

EVALUATION TECHNIQUE DE PRODUITS ET MATERIAUX N° ETPM-23/0086_V1 du 13.09.2023

concernant la mousse minérale « **Aircimat** »

Titulaire : VICAT
4 rue Aristide Bergès
38080 L'ISLE D'ABEAU cedex

Distributeur : VICAT
4 rue Aristide Bergès
38080 L'ISLE D'ABEAU cedex

Cette Evaluation Technique comporte 12 pages. Sa reproduction n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral sauf accord particulier du CSTB.

AVERTISSEMENT

Cette Evaluation Technique de Produits et Matériaux, du fait qu'elle ne vise qu'à déterminer des caractéristiques intrinsèques d'un produit ou d'un matériau, n'a pas de valeur d'Avis Technique au sens de l'arrêté modifié du 21 mars 2012. Elle ne dispense pas de vérifier l'aptitude du produit ou matériau à être incorporé dans un ouvrage déterminé, par consultation de documents de références de l'application considérée (NF-DTU, CPT, Avis Technique, ...).

EVALUATION TECHNIQUE

Mousse minérale Aircimat®

DEFINITION SUCCINCTE

La mousse Aircimat est une mousse minérale à base d'un coulis cimentaire et d'une mousse aqueuse.

Aircimat est utilisée en tant qu'isolant thermique. Les mousses Aircimat peuvent être utilisées comme complément d'isolation dans les éléments de maçonnerie.

Il est possible de formuler Aircimat dans une gamme de masse volumique afin de répondre au cahier des charges client.

Les caractéristiques principales sont :

- Masse volumique sèche : 55 à 150 kg/m³
- Conductivité thermique: 0,035 à 0,055 W/m.K

Pour toutes les applications, le matériau sera protégé de l'extérieur et sans renforts acier.

EVALUATION TECHNIQUE

Les propriétés de la mousse minérale Aircimat présentées ci-après résultent principalement de l'analyse de résultats d'essais réalisés en interne à Sigma Béton, du CERIB et du LNE, présentés au paragraphe 4 du Dossier Technique.

Les essais ont été réalisés sur différentes formulations Aircimat (de densité sèche différentes) à base de :

- ciment portland courant (conforme à la norme NF EN 197-1) ;
- ajout minéraux (< 15%) ;
- eau ;
- agent moussant (< 1%) ;
- et adjuvant (< 1%).

Performances thermiques

Des essais de détermination de la conductivité thermique à l'état sec, déterminés sur des éprouvettes de Aircimat, sont présentées §4.1.1 du Dossier Technique. Les essais ont été réalisés au CERIB et au LNE.

Les valeurs λ_{mes} sont comprises entre 0.043 et 0.050 W/m.K pour Aircimat (densité sèche > 100 kg/m³).

Les valeurs λ_{mes} sont comprises entre 0.035 et 0.043 W/m.K pour Aircimat (densité sèche ≤ 100 kg/m³).

Les résultats de performances thermiques ne mettent pas en évidence d'incompatibilité du Aircimat vis-à-vis de l'application visée. Il existe une bonne corrélation entre la densité et la conductivité thermique, comme l'indique la figure 1 ci-après .

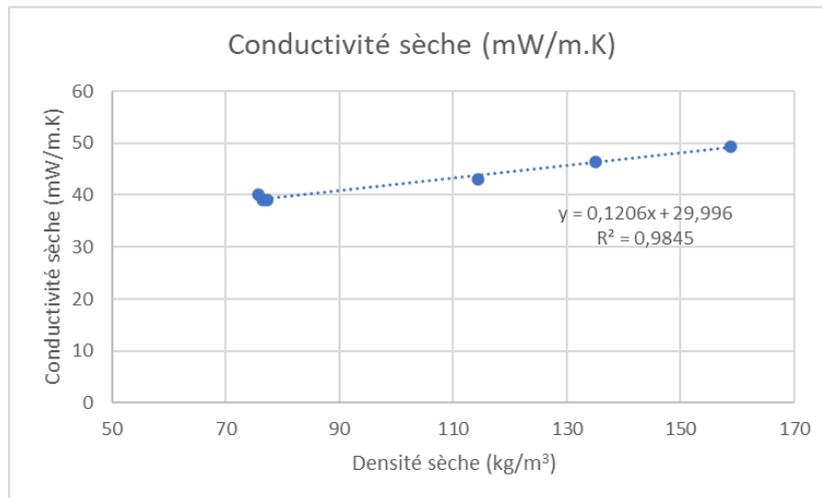


Figure 1 : Relation conductivité sèche et densité sèche

Des essais de détermination de la conductivité thermique utile à 23°C et 50%HR ont été effectués sur des éprouvettes de Aircimat par le LNE et le CERIB.

Le coefficient de passage est déterminé égal à

- $F_m = 1.043$ pour la Mousse minérale de densité sèche de 75 kg/m^3
- $F_m = 1.032$ pour la Mousse minérale de densité sèche de 130 kg/m^3

Dans le cas de commercialisation de mousses Aircimat de masse volumique autre que 75 et 130 kg/m^3 , il sera demandé de remesurer le coefficient de passage F_m ou de prendre le plus pénalisant.

Perméabilité à la vapeur d'eau

Pour la mousse minérale Aircimat,

- Pour une densité sèche de 55 à 100 kg/m^3 , la valeur moyenne de la résistance à la diffusion de vapeur S_d est de $2,9$ similaire à celui d'un béton cellulaire.
- Pour une densité sèche de 100 à 150 kg/m^3 , la valeur moyenne de la résistance à la diffusion de vapeur S_d est de $0,49$ proche de celui d'une laine minérale.

Durabilité

Comportement au gel-dégel

Pour la mousse minérale Aircimat, dont la masse volumique est $> 100 \text{ kg/m}^3$, des essais de gel-dégel ont été menés avec des mousses minérales Aircimat de densité 100 et 130 kg/m^3 sur des éléments de maçonnerie remplis dont les alvéoles ont été remplies et sur des mousses seules. Après 25 cycles de gel/dégel, l'intégrité de la mousse minérale seule est préservée. Aucune détérioration n'est constatée : pas de retrait de la mousse / maintien des mousses dans leur alvéole.

Pour la mousse minérale Aircimat, dont la masse volumique est $< 100 \text{ kg/m}^3$, des essais de gel-dégel ont été menés avec des mousses minérales Aircimat de densité 85 kg/m^3 . Aucune détérioration n'est constatée. Des essais complémentaires sur blocs en conditions usines devront être menés.

Réaction au feu

Des essais de qualification suivant la norme NF EN 13501-1 ont été menés sur la mousse minérale Aircimat, justifiant de la conformité à la qualité Euroclasse A1.

CONTROLES

La fabrication doit faire l'objet d'un contrôle portant sur la régularité de la production. Les contrôles à réaliser sont décrits au paragraphe 2.3 du Dossier Technique.

CONCLUSIONS

Appréciation globale

Le dossier technique présenté dans ce rapport a été établi dans l'hypothèse de l'utilisation de la mousse minérale Aircimat pour l'application suivante :

- Application isolante en remplissage d'éléments de maçonnerie.

Les éléments du dossier technique n'ont pas fait apparaître d'incompatibilité de nature à écarter à priori l'utilisation envisagée.

La cinétique de séchage (prise en moins de 20 h) de la mousse minérale Aircimat permet de disposer d'un matériau compatible avec des phases de préparation d'un élément de maçonnerie (manipulation, rectification, transport).

Le dossier technique ne disposant pas d'éléments permettant d'apprécier le comportement de la plage de densité basse de la mousse minérale Aircimat (densité sèche de 55 kg/m³), des éléments supplémentaires (conductivité thermique, comportement au gel) seront à présenter au besoin.

De plus, pour une densité sèche inférieure à 100 kg/m³, dans le cas d'une exigence de résistance au gel/dégel, il sera nécessaire d'apporter une justification expérimentale complémentaire ou de procéder à un emploi avec protection complète de la maçonnerie contre la pénétration de l'eau (au sens du §5.7 de la norme NF EN 771, soit avec par exemple, couche d'enduit, bardage, paroi intérieure d'un mur double, murs intérieurs).

Il est rappelé que cette évaluation n'a pas vocation à couvrir l'ensemble des critères d'aptitude à l'emploi pour chacune des applications envisagées. C'est normalement l'objet des Avis Techniques qui pourront être instruits sur la base de la présente évaluation et des éventuelles justifications complémentaires nécessaires.

Validité jusqu'au : 13/09/2028 (5 ans)

Direction Sécurité, Structures et Feu
La Directrice

Valérie GOURVES

DOSSIER TECHNIQUE ETABLI PAR LE DEMANDEUR

1. INTRODUCTION

Aircimat est un isolant thermique réalisé à base d'un coulis de ciment moussé. Le matériau se présente comme un béton moussé permettant d'atteindre différentes gammes de densité.

La présente ETPM ne traite que de l'application remplissage de matériaux de construction alvéolaires.

	Aircimat
Densité sèche	55 à 150 kg/m ³
Conductivité thermique mesurée	0,035 à 0,055 W/m.K
Applications	Remplissage bloc béton

Tableau 1 : Données Techniques

Pour toutes les applications, le matériau sera protégé de l'extérieur et sans renforts acier. C'est pourquoi, les classes d'exposition correspondant au domaine prévu sont X0, définies dans la norme NF EN 206 [1].

2. FABRICATION DU AIRCIMAT

2.1. Matières premières

Le matériau est composé de :

- Ciment portland courant (conforme à la norme NF EN 197-1 [2]) ;
- Ajouts minéraux (< 15%) ;
- Eau ;
- Agent moussant (< 1% en extrait sec) ;
- Un ou plusieurs adjuvants (< 1% en extrait sec).

2.2. Fabrication

Les mousses Aircimat sont produites par la méthode dissociée. Le processus de fabrication comporte plusieurs étapes :

- 1) Production d'un coulis cimentaire avec
 - a. Eau
 - b. Ciment
 - c. Adjuvant
- 2) Production d'une mousse aqueuse
 - a. Eau
 - b. Agent moussant
 - c. Air
- 3) Mélange coulis cimentaire / mousse aqueuse.

2.3. Contrôles Qualité

Le plan de contrôle qualité est décrit dans la procédure interne. Les contrôles sont les suivants :

- Densité humide et sèche
- Conductivité thermique sèche

Ces contrôles et leurs fréquences sont définis suivant le cadre normatif de l'application.

Le fabricant dispose d'abaques présentant la corrélation en densité humide et densité sèche.

2.3.1. Fabrication en usine

Lors de la fabrication en usine, un suivi qualité sera réalisé par Vicat et/ou le gestionnaire de l'usine.

A titre d'exemple, ce suivi pourra comporter :

- Contrôle des matières premières (liant, adjuvant)
- Contrôle de la production : masse volumique fraîche
- Contrôle produit fini : masse volumique sèche, conductivité thermique

Suivant le référentiel normatif appliqué, ces contrôles et la démarche qualité seront validés par un organisme tiers afin de valider la bonne qualité du produit.

3. DOMAINE D'EMPLOI

Aircimat est destinée aux applications isolantes.

3.1. Remplissage d'élément de maçonnerie

Aircimat est coulée dans l'élément de maçonnerie en usine. Elle a pour fonction principale d'augmenter très significativement la performance thermique de l'élément de maçonnerie. Aircimat n'est pas destinée à participer à la tenue mécanique de l'élément de construction, les masses volumiques de ces mousses étant comprises entre 55 et 150 kg/m³.

Aircimat est destiné à être utilisé dans les types de maçonnerie suivants :

- Maçonneries destinées à être enduites
- Maçonneries destinées à rester apparentes (à l'extérieur et intérieures)
- Maçonnerie de soubassement

La mousse Minérale Aircimat est produite selon la méthode dissociée (ou mousse préformée). Il n'y a donc pas de gonflement par réaction chimique.

De plus, le temps de prise de la mousse minérale Aircimat est inférieur au temps de cure des blocs avant rectification (au minimum 24h après l'introduction de la mousse). La mousse présentera donc une bonne stabilité dimensionnelle avant la rectification. Les photographies, figure 2 ci-dessous, montrent en situation la mousse dans le bloc de maçonnerie et sa bonne adhérence. La figure 3 ci-après présente la courbe température de la mousse en fonction du temps, indicative de la cinétique de prise de la mousse.



Figure 2 : exemple d'éléments de maçonnerie avec remplissage en Aircimat (à droite : vue en coupe après sciage de l'élément de maçonnerie montrant la bonne adhérence entre le noyau en Aircimat et les cloisons internes)

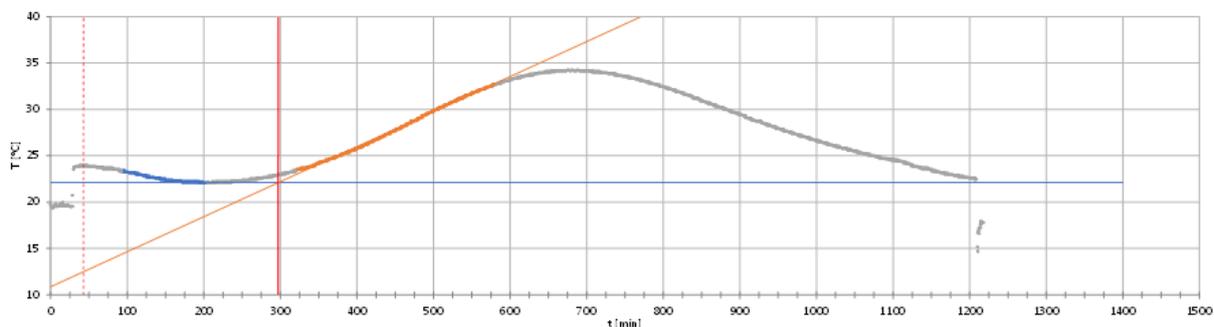


Figure 3 : Cinétique de prise de la mousse minérale Aircimat

La résistance en compression à 28 jours de la mousse Aircimat est d'environ 30 à 50 kPa pour le Aircimat de densité 70 kg/m³ et 60 à 110 kPa pour le Aircimat de densité 130 kg/m³ (données internes Vicat).

L'ensemble des caractéristiques demandant d'être évaluées pour cette application et qui ne sont pas définies dans cette ETPM seront traitées dans l'Avis Technique concerné.

4. Résultats EXPERIMENTAUX

4.1. Performances thermiques

Les essais de caractérisation de conductivité thermique sont réalisés au LNE et au CERIB. Les mesures sont réalisées suivant la norme NF EN 12667 [3].

Les essais ont été effectués principalement sur deux densités (densité sèche de 75 kg/m³ et 130 kg/m³) pour couvrir l'ensemble de la gamme 55 à 150 kg/m³.

4.1.1. Conductivité thermique à l'état sec

Masse volumique > 100 kg/m³

Les mousses sont séchées à 70°C jusqu'à masse constante. La conductivité thermique est mesurée en externe (LNE) par la méthode de la plaque chaude gardée (NF EN 12667).

Les résultats [6] sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Référence	Laboratoire	Méthode	Masse vol. (kg/m ³)	CT (W/m.K)
P180164-105	LNE	PCG	114	0,043
P180164-115	LNE	PCG	135	0,046
P180164-125	LNE	PCG	158	0,049

Tableau 2 : Mesure Conductivité Thermique sèche sur Aircimat (densité > 100 kg/m³)

Masse volumique ≤ 100 kg/m³

Les mousses sont séchées à 50°C jusqu'à masse constante. La conductivité thermique est mesurée en externe (CERIB) par la méthode de la plaque chaude gardée (NF EN 12667).

Les résultats [7] sont reportés dans le tableau:

Référence	Laboratoire	Méthode	Masse vol. (kg/m ³)	CT (W/m.K)
042245	CERIB	PCG	76,5	0,039
042244	CERIB	PCG	77,2	0,039
042249	CERIB	PCG	75,8	0,040

Tableau 3 : Mesure Conductivité Thermique sèche sur Aircimat (densité < 100 kg/m³)

4.1.2. Conductivité thermique mesurée à 23°C 50%RH

Masse volumique > 100 kg/m³

Après séchage à 70 °C, mousses sont stabilisées à 23°C / 50%HR jusqu'à masse constante. La conductivité thermique est mesurée en externe par le LNE [06] par la méthode de la plaque chaude gardée (NF EN 12667).

Le coefficient de passage lié à l'humidité est égal à $F_m=1.043$.

Masse volumique < 100 kg/m³

Après séchage à 50 °C, mousses sont stabilisées à 23°C / 50%HR jusqu'à masse constante. La conductivité thermique est mesurée en externe par le CERIB [07] [15] [16] par la méthode de la plaque chaude gardée (NF EN 12667).

Le coefficient de passage lié à l'humidité est égal à $F_m= 1.032$

4.2. « Durabilité »

Afin de s'assurer de la durabilité du matériau, différents essais généraux ont été conduit au CERIB.

4.2.1. Comportement au gel-dégel

Des essais de durabilité ont été menés sur des mousses Aircimat de différente masse volumiques. Les essais ont été menés sur mousse seule et sur bloc remplis de mousse.

Masse volumique = 130 kg/m³

Une série de 4 éprouvettes 10x10x40 cm de mousse a été confectionnée. Après 28 jours de cure, elles ont subi un essai de gel / dégel (gel dans l'air, dégel dans l'eau) selon la norme NF EN 771-3+A1/CN. Les essais ont été réalisés par le CERIB [10] sur des échantillons de densité 130 kg/m³. Les éprouvettes présentent une légère perte de matière au niveau des angles de l'éprouvette, pas de fissures apparentes. L'échantillon n'est pas rompu et ne présente pas d'épaufrure

Une série de 4 blocs remplis de mousse a été confectionnée. Après 28 jours de cure, elles ont subi un essai de gel / dégel (gel dans l'air, dégel dans l'eau) selon la norme NF EN 771-3+A1/CN. Les essais ont été réalisés par le CERIB [10] sur des échantillons de densité 130 kg/m³. Aucune altération n'a été observée.

Masse volumique = 100 kg/m³

Une série de 6 éprouvettes de mousse a été confectionnée. Après 28 jours de cure, elles ont subi un essai de gel / dégel (gel dans l'air, dégel dans l'air). Les essais ont été réalisés par le CERIB [11] sur des échantillons de densité 105 kg/m³. Les éprouvettes ne présentent aucune détérioration.

Une série de 3 blocs a été confectionnée. Après 28 jours de cure, elles ont subi un essai de gel / dégel (gel dans l'air, dégel dans l'air). Les essais ont été réalisés par le CERIB [11] sur des échantillons de densité 105 kg/m³. Aucune détérioration n'est constatée : pas de retrait de la mousse / maintien des mousses dans leur alvéole

Masse volumique = 85 kg/m³

Une série de 6 éprouvettes de mousse a été confectionnée. Après 28 jours de cure, elles ont subi un essai de gel / dégel (gel dans l'air, dégel dans l'air). Les essais ont été réalisés par le CERIB [12] sur des échantillons de densité 85 kg/m³. Les éprouvettes ne présentent aucune détérioration.

Dans le cas des mousses dont la masse volumique est inférieure à 100kg/m³, des essais complémentaire sur blocs dans des conditions de confection « usine » devront être menés.

4.3. Propriétés hygroscopiques du matériau

4.3.1. Perméabilité à la vapeur

Masse volumique > 100 kg/m³

Des essais de perméance à la vapeur d'eau selon la norme NF EN ISO 12572 – Condition C ont été réalisés au CERIB [9]. Les résultats (valeur moyenne sur 5 résultats) sont :

- $\mu = 7,32$
- $S_d (m) = 0,49$
- Water Vapor Transmission ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$) = 1,76

Masse volumique < 100 kg/m³

Des essais de perméance à la vapeur d'eau selon la norme NF EN ISO 12572 – Condition C ont été réalisés au CERIB [8]. Les résultats (valeur moyenne sur 4 résultats) sont :

- $\mu = 71,1$
- $S_d (m) = 3,5$
- Water Vapor Transmission ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$) = 0,005

4.3.2. Comportement Hygroscopique

Masse volumique > 100 kg/m³

Des essais de sorption-désorption selon la norme NF EN ISO 12571 ont été effectués au CERIB [14]. Les courbes de sorption/désorption sont reportées ci-dessous. La densité sèche de l'échantillon caractérisé est de 130 kg/m³.

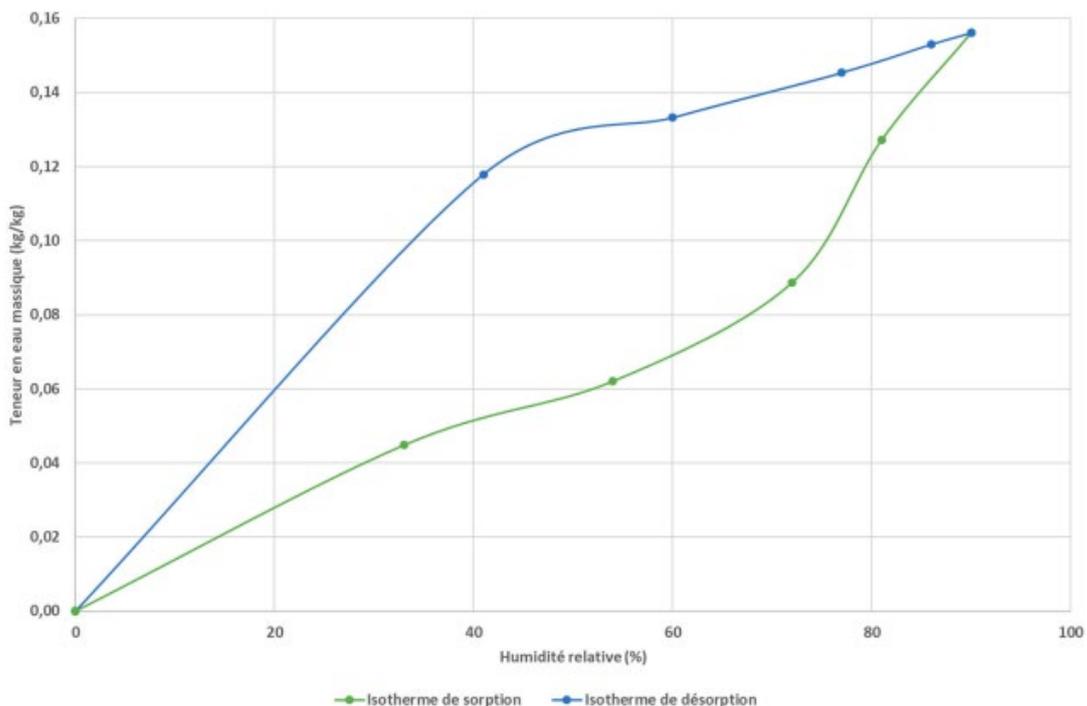


Figure 4 : Courbe de sorption-désorption sur Aircimat (Densité sèche > 100 kg/m³)

Masse volumique < 100 kg/m³

Des essais de sorption-désorption selon la norme NF EN ISO 12571 ont été effectués au CERIB [13]. Les courbes de sorption/désorption sont reportées ci-dessous. La densité sèche de l'échantillon caractérisé est de 75 kg/m³.

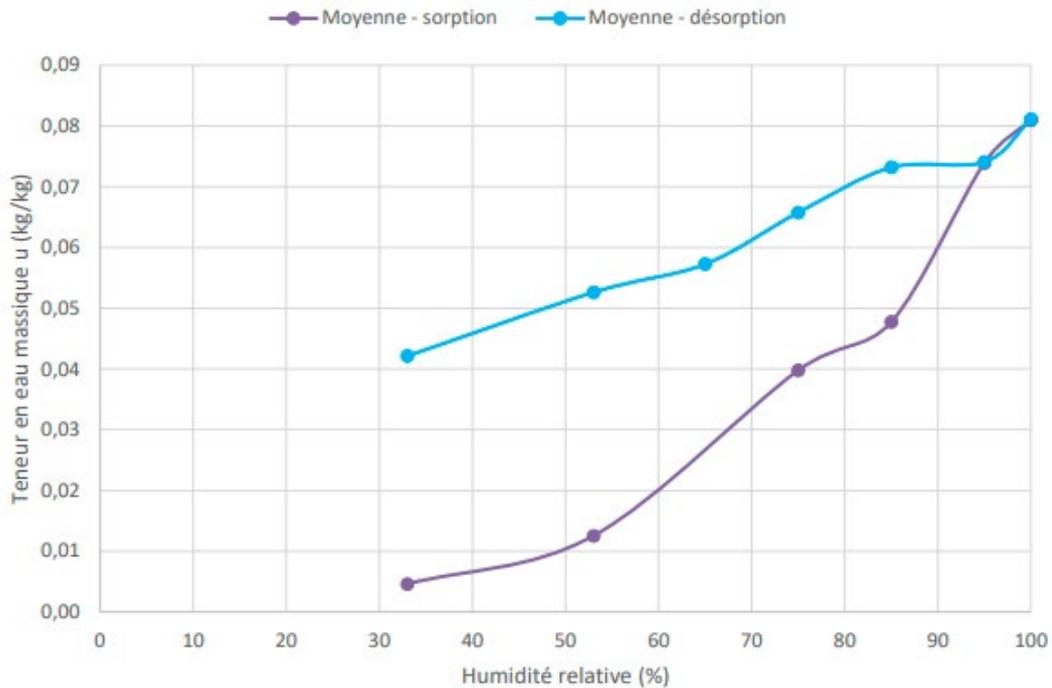


Figure 5 : Courbe de sorption-désorption sur Aircimat (Densité sèche < 100 kg/m³)

4.4. Réaction au feu

Masse volumique > 100 kg/m³

Des essais de qualification suivant la norme EN 13501-1 ont été réalisés au LNE [5]. Le produit est conforme à la qualité Euroclasse A1.

Masse volumique < 100 kg/m³

Des essais de qualification suivant la norme EN 13501-1 ont été réalisés au LNE[4]. Le produit est conforme à la qualité Euroclasse A1.

5. CHANTIERS DE REFERENCE

Les chantiers listés ci-après sont les chantiers « tests », qui ont servi à la phase de validation industrielle du matériau Aircimat :

- Unité de production pour la production de bloc technibémo : Aircimat 130B
- Retour Chantier de mise en œuvre de maçonnerie avec Aircimat : [17]

Chantier	Entreprise de bâtiment	Type de bloc	Type de bâtiment
R Cortannes - Laissaud (73)	DMC Maçonnerie	Technibémo Aircimat 130B	Maison Individuelle
C. Vernet - Coise (73)	Pochat et fils	Technibémo Aircimat 130B	Maison Individuelle

6. REFERENCES bibliographiques

- [1] NF EN 206+A2 (mars 2021), Béton – Spécification, performances, production et conformité
- [2] NF EN 197-1 (avril 2012), Ciment – Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants
- [3] NF EN 12667 (Juillet 2001), Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment – Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique – Produits de haute et moyenne résistance thermique
- [4] LNE, 2021, P212803 DEC3, Classement de la réaction au feu conformément à la NF EN 13501-1:2018 (Aircimat 70)
- [5] LNE, 2019, P190016 DE3, Classement de la réaction au feu conformément à la NF EN 13501-1+A1:2013 (Aircimat 130)
- [6] LNE, 2018, P180164 DE1, Mesure de la résistance thermique (Aircimat 130)
- [7] CERIB, 2023, rapports 042244-A, 042245-A et 042249-A, Mesure de la conductivité thermique sèche à la plaque chaude gardée (Aircimat 70)
- [8] CERIB, 2022, rapport 028666-B, Essai de perméance à la vapeur d'eau selon la norme NF EN ISO 12572- Ambiance C de la conductivité thermique sèche à la plaque chaude gardée (Aircimat 130)
- [9] CERIB, 2020, rapport 021775, Essai de perméance à la vapeur d'eau selon la norme NF EN ISO 12572- Ambiance C de la conductivité thermique sèche à la plaque chaude gardée (Aircimat 70)
- [10] CERIB, 2019, rapport n°021350, Essai de gel/dégel sur blocs de mousse ciment par analogie à la norme NF EN 771-3+A/CN et NF EN 491 (Aircimat 130)
- [11] CERIB, 2023, rapport n°042301-1, Essai de gel/dégel sur blocs de mousse ciment par analogie à la norme NF EN 771-3+A/CN et NF EN 491 (Aircimat 100)
- [12] CERIB, 2023, rapport n°043621-A, Identification des performances au gel d'une mousse cimentaire pour éléments de maçonnerie (Aircimat 70)
- [13] CERIB, 2022, rapport 030936, Essai de sorption/désorption selon la norme NF EN ISO 12571 (Aircimat 70)
- [14] CERIB, 2019, rapport 020440, Essai de sorption/désorption selon la norme NF EN ISO 12571 (Aircimat 130)
- [15] CERIB, 2022, rapport 042251-A, 042251-1, Mesure de la conductivité thermique à la plaque chaude gardée après une stabilisation hydrique dans le cadre d'une évaluation (Aircimat 70)
- [16] CERIB, 2022, Lettre FM n°043801-1, Détermination du coefficient de passage Fm (Aircimat 70)
- [17] Vicat, Références antérieures fournies par le demandeur (Octobre 2023)