer la conjugaison des panneaux adjacents dans le cas où les joints doivent être conjugués conformément au § 5.6.5 Conjugaisons des panneaux adjacents de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021).

## 3.3 Principes de dimensionnement d'un dallage en béton armé

### 3.3.1 Généralités

Le principe de dimensionnement d'un dallage en béton armé réalisé en béton à base de Ciment d'argile MCC1® est le même que pour un dallage en béton armé réalisé en béton à base de ciment Portland, en prenant en compte les paramètres spécifiques intrinsèque au matériau qui sont les suivants :

- Caractéristiques mécaniques
  - Résistance à la compression
  - Résistance à la traction
  - Module d'élasticité
- Comportement au fluage
  - Coefficient  $k_{creep} = 1,5$
  - Coefficient de fluage :  $\varphi_{MCC1®}(\infty, t_0) = k_{creep} \cdot \varphi_{CEM I}(\infty, t_0)$
- Comportement au retrait
  - Retrait linéaire  $\varepsilon_{rMCC1®} = 1,5 \cdot \varepsilon_{rCEM I}$



L'ensemble des caractéristiques mécaniques sont données dans les Tableaux du § 2.3.3 Caractéristiques mécaniques, 2.3.4 Fluage & 2.3.5 Retrait.

Compte tenu du comportement du béton à base de Ciment d'argile MCC1® par rapport aux phénomènes de fluage et de retrait, le calcul des déformations du dallage (tassement, soulèvement en bord et en angle, etc.) devra être systématiquement réalisé suivant les hypothèses du projet.

Les valeurs obtenues devront être comparées aux exigences requises dans les DPM ou à défaut à la NF DTU 13.3.

### 3.3.2 Dimensionnement suivant NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021)

Le dimensionnement d'un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1® se fera suivant la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021), et notamment l'Annexe C (normative) Evaluation des déformations et des sollicitations.

#### Déformation d'un dallage (§ C.3)

##### *Déformations d'un dallage supposé continu*

Le calcul des déformations d'un dallage supposé continu en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland.

La vérification est réalisée suivant le § C.3.1. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1® données au § 3.3.1 Généralités.

##### *Déformations complémentaires liées à la présence des joints*

Le calcul des déformations des déformations complémentaires liées à la présence des joints d'un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland.

Les vérifications sont réalisées suivant le § C.3.2. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1® données au § 3.3.1 Généralités.

#### Calcul des sollicitations (§ C.4)

##### *Sollicitations d'un dallage en partie courante*

Le calcul des sollicitations en partie courante d'un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland.

Les vérifications sont réalisées suivant le § C.4.1. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1® données au § 3.3.1 Généralités.

Les effets du retrait linéaire seront pris en compte pour le dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1®.

La valeur de la fraction  $\alpha$  de la contrainte  $\sigma_r$  définie au § 6.1 de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) sera systématiquement prise égale à  $\alpha=1$ .

##### *Sollicitations liées à la présence des joints*

Le calcul des sollicitations liées à la présence des joints d'un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland.



Les vérifications sont réalisées suivant le § C.4.2. de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1<sup>®</sup> données au § 3.3.1 Généralités.

#### Conjugaisons des bordures de part et d'autre des joints (§ C.5)

Les vérifications des conjugaisons des bordures de part et d'autre des joints d'un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> est identique à celui d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland.

Les vérifications sont réalisées suivant le § C.5 de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021), Annexe C et sous réserve de prendre en compte les valeurs des paramètres intrinsèques spécifiques du béton MCC1<sup>®</sup> données au § 2.3.3.1 Généralités.

#### Coefficients d'influence

Les coefficients d'influence du tassement sont identiques pour la réalisation d'un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> que pour un dallage en béton armé à base de ciment Portland.

#### Méthode simplifiée pour un dallage d'une épaisseur inférieure à 150 mm

La méthode simplifiée pour un dallage d'une épaisseur inférieure à 150 mm décrite dans le § C.7 de l'Annexe C de la NF DTU P13.3 P1-1-1 (décembre 2021) est applicable pour un dallage en béton non armé à base Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> en se référant à l'annexe 21.

### 3.3.3 Dispositions constructives

#### Interface

L'interface entre la couche de forme et/ou remblais éventuels et le dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> peut être réalisé suivant les dispositions constructives décrites au § 5.3 de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021).

Dans le cas de la mise en œuvre d'une couche de glissement, afin de rester dans une configuration sécuritaire dans tous les cas, l'effet favorable de cette couche de glissement dans le calcul des sollicitations en partie courante vis-à-vis du retrait linéaire ne sera pas être pris en compte conformément au § 3.2.2. Sollicitations d'un dallage en partie courante.

#### Longueurs entre joints

La longueur entre joints pour les dallages en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> devra respecter les valeurs définies dans le § 5.6.6. Espacement entre joints de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) qui renvoie vers les exigences du 2.3.3 (3) de l'Annexe Nationale à la NF EN 1992-1-1 (Mars 2016).

La longueur maximale entre joints ne pourra pas être majorée.

En complément aux dispositions décrites dans le § 5.6.6. Espacement entre joints de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) des joints sciés pourront être exécutés pour limiter les déformations et/ou sollicitations dans un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup>.

#### Armatures minimales

Les dispositions constructives d'armatures minimales à mettre en œuvre dans un dallage en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1<sup>®</sup> sont identiques à celles d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland, et devront respecter le § 5.5.2.1 Dallage en béton armé de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021).



### 3.3.4 Principes de dimensionnement d'une dalle de transition

#### Généralités

Le principe de dimensionnement d'une dalle de transition réalisée en béton à base de Ciment d'argile MCC1® est le même que pour une dalle de transition réalisée en béton à base de ciment Portland, en prenant en compte les paramètres spécifiques intrinsèque au matériau qui sont récapitulés ci-après :

- Caractéristiques mécaniques
  - Résistance à la compression
  - Résistance à la traction
  - Module d'élasticité
- Comportement au fluage
  - Coefficient  $k_{creep}=1,5$
  - Coefficient de fluage :  $\varphi_{MCC1®}(\infty, t_0) = k_{creep} \cdot \varphi_{CEM I}(\infty, t_0)$
- Comportement au retrait
  - Retrait linéaire  $\varepsilon_{rMCC1®} = 1,5 \cdot \varepsilon_{rCEM I}$

L'ensemble des caractéristiques mécaniques sont données dans les Tableaux du § 3.1.3 Caractéristiques mécaniques, 3.1.4 Fluage & 3.1.5 Retrait.

Compte tenu du comportement du béton à base de Ciment d'argile MCC1® par rapport aux phénomènes de fluage et de retrait, le calcul des déformations du dallage (tassement, soulèvement en bord et en angle, etc.) devra être systématiquement réalisé suivant les hypothèses du projet.

Les valeurs obtenues devront être comparées aux exigences requises dans les DPM ou à défaut à la NF DTU 13.3.

#### Dimensionnement suivant NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021)

Le dimensionnement d'un dallage de transition en béton à base de Ciment d'argile MCC1® se fera suivant la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021), et notamment le § 5.5 Dallage.

Les armatures à disposer dans le panneau de dallage de transition seront à calculer suivant les hypothèses du projet, sans être inférieures à la section minimale définie dans le § 5.5 Dallage de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021).

#### Dispositions constructives

##### Armatures minimales

Les dispositions constructives d'armatures minimales à mettre en œuvre dans une dalle de transition en béton à base de Ciment d'argile MCC1® sont identiques à celles d'un dallage en béton armé à base de ciment Portland, et devront respecter le § 5.5.2.1 Dallage en béton armé de la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021).

### 3.3.5 Principes de dimensionnement d'un dallage de maison individuelle

#### Généralités

Le principe de dimensionnement d'un dallage réalisé en béton à base de Ciment d'argile MCC1® est le même que pour un dallage réalisé en béton à base de ciment Portland, en prenant en compte les paramètres spécifiques intrinsèque au matériau qui sont récapitulés ci-après :

- Caractéristiques mécaniques
  - Résistance à la compression
  - Résistance à la traction
  - Module d'élasticité
- Comportement au fluage
  - Coefficient  $k_{creep} = 1,5$
  - Coefficient de fluage :  $\varphi_{MCC1®}(\infty, t_0) = k_{creep} \cdot \varphi_{CEM I}(\infty, t_0)$
- Comportement au retrait
  - Retrait linéaire  $\varepsilon_{rMCC1®} = 1,5 \cdot \varepsilon_{rCEM I}$
- L'ensemble des caractéristiques mécaniques sont données dans les Tableaux du § 3.1.3 Caractéristiques mécaniques, 3.1.4 Fluage & 3.1.5 Retrait.

#### Dimensionnement suivant NF DTU 13.3

Le dimensionnement d'un dallage de maison individuelle en béton armé à base de Ciment d'argile MCC1® sera réalisé :

- soit sur la base d'un calcul conformément à la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021) ainsi que des § 2.3.2. & § 2.3.3. du Dossier Technique établi par le demandeur,
- soit la base de la NF DTU 13.3 P1-1-2 (décembre 2021) ainsi que des dispositions décrites ci-après.

A défaut de calcul spécifiques, le dimensionnement du dallage de maison individuelle se fera sur la base des dispositions décrites ci-après.

#### Conception du dallage

##### Dallage de maisons individuelles

Conformément au § 5.1 de la NF DTU 13.3 P1-1-2 (décembre 2021), les dallages de maisons individuelles réalisés en béton à base de Ciment d'argile MCC1® doivent avoir une épaisseur minimale de 120 mm.

Les dallages réalisés en béton à base de Ciment d'argile MCC1® seront systématiquement de type dallage solidaire, avec la mise en œuvre d'une section minimale d'armatures de rives, conformément au § 3.5.2.2 Armatures.

##### Dallage de garages de véhicules légers attenants et/ou sous-sols

Conformément au § 5.1 de la NF DTU 13.3 P1-1-2 (décembre 2021), les dallages de maisons individuelles réalisés en béton à base de Ciment d'argile MCC1® doivent avoir une épaisseur minimale de 120 mm.

Les dallages des garages de véhicules légers attenants et/ou leurs sous-sols pourront être de type désolidarisé, sous réserve que le phénomène de soulèvement en bordure et en angle soit compatible



avec la destination du dallage notamment au droit des portes d'accès et devra faire l'objet d'une validation de la part de la maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre.

Par défaut, sans validation explicite de la maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre, les dallages réalisés en béton à base de Ciment d'argile MCC1® seront systématiquement de type dallage solidaire, avec la mise en œuvre d'une section minimale d'armatures de rives, conformément au § 3.5.2.2 Armatures.

#### *Armatures*

En partie courante, le dallage de maisons individuelles réalisé en béton à base de Ciment d'argile MCC1® comporte une section d'armatures équivalent à 0,4 % de la section de béton du dallage dans chaque sens du dallage.

En rive, dans le cas d'un dallage solidarisé, la section minimale d'armatures à mettre en œuvre est égale à 4,8 cm<sup>2</sup>/ml.

Les exigences d'enrobages doivent être conformes à la NF EN 1992-1-1 et sous réserve de tenir compte de la valeur de l'enrobage minimal *c<sub>min,dur</sub>* donné dans le § 2.3.1.6 Durabilité et enrobage des armatures.

#### *Joints de retrait*

Conformément au § 5.4 de la NF DTU 13.3 P1-1-2 (décembre 2021), en cas d'angle rentrant, la surface de dallage en béton à base de Ciment d'argile MCC1® doit être divisée, de façon à ne pas avoir de surface comportant un angle rentrant et/ou de ne pas avoir de surface comportant un point fixe.

#### **Dispositions constructives**

##### *Interface*

L'interface entre la couche de forme et/ou remblais éventuels et le dallage de maisons individuelles en béton à base de Ciment d'argile MCC1® sera réalisé à l'aide d'une couche de glissement.

Cette couche de glissement pourra être constituée :

- soit d'une couche de sable de 0/4 de 5 à 20 mm d'épaisseur, toutes tolérances épuisées,
- soit d'un film en polyéthylène macroperforé de 150 µm sur un isolant reposant sur une couche de sable.

#### 3.3.6 Dimensionnement des fixations

Les chevilles utilisées bénéficieront d'une Evaluation Technique Européenne (ETE) délivrée selon le Document d'Evaluation Européen (DEE) :

- 330232-01-0601 pour les chevilles mécaniques
- 330499-01-0601 pour les chevilles chimiques

Il conviendra de suivre les Recommandations Professionnelles du chevillage de 2014 d'EVOLIS (ex CISMA), conformément au § 6.5.7.1. et de réaliser des essais sur site pour valider les valeurs annoncées par le fabricant de fixations.

Le produit de scellement (hydraulique ou chimique) gardera son efficacité de scellement si son adhérence au support est suffisante. Les tests de tractions sur barre d'acier, selon la norme NF EN 1881, qualifiant le produit de scellement et non le support.

A titre informatif, des résultats de tractions directe du béton MCC1® et d'adhérences de revêtements (mortier de scellement, résine chimique) sont disponibles en annexe 12,13,17,19 et 20.



Les résultats (Valeurs de traction et facies de ruptures) montrent une adhérence des produits de scellement, sur support béton à base de Ciment d'argile MCC1® similaire à un support béton à base de ciment CEM I.

Les résultats de tractions directe (Cf Annexes 12 et 13) sur support béton à base de Ciment d'argile MCC1® sont d'environ 2 MPa.

Zone	Moyenne (MPa)	Facies de rupture
Béton MCC1®	2,0	Adhésif colle /béton
Mortier de Scellement	1,5	Adhésif mortier/béton
Résine de scellement	0,5	Adhésif résine/béton
Mortier de pose	1,2	Cohésif mortier

## 4 Disposition de mise en œuvre

### 4.1 Principe de mise en œuvre

Le coulage des ouvrages du procédé MCC1® - Dallage est identique à celui de dallage en béton à base de ciment Portland, et ne requiert pas de disposition spécifique (Cf Annexes 6 à 10 et 18).

Les conditions d'exécution du procédé MCC1® - Dallage respecteront les spécifications définies dans la NF DTU 13.3 P1-2 (décembre 2021), § 5.1, j. et la NF DTU 13.3 P1-1-1 (décembre 2021), § 7.3.2.1.1.

Pas de coulage dans le cas d'une température ambiante prévisible sur chantier inférieure à 5°C et supérieure à 30°C.

La fabrication du béton sur site est exclue

Le passage de l'hélicoptère doit être validé par la R&D Materrup et doit faire l'objet de planches d'essai en amont du chantier (Cf Annexes 18 - Fabrication du 05/12/2022).

Il est préconisé de réaliser des joints de fractionnement, de préférence au moment du coulage (sur béton frais ou moulés) ou joints sciés si cela n'est pas possible, avec une surface maximum de 25 m<sup>2</sup>.

L'ouverture des joints pouvant être plus importante, une fréquence de maintenance des joints devra être plus élevée ;

### 4.2 Cure de la face supérieure des dallages

La face supérieure des dallages doit systématiquement faire l'objet d'une cure par application d'un produit de cure.

La cure par arrosage ou pulvérisation d'eau est proscrite.

Le demandeur Materrup propose une liste de produits compatibles à la disposition des applicateurs disponible sur demande.



Le produit de cure doit être nettoyé soigneusement avant pose de tout revêtement adhérent (par collage ou scellement).

### 4.3 Tolérances d'exécution

Les tolérances d'exécution d'un dallage armé ou non armé réalisé en béton à base de Ciment d'argile MCC1® sont identiques à celles d'un dallage en béton armé ou non armé réalisé en béton à base de ciment Portland.

Sauf prescriptions particulières des DPM, les tolérances d'exécution d'un dallage réalisé en béton à base de Ciment d'argile MCC1® sont identiques à celles précisées dans la NF DTU 13.3 P1-1-1 & P1-1-2.

### 4.4 Remplissage des joints sciés

Sauf spécification contraire des DPM, les joints circlés sont obturés pour prévenir l'intrusion de corps durs. Le garnissage des joints se fera à l'aide d'un mastic souple à base de polyuréthane par exemple.

### 4.5 Revêtement de surface

#### 4.5.1 Généralités

Dans le cadre d'une application d'un revêtement de type peinture, enduits ou colle sur un support, les essais de convenances sont à la charge de l'applicateur.

A titre informatif des résultats de tractions directe du béton MCC1® et d'adhérences de revêtements (mortier de pose, mortier de ragréage, peinture) sont disponibles en annexe 12 à 17.

Les résultats (Valeurs de traction et facies de ruptures) montrent une adhérence de revêtements, sur support béton à base de Ciment d'argile MCC1® similaire à un support béton à base de ciment CEM I.

Les résultats de tractions directe (Cf Annexes 12 et 13) sur support béton à base de Ciment d'argile MCC1® sont d'environ 2 MPa.

Zone	Moyenne (MPa)	Facies de rupture
Béton MCC1®	2,0	Adhésif colle /béton
Peinture Polyuréthane	1,4	Adhésif peinture /béton
Mortier de pose	1,2	Cohésif mortier
Mortier ragréage	2,1	Adhésif mortier-béton et mortier-colle

#### 4.5.2 Cas des sols fragiles (carrelage, pierre, etc.)

La mise en œuvre des sols fragiles devra être conforme aux normes et règlements en vigueur, notamment à la NF DTU 52.1 (P61-202) : Revêtements de sol scellés.



Dans le cas de pose de sol fragile, le dimensionnement des ouvrages du procédé MCC1® – Dallage devra tenir compte de la flèche nuisible conformément aux §. Vérification de la flèche nuisible.

#### 4.5.3 Autres revêtements

##### Peinture et lasure

La mise en œuvre de revêtement de type peinture sera conforme aux NF DTU 59.1 (P74-201) : Revêtements de peinture en feuil mince, semi-épais ou épais (juin 2013) et DTU 59.3 (P74-203) : Peinture de sols (mai 1993).

L'application de revêtement de type peinture sur béton MCC1® est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland et devra faire l'objet d'essais de convenance.

##### Sols en résine de synthèse

La mise en œuvre de revêtement de type résine de synthèse sera conforme à la NF DTU 54.1 (P62-206) : Revêtements de sol coulés à base de résine de synthèse (février 2018).

L'application de revêtement de type résine de synthèse sur béton MCC1® est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland et devra faire l'objet d'essais de convenance.

##### Autre revêtement de sol

La mise en œuvre des autres types de revêtements de sol devra être conforme au DTU respectifs des produits mis en œuvre.

L'application d'un revêtement de sol sur béton MCC1® est similaire à l'application sur béton à base de ciment Portland et devra faire l'objet d'essais de convenance.

##### Revêtement d'étanchéité – anti-capillarité

Le traitement d'étanchéité au niveau des soubassements en béton MCC1® sera réalisé conformément à la NF DTU 20.1 (P10-202) : Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs (juillet 2020). Dans le cas de fixations mécaniques, les fixations devront faire l'objet d'essais de convenance conformément au § Dimensionnement des fixations.

## 5 Maintien en service du produit

### 5.1 Entretien courant

L'entretien des ouvrages en béton à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui des ouvrages en béton à base de ciment Portland.

Dans le cas d'utilisation de produit chimique, il conviendra de se rapprocher des fabricants de ces produits pour utilisation sur béton.

### 5.2 Traitement des désordres (épaufrures, éclats, etc.)

Dans le cadre d'une réparation à l'aide d'un mortier ou enduit, les essais de convenances sont à la charge de l'applicateur. Dans ce cas, un accompagnement est réalisé par la R&D Materrup.

## 6 Traitement en fin de vie

A la fin de la durée de vie du produit, les ouvrages du procédé MCC1®- Dallage pourront faire l'objet du même traitement que les éléments en béton armé avec une dépose, concassage et séparation des armatures et du béton pour réemploi après retraitement.



## 7 Assistance technique

Une assistance technique est apportée par le demandeur Materrup :

- à la maîtrise d'œuvre ou aux bureaux d'études d'exécution pour l'aide au dimensionnement des ouvrages du procédé MCC1® - Dallage,
- à la centrale de béton prêt à l'emploi pour la mise au point des formulations béton,
- à l'entreprise de gros-œuvre pour la mise en œuvre sur chantier du béton Materrup MCC1® dans le cadre du coulage des ouvrages du procédé MCC1® - Dallage.

Dans le cas de la première production de béton à base de Ciment d'argile MCC1® d'une nouvelle centrale à béton, une assistance technique est apportée par Materrup pour la mise au point des formulations, des essais initiaux de production, des planches d'essais, d'épreuves de convenance ainsi que l'analyse des résultats.

Des planches d'essais sont systématiquement réalisées avant un chantier avec la présence du producteur de béton ainsi que la R&D Materrup afin de valider la formulation.

La réalisation de planches d'essais n'est pas nécessaire pour les dallages de maisons individuelles

La R&D Materrup, effectue en complément systématiquement des contrôles sur chantier lors des premiers coulages de bétons avec un nouveau partenaire, avec rédaction d'un rapport de contrôle et retour d'expérience (cf. exemples en Annexes).

Les bons de pesées correspondant aux prélèvements peuvent être joints.

La R&D Materrup peut, si besoin, en parallèle du coulage, être présente lors de la fabrication du béton en centrale pour les 1ers camions.

Ces contrôles portent à la fois sur béton frais (slump, Mv, ...) et durci (résistances mécaniques...) sur plusieurs camions dont les premiers pour la consistance.

Un contrôle par un laboratoire extérieur peut être aussi organisé par le demandeur Materrup en complément des contrôles internes.

## 8 Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

### 8.1 Principe de fabrication

Le principe de fabrication du béton à base de Ciment d'argile MCC1® est identique à celui du béton traditionnel à base de ciment Portland.

### 8.2 Plans d'Assurance Qualité

#### 8.2.1 Plan d'Assurance Qualité de production du ciment MCC1®

Les sites de production du Ciment d'argile MCC1® disposent d'un Plan d'Assurance Qualité permettant de s'assurer de l'ensemble des contrôles des matières premières, ainsi que de la répétabilité des caractéristiques physico-chimique du ciment MCC1®.

#### 8.2.2 Plan d'Assurance Qualité de la centrale de béton

Les sites de production du béton prêt à l'emploi disposent d'un Plan d'Assurance Qualité permettant de s'assurer de la qualité des matières premières, ainsi que de la qualité du béton confectionné.



### 8.2.3 Plan d'Assurance Qualité Gros-Œuvre

Le coulage des ouvrages du procédé MCC1® - Dallage est identique à celui des ouvrages en béton traditionnel, et ne nécessite pas de contrôles additionnels autre que ceux nécessaires à la réalisation des ouvrages en béton armé.

Le Plan d'Assurance Qualité de l'entreprise de gros-œuvre devra intégrer les contrôles et leurs fréquences associés relatifs à la réalisation d'ouvrage en béton armé.

## 9 Fiche de Déclaration Environnementale et de Sécurité – FDES

Le Ciment d'argile MCC1® fait l'objet d'un inventaire de cycle de vie (ICV) disponible sur demande.

Le béton à base de Ciment d'argile MCC1® fait l'objet de Fiches de Données Environnementales et Sanitaires (FDES) en cours de vérification auprès d'un organisme vérificateur agréé et sont disponibles sur demande.

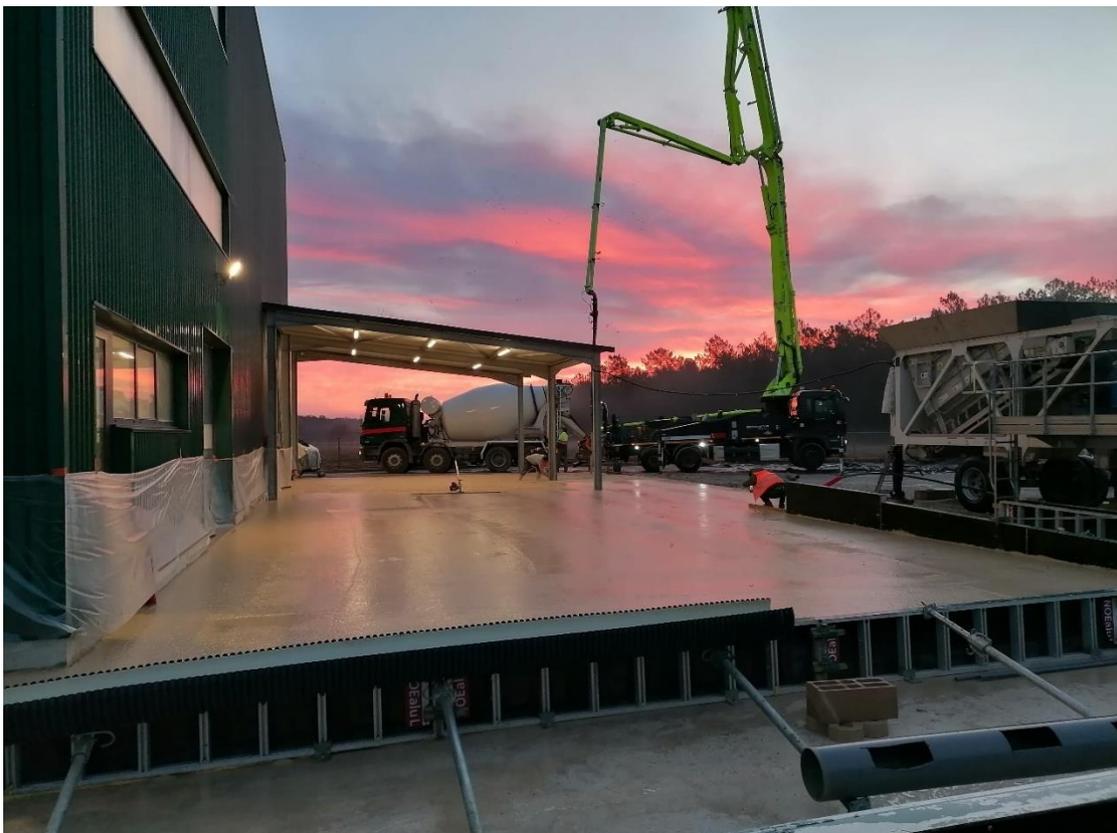
## 10 Mention des justificatifs

### 10.1 Exemples de chantiers réalisés en béton à base de MCC1®

---

Coulage Béton C30/37 - dallage extérieur - Saint Geours de Maremne (40) - 21/12/2022

---





Coulage au camion pompe de deux dalles : environ 200 et 100 m<sup>2</sup>

---

Coulage béton C30/37 -allée piétonne et béton désactivé-  
Saint Geours de Maremne (40) - 24/01/2023

---



Coulage allée piétonne d'environ 50 m de long



Coulage béton désactivé d'environ 2 x 10 m<sup>2</sup>

---

Coulage béton C30/37 - allée piétonne - Saint Vincent de Tyrosse (40) - 01/02/2023

---



Coulage de l'allée : environ 100 m de longueur



Coulage au camion pompe d’une place : environ 1000 m<sup>2</sup>

## 10.2 Résultats Expérimentaux et retours d'expériences de chantiers

Voir les 22 Annexes jointe au présent document technique. Annexes confidentielles fournies au CSTB en même temps que le présent document technique.

- Annexe 1 : ETPM-22/0077 du 2 juin 2022
- Annexe 2 : Rapport d'essai Sigma Béton n° R220803200019 - MCC1-C30/37 (référence)
- Annexe 3 : Bilan essais VICAT
- Annexe 4 : Formulations de référence
- Annexe 5 : Note d'information sur les valeurs de retraits
- Annexe 6 : REX dallage Materrup 04.05.2022 avec résultats durabilité
- Annexe 7 : REX coulage Materrup à l'usine de Saint Geours de Marenne (40)
- Annexe 8 : Rapport d'essais coulage dallage à Saint Geours de Marenne par ABC
- Annexe 9 : REX coulage aménagement d'une place à Soustons (40)
- Annexe 10 : Rapport d'essais coulage aménagement d'une place à Soustons (40) par ABC
- Annexe 11 : Rapport d'essais sismiques du CSTB : RE EEM 22-12875
- Annexe 12 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC – 1
- Annexe 13 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC – 2
- Annexe 14 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC – 3
- Annexe 15 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC – 4
- Annexe 16 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC – 5
- Annexe 17 : CR Essais d'adhérence revêtements de surface et produits de scellement-v2
- Annexe 18 : REX Bilan Duhalde Josse
- Annexe 19 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC - 6
- Annexe 20 : Rapport mesure de l'adhérence - Saint Geours de Marenne par ABC - 7
- Annexe 21 : Note de calcul et abaques Ouest structure
- Annexe 22 : Plan de contrôle qualité béton Materrup