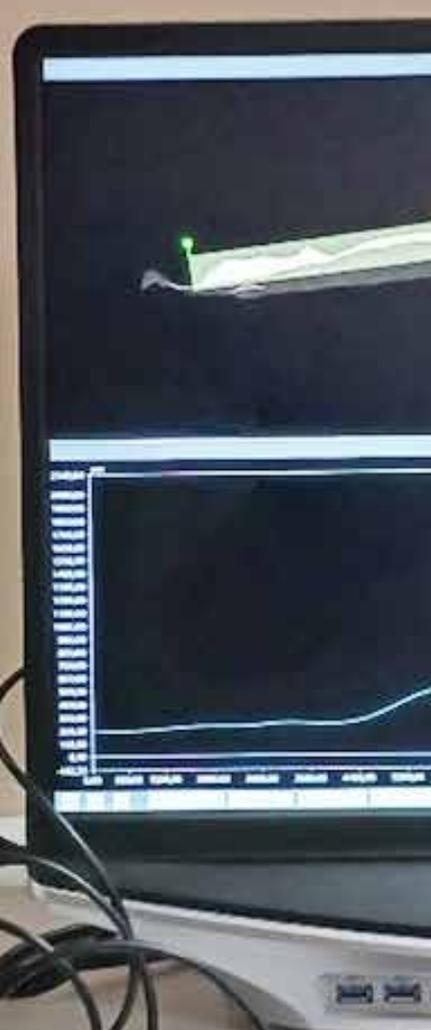


SOMMAIRE

ÉDITORIAL DES PRÉSIDENTS	5
LE CTMNC EN QUELQUES MOTS	6
▪ 60 ans de recherche et d'innovation dans le domaine de la construction	6
ACTUALITÉS	7
▪ Un Contrat d'Objectifs et de Performance pour 2024 - 2027	7
▪ Un nouveau site Web pour le CTMNC	8
▪ Visite de la DGALN au CTMNC, le 19 avril 2023	9
▪ « Les Matériaux Minéraux dans nos vies – Construction et aménagement durables dans les territoires » : une conférence au Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires	10
▪ Inauguration des nouveaux laboratoires de R&D du CTMNC à Limoges	11
COMPTES 2023	13
PRINCIPAUX RÉSULTATS	14
TUILES	
▪ Avancées du projet européen LIFE SUPERHERO	14
▪ Un nouveau guide pour la mise en œuvre des tuiles de terre cuite en climat de montagne	15
BRIQUES DE STRUCTURE	
▪ Future Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) portant sur des murs en briques à bancher de terre cuite	16
▪ RE2020 : une FDES collective pour les linteaux et les chaînages horizontaux de terre cuite	17
▪ Révision du référentiel NF 554 : détermination et suivi des performances mécaniques des maçonneries de terre cuite montées à joint mince	18
▪ Tenue des enduits appliqués sur des supports en briques de terre cuite présentant d'éventuelles fissures préexistantes	20
PAREMENTS DE TERRE CUITE	
▪ Projet WoodStone : passage à une phase opérationnelle	22
▪ Conception et dimensionnement des maçonneries décoratives du type moucharabiehs	23
BÂTIMENTS EN PIERRE NATURELLE	
▪ Publication d'un guide de préconisations contre l'incendie concernant le revêtement mural en pierre mince attachée (NF DTU 55.2)	24
▪ Lancement d'un GT Maçonnerie visant à produire un guide de référence pour la filière de la pierre naturelle	25
▪ Révision du NF DTU 45.4	25
▪ Lancement de travaux visant le développement de solutions constructives bas carbone mixtes (pierre naturelle – bois)	26
MARBRERIE	
▪ Décoration intérieure en pierre naturelle : un guide de conception et de mise en œuvre des plans horizontaux	27
▪ Publication du guide sur les gravures de monuments funéraires et cinéraires en pierre naturelle	27
VOIRIE EN PIERRE NATURELLE	
▪ Premiers résultats des essais de glissance après usure de produits en pierre naturelle	28
▪ Participation du CTMNC au Groupe de Travail Revêtements et Lumière de l'IDRRIM	29
TERRE CRUE	
▪ Thèse CIFRE « Stabilisation des briques de terre crue extrudées »	30
▪ Lancement du projet ADEME B2M (Brique - Mortier - Maçonnerie)	31



DÉVELOPPEMENT DURABLE	
■ Travaux sur la mise à jour du BREF « Céramiques »	32
■ Sobriété hydrique et gestion de l'eau dans l'industrie de la terre cuite	32
■ Publication du Livre Blanc de Construction21 « Réemployer les matériaux de construction : de l'expérimentation à la massification »	33
■ Un article scientifique sur la pertinence de la pierre de taille dans les stratégies de décarbonation du bâtiment	34
■ Vers un configurateur de FDES collectives pour les produits de construction en pierre naturelle	35
■ La Calculette Carbone au service des producteurs de pierre naturelle	36
■ Valorisation des coproduits issus de carrières : l'exemple du projet CLIMAXION	37
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	
■ Projet HyDéTOP : premières cuissons de produits de terre cuite avec l'intégration d'hydrogène comme combustible	39
■ État de l'art sur le captage du CO ₂ dans l'industrie de la terre cuite	40
■ Captage et stockage du CO ₂ atmosphérique par carbonatation des produits de terre cuite	41
■ Développement de solutions préventives contre le verdissement des produits de terre cuite : publication d'un brevet européen	43
■ Save the Date 2025 : un symposium sur la cuisson à l'hydrogène des produits de terre cuite	44
■ Exposition aux poussières minérales : le point sur la thèse en cours	45
■ Soutenance de la thèse sur la résistance au feu des murs de maçonnerie en pierre naturelle	46
■ Avancement du projet ANR POSTFIRE sur la stabilité et la préservation des bâtiments du patrimoine culturel en maçonnerie de pierre après incendie	47
■ Projet National DOLMEN - Développement d'Outils et de Logiciels pour la Maçonnerie Existante et Neuve : les actions menées par le CTMNC	49
■ Projet National ISSU - Innovations et Solutions pour lutter contre la Surchauffe Urbaine	50
BIM	
■ BIM et pierre naturelle	51
QUALITÉ	
■ COFRAC : le CTMNC a participé à la phase pilote du projet OMEGA	52
■ La dématérialisation au CTMNC : un projet de grande envergure qui voit le jour	53
VEILLE - COMMUNICATION	
■ Une succession de Tables Rondes mettant à l'honneur la pérennité des tuiles et des briques dans la construction	54
■ Le laboratoire R&D du CTMNC à Limoges accueille le séminaire annuel de l'Institut Carnot MECD	55
■ Parution de « Blog de pierre » n°23	55
■ Interventions ROC aux JNM 2023	56
■ Retour sur la Journée technique « Quels liants pour la pierre naturelle ? »	57
■ Quinzième Journée technique ROC du CTMNC	58
■ Le CTMNC au salon Funéraire Paris 2023	58
■ Rocalia, le salon de référence de la pierre naturelle en France, édition 2023	59
NORMALISATION	
■ Révision du RPC : une année de négociations et un accord entre les colégislateurs européens	60
■ Révision de l'Eurocode 6 et de l'Eurocode 8	61
■ Révision de l'Eurocode 6 : une campagne d'essais sur murs de maçonnerie soumis à des charges verticales excentrées	62
■ Normalisation européenne des plaquettes de terre cuite	63
■ Pierre naturelle : actualités de la normalisation	64
FORMATION	
■ Mise en place de formations thématiques sur la pierre naturelle	65
LISTE DES MEMBRES	67



ÉDITORIAL DES PRÉSIDENTS



Frédéric DIDIER
Président



Emeric de KERVENOËL
Vice-Président

Nous sommes fiers de vous présenter la synthèse de l'activité du CTMNC pour 2023, une année riche en R&D et en communication !

L'année 2023 marque un net virage dans la communication du CTMNC avec la mise en ligne d'un nouveau site Web, plus moderne et plus facile d'utilisation, ainsi que la réactivation du compte LinkedIn en début d'année. Le nombre d'abonnés a déjà considérablement progressé, comme le nombre de vues. Notons également l'investissement important des équipes du Centre dans de nombreuses manifestations ou salons (Rocalia 2023, et Funéraire Paris 2023) et l'organisation d'une conférence sur « Les Produits Minéraux dans nos vies », réalisée sous l'égide et au sein du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, dans son grand amphithéâtre. Cette manifestation a réuni 200 participants, sur place et en webinaire.

Vous lirez également dans ce rapport d'activités les synthèses des principaux résultats obtenus en 2023 pour les deux départements : Tuiles et briques, et Pierre naturelle.

On y découvre la rédaction et la publication de Règles Professionnelles, de FDES collectives et individuelles, de configurateurs, de nombreux guides techniques, mais aussi la réalisation de formations, et le suivi de multiples travaux règlementaires et normatifs, tels que la révision du BREF « Céramiques », et les plans de sobriété hydrique. Le CTMNC participe également à de grands Projets Nationaux, comme le PN DOLMEN, le PN Terre crue, ou le PN ISSU. Dans le domaine de la normalisation, le Centre a contribué, avec d'autres acteurs, à une vaste étude visant à défendre les modes de mise en œuvre nationaux, mis à mal par la révision de l'Eurocode 6 : ces travaux sont essentiels pour éviter aux acteurs de la maçonnerie français d'être pénalisés.

Citons également des projets de R&D, structurants pour nos filières et axés sur la décarbonation : HyDÉTOP ou RecyCarb. La thèse de doctorat sur le comportement au feu des maçonneries de pierres naturelles a été brillamment soutenue, tandis que démarre une nouvelle thèse sur le thème des poussières sans effets spécifiques.

L'équipe du CTMNC à Limoges a accueilli le séminaire annuel de l'association MECD dans ses nouveaux locaux, qui fut riche en échanges entre chercheurs de cet Institut Carnot, sur les thématiques de la construction durable et de l'économie circulaire.

Soulignons, une fois encore, la richesse des travaux et l'engagement sans faille de collaborateurs motivés et dynamiques.

LE CTMNC EN QUELQUES MOTS

60 ans de recherche et d'innovation dans le domaine de la construction

Le CTMNC est un Centre Technique Industriel (CTI) qui œuvre pour la promotion de techniques innovantes et le développement de la qualité des matériaux de construction de ses deux filières : la terre cuite et la pierre naturelle. Il fait partie du Réseau des Centres Techniques industriels (RCTI) et de l'Institut Carnot MECD (Matériaux & Équipements pour la Construction Durable).



Terre et Pierre
Expertise et Innovation

Deux étapes historiques :

1957 : création du Centre Technique des Tuiles et Briques (CTTB), à l'initiative des industriels de la terre cuite. En 50 ans, le CTTB a acquis une réputation européenne dans son domaine, grâce à une palette de services étendue et un partenariat de proximité avec son secteur.

2007 : le CTTB devient le CTMNC (Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction) suite à la création d'un département Pierre Naturelle ou ROC (Roches Ornementales et de Construction), qui partage avec le département Terre Cuite des moyens communs. C'est aussi l'année de la création de l'antenne de Limoges au sein de la technopole Ester.

Statut juridique :

Un statut juridique de CTI (Centre Technique Industriel) qui vient d'un arrêté ministériel du 31 décembre 1957, cadré par la loi n° 48-1228 du 23 juillet 1948 ; les dispositions de cette loi ont depuis été intégrées au Code de la recherche, selon les articles L 521-1 à L521-13 de l'ordonnance n° 2014-135 du 17 février 2014.

Un pôle d'expertise technique reconnu :

Le CTMNC œuvre pour et avec les professions Terre Cuite et Pierre Naturelle. C'est une véritable interaction continue qui s'exerce au sein :

- des Commissions terre cuite (organisées par la Fédération Française des Tuiles et Briques),
- des Groupes de travail dédiés,
- de grandes manifestations professionnelles (salons, congrès et conférences scientifiques).

Cette relation étroite avec les professionnels permet au CTMNC d'adapter sans cesse ses axes de recherche.

Gouvernance et budget :

Les activités du CTMNC sont pilotées par un Conseil d'Administration (CA) composé d'un collège de chefs d'entreprises, de personnalités qualifiées, et de représentants des salariés. Le Commissaire du Gouvernement et le Contrôleur général économique et financier ont droit de veto au CA. Le CTMNC est sous la tutelle du Ministère de l'Économie et des Finances.

Le Conseil d'Administration est conseillé par deux Comités Techniques et Scientifiques (CTS), responsables de l'évaluation de la qualité scientifique des travaux du CTMNC, du choix des grandes orientations techniques à moyen et long terme, et des arbitrages budgétaires en matière de Recherche & Développement.

Le CTMNC rend compte de ses résultats, pour son activité terre cuite, auprès de différentes Commissions techniques de la profession (Commissions Tuiles terre cuite, Briques de structure, Briques apparentes de terre cuite, Environnement...).

Son activité institutionnelle, importante, permet au CTMNC d'accomplir les différentes missions qui relèvent de son statut juridique de CTI.

Le budget du Centre provient pour 2/3 de Taxes Fiscales Affectées (TFA) et pour 1/3 de prestations commerciales (essais sur produits et ouvrages, expertises, formation, etc.).

Un Contrat d'Objectifs et de Performance pour 2024-2027

Construire l'avenir avec un nouveau Contrat d'Objectifs et de Performance au CTMNC.

Le Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction façonne son avenir à travers un Contrat d'Objectifs et de Performance (COP) pour la période 2024-2027 : il démontre ainsi son engagement pour l'excellence et l'innovation dans le domaine des matériaux de la construction durable en terre cuite, et en pierre naturelle, au profit de ses filières industrielles, et en accord avec les politiques publiques.

Le COP est bien plus qu'un simple document administratif ; **il constitue la Feuille de route stratégique du CTMNC** pour ces quatre prochaines années. Au cœur de cette démarche se trouve la volonté de positionner le Centre comme leader dans la recherche, le développement et la promotion des matériaux naturels de construction.

L'objectif premier du contrat est de **stimuler l'innovation**. Ainsi, en favorisant la recherche et le développement de matériaux toujours plus durables, le CTMNC entend contribuer activement à :

- La transition écologique et énergétique
- L'adaptation des ouvrages de construction aux conséquences du changement climatique
- La transformation numérique et l'industrie du futur
- La souveraineté industrielle, notamment au travers de la normalisation européenne et internationale.

La performance, quant à elle, sera évaluée à travers une série d'indicateurs clés, tels que le taux de réussite des projets de recherche, la collaboration avec l'industrie et la recherche académique, la diffusion des connaissances à travers des publications et des événements, et le taux d'accompagnement des entreprises. Ces critères permettront de mesurer l'impact réel du CTMNC pour ses deux filières.

La période 2024-2027 sera caractérisée par une volonté de renforcer les partenariats et la collaboration. Le CTMNC s'engage à intensifier ses liens avec les entreprises du secteur, les institutions académiques et les Comités Stratégiques de Filières du Conseil National de l'Industrie. Ces alliances favoriseront un échange continu de connaissances, stimuleront et renforceront la position du Centre en tant que catalyseur de l'innovation ; dans ce cadre, on trouve notamment l'Institut Carnot MECD⁽¹⁾ et l'Alliance ALLICE⁽²⁾.



Ainsi, avec son nouveau COP, le CTMNC mise sur l'innovation, la performance et la collaboration comme réponses aux grands enjeux rencontrés par ses deux filières industrielles, celle des Tuiles et Briques, et celle des Roches Ornementales et de Construction.

(1) MECD : Matériaux et Equipements pour la Construction Durable, dont le CTMNC est l'un de membres fondateurs.

(2) ALLICE : ALLiance Industrielle pour la Compétitivité et l'Efficacité énergétique.

Un nouveau site Web pour le CTMNC

Les travaux de création du nouveau site www.ctmnc.fr ont abouti fin 2023. Ce dernier a été conçu pour valoriser les actions institutionnelles, les prestations commerciales, et les actualités du CTMNC, sous une forme actuelle et esthétique, et pour y faciliter la recherche d'information. Son contenu a également été remanié et enrichi, selon une approche des besoins techniques des utilisateurs.



Aperçu de la page d'accueil du nouveau site Web www.ctmnc.fr

En novembre 2023, le projet du nouveau site Web du CTMNC s'est achevé, après de longs mois consacrés à concevoir son contenu, son design, et l'articulation de ses pages au sein du menu et de l'arborescence générale, mais aussi à rédiger de nombreux nouveaux textes. « Mobile responsive », il a été réalisé sous le logiciel Wordpress, dans l'objectif de disposer d'un site entièrement personnalisable, et évolutif dans le temps, selon les axes de travail et les actions de communication du Centre technique.

Le CTMNC a souhaité affirmer d'emblée, en page d'accueil, son positionnement et son principal atout à travers une phrase signature : « **Plus de 60 ans d'expertises et d'innovations techniques dans les matériaux naturels et géosourcés** ». Ces arguments sont justifiés au fil des pages du site Web :

- Son expérience sectorielle est abordée, notamment, à la page CTMNC « Histoire du CTMNC », tandis que les expertises de ses équipes sont évoquées aux pages CTMNC « Nous connaître » et « Nous rejoindre », mais aussi sur toutes les pages de présentation des activités et des offres.
- Des exemples d'innovations techniques et scientifiques, auxquelles le CTMNC a contribué, sont citées aux pages Vos besoins « Concevoir Expérimenter Innover », Tuiles et briques « R&D - Transfert technologique » et « Diffusion des

connaissances », et Pierre naturelle « Diffusion des connaissances ».

- Les matériaux naturels et géosourcés sont grandement présentés par le biais des matières premières, des produits, de leurs mises en œuvre dans les domaines du bâtiment, de la voirie, de la décoration ou du funéraire-cinéraire. Les pages Tuiles et briques « Découvrir la terre cuite », « Découvrir la terre crue », « Découvrir l'argile », comme la page Pierre naturelle « Découvrir le « matériau » pierres naturelles », ont été spécialement créées à cette fin.

Les plus marquantes nouveautés, liées au contenu du site, sont :

- La rubrique Vos besoins, avec ses cinq pages spécifiques (accessibles également en page d'accueil), qui correspondent aux besoins techniques et scientifiques attendus de la part des interlocuteurs du CTMNC ;
- Des pages entièrement dédiées à la présentation détaillée des offres d'essais du CTMNC, ainsi que des expertises de ses ingénieurs et chercheurs : pages Terre cuite « Essais par types de produits », « Analyses physico-chimiques sur tessons et produits » et « Essais et modélisations sur ouvrages », page Terre crue « Vos besoins techniques », et pages Pierre naturelle « Essais - Expertises pour la pierre »,

ACTUALITÉS

« Laboratoire d'essais sur pierres naturelles », « ADN de la pierre » et « Études - Expertises » ;

- Des pages consacrées à la qualité des produits et des process industriels de la terre cuite : « Qualité - Marques - Certifications » et « Contrôle des équipements » ;
- Pour chacune des deux filières, des pages plus détaillées qu'auparavant abordant, d'une part, la normalisation et la réglementation et, d'autre part, le Développement durable et l'économie circulaire.

Les formations et les Journées d'études proposées par des experts ou des partenaires du CTMNC (stages de formation continue, CQP des Tuiles & Briques, Journées Techniques ROC, Journées Voirie en pierre naturelle, Journées Environnement et terre cuite...) sont, bien évidemment, toujours présentées.

Le nouveau site Web du CTMNC demeure une plateforme de diffusion des connaissances et de l'actualité sectorielle :

- Les pages Terre cuite « Diffusion des connaissances », Terre crue « Découvrir la terre crue », et Pierre naturelle « Tous les documents à télécharger », permettent toujours d'accéder librement aux publications techniques et scientifiques, tandis que l'on retrouve l'ensemble des Rapports d'activités sur la page CTMNC « Publications institutionnelles ».
- La page Actualités présente désormais autant l'agenda des manifestations liées au CTMNC, que les nouveautés du site, les interventions de ses experts dans la presse, sa communication sur LinkedIn, ainsi que tous les événements d'actualité, classés par filières.



Visite de la DGALN au CTMNC, le 19 avril 2023

Le CTMNC, en présence de Frédéric Didier, son Président, et d'Emeric de Kervenoaël, son Vice-Président, a eu le plaisir d'accueillir dans ses locaux, à Clamart, Stéphanie Dupuy-Lyon, Directrice Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN), au sein du Ministère de la Transition écologique, de la Cohésion des territoires. Elle été accompagnée de son équipe.

La visite a permis d'échanger longuement sur les enjeux des deux filières du Centre technique, ainsi que sur tous les chantiers de politiques publiques en matière de construction, de carrières, de biodiversité, de terre crue et de sédiments, d'économie circulaire, de réglementation environnementale RE2020, de réindustrialisation, et de logement.

« Les Matériaux Minéraux dans nos vies - Construction et aménagement durables dans les territoires » : une conférence au Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires

Le ministère MTECT, le CERIB⁽³⁾, le CTMNC, la MI-F⁽⁴⁾ et l'Institut Carnot MECD ont organisé une Journée technique dédiée au rôle des matériaux minéraux dans le Développement durable. Le 25 octobre 2023, cette manifestation a réuni, en présentiel et en distanciel, près de 200 personnes.

Introduite par Guglielmina Oliveros-Toro (Adjointe à la sous-direction de la DGALN⁽⁵⁾), cette journée a comporté une vingtaine d'interventions, menées en solo ou en duo par des experts, des industriels, des architectes, des géologues ou des urbanistes. Elle a ainsi permis de couvrir divers sujets ayant trait au cycle de vie des matériaux minéraux. Un préambule consacré à une rétrospective sur les longs processus géologiques et à un historique de la gestion des ressources, a été présenté par Jean-François Buoncristiani (Maître de Conférence à l'Université de Bourgogne au sein du laboratoire Bio-Géosciences du CNRS). Puis l'usage, l'importance et la biodiversité des ressources minérales dans la vie moderne ont été illustrés par Sandra Rimey (MI-F) et Christian Lévêque (Docteur honoraire à l'Institut de Recherche pour le Développement).

La conférence était ensuite structurée suivant trois grandes séquences :

- **Éco-conception** : les vertus des produits en terre cuite ont été présentées par Martin Piotte (Terreal et Président du CTS Tuiles et Briques du CTMNC) via la Feuille de route « Usine terre cuite non carbonée ». Emeric de Kervennoaël (Carrières de Noyant et Vice-Président du CTMNC) a illustré les mutations du domaine de la pierre naturelle au travers d'actions menées dans les carrières, usines et ateliers, pour limiter l'impact environnemental. Enfin, Olivier Dupont et Olivier Chèze (DG adjoints du CTMNC) ont apporté un éclairage sur les démarches durables dans l'exploitation des matériaux des deux filières.

- **Évolution de l'aménagement des espaces et du cadre de vie** : Céline Bonhomme (DHUP⁽⁶⁾), a présenté sa vision des matériaux minéraux pour la construction, tandis que Carole Pourchez (Commissariat général au Développement durable) s'est penchée sur le thème de la ville durable, au travers du prisme de la valorisation des sols, et des enjeux de la construction neuve et de la rénovation. Céline Vinot (Directrice de l'Institut Carnot MECD) et Olivier Dupont ont, quant à eux, abordé les grandes tendances constructives des bâtiments du futur.

- **Innovation produits, ouvrages, bâtiments, infrastructures** : la contribution de l'innovation à un meilleur confort d'habitat en été a été l'objet de deux interventions : celle de Mathieu Hervy (CTMNC) sur le projet européen LIFE SUPERHERO, et celle de Marielle Fassier (CTMNC), qui a rappelé les nombreuses fonctionnalités des produits de terre cuite permettant de lutter contre les « îlots de chaleur urbains », ou encore de dépolluer des zones urbaines.

La journée s'est conclue par le témoignage de l'architecte Philippe Prost, Grand Prix national d'architecture 2022, sur le thème « Pratique architecturale et matériaux du patrimoine et du futur ». Cette très belle manifestation a enfin été clôturée par Pierre-Edouard Guillain (Adjoint à la Direction de l'eau et de la biodiversité, au Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires).

(3) CERIB : Centre Technique et Industriel du béton.

(4) MI-F : Minéraux Industriels de France.

(5) DGALN : Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, au sein du MTECT.

(6) DHUP : Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages, au sein du MTECT.



Différents intervenants de la Journée technique « Les Matériaux Minéraux dans nos vies » au ministère MTECT, le 25 octobre 2023

Inauguration des nouveaux laboratoires de R&D du CTMNC à Limoges

À Limoges, le CTMNC s'est installé dans un espace plus vaste (730 m² de surface), mais aussi plus fonctionnel, pour ses activités de Recherche et Développement. L'inauguration a eu lieu le 31 janvier 2024.

L'inauguration des nouveaux locaux limougeauds du CTMNC a rencontré un beau succès, avec la présence de plus de quarante représentants des autorités locales et acteurs économiques de la région. Des visites, en groupes, des laboratoires ont permis de présenter la diversité des domaines de compétences et d'études du CTMNC sur ses matériaux de prédilection.

Après les mots d'accueil d'Isabelle Dorgeret (DG du CTMNC), « expertise » et « innovation » ont été ceux employés par Vincent Leonie, Adjoint au maire de Limoges, et Gaston Chassain, Vice-Président de Limoges Métropole, ainsi que par François Vincent, Conseiller général de la Région Nouvelle Aquitaine. Martin Piotte, Président du Comité Technique



Discours d'inauguration d'Isabelle Dorgeret, Directrice Générale du CTMNC, le 31 janvier 2024

et Scientifique « Tuiles et Briques » du CTMNC a également confirmé l'importance des activités du Centre au service de l'industrie.

Avis de décès

En ce début d'année 2024, nous avons eu la profonde tristesse de perdre notre chère collègue Joëlle Attali, Cheffe du service Qualité et Environnement du CTMNC. Tous appréciaient Joëlle pour sa rigueur et sa bienveillance. La profession des Tuiles & Briques et le Centre technique perdent une grande professionnelle, qui fut auparavant la Directrice Qualité du Groupe Terreal.

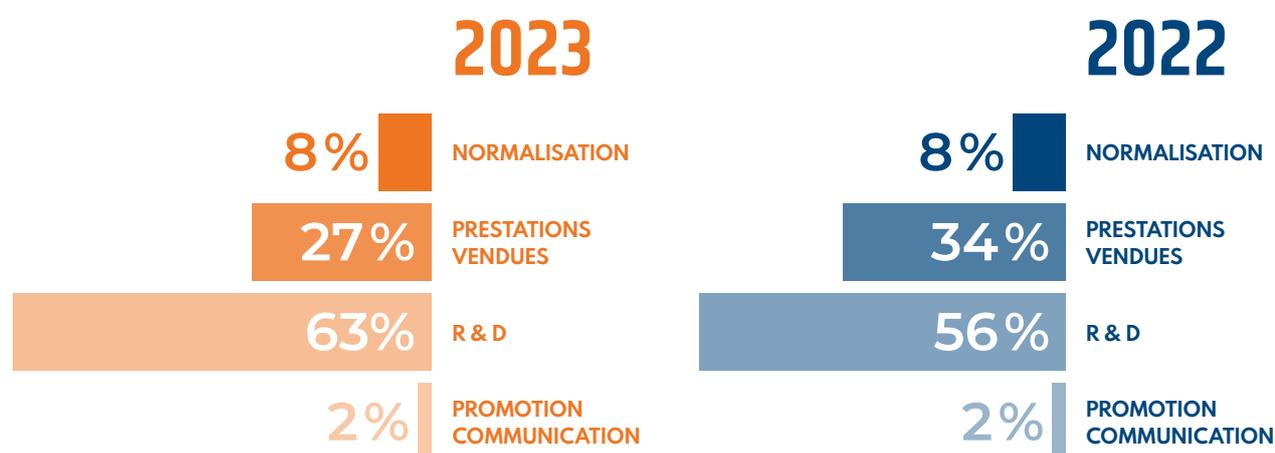


COMPTES 2023

Répartition des recettes d'exploitation (en k€)



Répartition des dépenses externes d'exploitation selon la nature d'activité



Les recettes de taxe affectée s'élèvent à 4 370 K€ en 2023, contre 4 079 K€ en 2022. Les prestations commerciales et les recettes diverses s'élèvent, quant à elles, à 2 550 K€ en 2023, contre 2 582 K€ en 2022.

Le CTMNC augmente son activité tant sur le plan institutionnel que commercial. La production vendue s'élève à 2 336 K€ en 2023, contre 2 122 K€ en 2022, soit une augmentation de 10%.

PRINCIPAUX RÉSULTATS TUILES

Avancées du projet européen LIFE SUPERHERO

En juillet 2020 démarrait le projet SUPERHERO, cofinancé, pour cinq ans, par le programme LIFE⁽⁷⁾ de l'Union européenne. Le projet vise à promouvoir la ventilation et le rafraîchissement naturel des toitures en petits éléments de terre cuite, en optimisant leur perméabilité à l'air. Des bancs d'essai ont été spécialement conçus et mis en place dans les laboratoires des organisations partenaires du projet.



Représentants du consortium européen réunis au CTMNC lors de la Journée technique du 27 octobre 2023



Banc d'essai du CTMNC développé dans le cadre du projet SUPERHERO

En 2023, les travaux réalisés dans le cadre du projet SUPERHERO⁽⁸⁾ (SUstainability and PERformances for HEROTile-based energy efficient roofs) se sont poursuivis en ce qui concerne l'expérimentation (sur différents types de tuiles de terre cuite), et la communication (présentations techniques faites auprès des ministères concernés : italien en juillet, et français en octobre).

Des essais inter-laboratoires ont ainsi été réalisés en vue de fiabiliser le test. Les résultats seront exploités dans le cadre de l'élaboration d'un rapport technique européen.

En juillet, le CTMNC a présenté ses travaux lors d'une Journée technique, dédiée à la mise en commun des résultats obtenus par les différents partenaires, ainsi qu'aux développements à envisager.

Le 25 octobre 2023, une présentation du projet SUPERHERO a eu lieu au Ministère de la Transition Ecologique, à l'occasion de la Journée technique intitulée « Les Matériaux Minéraux dans nos vies ».

Une autre Journée technique, organisée le 27 octobre dans les locaux du CTMNC à Clamart, a permis aux partenaires européens d'échanger sur les avancées du projet. Elle fut également l'occasion de leur montrer la richesse technique du Centre, notamment via une visite des laboratoires et un essai de démonstration.

L'année 2024 verra une continuité en matière d'expérimentation, mais constituera aussi l'année de démarrage d'un projet de simulation des caractéristiques de thermorégulation des toitures, en partenariat avec UNIVPM, Centro Ceramico et CONFECER. Cette nouvelle étude vise à développer une méthode de calcul des performances énergétiques des bâtiments.

(7) LIFE19 CCA/IT/001194 « SUstainability and PERformances for HEROTILE-based energy efficient roofs ».

(8) Collaboration entre Centro Ceramico, Confindustria Ceramica, Hispalyt, Industrie Cotto Possagno, Edilians, Terreal, Università Politecnica delle Marche, Azienda Casa Émilie-Romagne et CTMNC.

PRINCIPAUX RÉSULTATS TUILES

Un nouveau guide pour la mise en œuvre des tuiles de terre cuite en climat de montagne

La rédaction du nouveau « Guide de prescriptions pour la mise en œuvre des tuiles de terre cuite en climat de montagne » s'est terminée en 2023. Le document va servir de socle à un projet de futures Règles Professionnelles, et sera présenté aux organismes partenaires lors d'une Journée technique.

Dans le but d'encadrer la pose de tuiles de terre cuite certifiées NF 063 option Montagne (pose en altitude jusqu'à 1500 mètres), le CTMNC et les acteurs de la filière de la Terre Cuite ont rédigé un guide de prescriptions pour la mise en œuvre sur des constructions situées à des **altitudes élevées (de 900 à 1500 mètres)**. Le document propose différentes solutions selon les caractéristiques de l'ouvrage et du site enneigé. Il réactualise le guide précédent, publié par le CTTB⁽⁹⁾.

Débuté en 2014 par une enquête de terrain réalisée auprès de couvreurs, le travail technique a consisté ensuite à expliciter les préconisations de mise en œuvre d'une toiture en tuiles de terre cuite en climat de montagne. Le nouveau guide prend en compte les évolutions techniques, et présente les

savoir-faire spécifiques des couvreurs opérant dans les différents massifs montagneux français. Les différents traitements des points singuliers y sont également traités et illustrés (voir des exemples dans les illustrations ci-dessous).

L'année 2023 a été consacrée aux argumentaires liés aux différents choix techniques fournis dans le guide. Ces solutions innovantes, ainsi que leurs justifications, seront présentées lors d'une Journée technique du CTMNC destinée aux organismes participant au projet (AQC, Bureau Veritas, Qualiconsult...). Avec leur collaboration, la mise en place des Règles Professionnelles en Commission Prévention Produit, pilotée par l'AQC, pourrait débuter à moyen terme.



Schéma 3D de la mise en œuvre des tuiles avec le système de double ventilation sur support continu



Schéma 3D du traitement d'un point singulier en climat de montagne : traitement de rive de tête avec dépassement vertical du mur

(9) CTTB : Centre Technique des Tuiles et Briques.

PRINCIPAUX RÉSULTATS BRIQUES DE STRUCTURE

Future Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) portant sur des murs en briques à bancher de terre cuite

La brique à bancher est utilisée, depuis plusieurs années déjà, dans les applications « acrotères » (hauts et bas). Elle est d'ailleurs prise en compte dans les Règles Professionnelles « Briques et blocs à bancher ». En 2023, les travaux du CTMNC se sont poursuivis dans le cadre d'un dossier d'ATEX portant sur l'utilisation des briques à bancher en murs fortement chargés.

Les briques à bancher de terre cuite (cf. Figure 1) sont des éléments alvéolaires perforés verticalement et pourvus de gorges pour former, une fois remplis de béton en place, des sections filantes verticales et horizontales pouvant être renforcées à l'aide d'armatures en acier. L'ensemble est solidarisé après coulage du béton de remplissage. Ces briques peuvent s'adapter entre elles, en partie courante ainsi qu'aux intersections des parois, et également avec d'autres qualités de briques traditionnelles à perforations verticales.

Les briques à bancher peuvent être montées à joint mince (mortier déposé à l'aide d'un rouleau applicateur) ou à joint épais, ou à l'aide de colles organiques. Le principe de montage est basé sur l'alignement des entretoises des briques d'un rang sur l'autre, et ainsi sur la création de poteaux continus en béton.

En 2023, le CTMNC a travaillé sur différentes méthodes de justification pour chaque configuration d'emploi : murs de refend, murs de façade, murs de soubassement, trumeaux fortement chargés verticalement et horizontalement, et murs de contreventement sous sollicitations sismiques.

Outre les aspects mécaniques et thermiques, différents aspects ont été étudiés : traitements des ouvertures, dispositions de chaînages, linteaux..., gestion de l'étanchéité et des remontées capillaires (utilisations en soubassement ou en attiques), etc.

Les figures 2 à 3 illustrent quelques-unes des configurations d'emploi étudiées.



Figure 1 - Trois types de briques à bancher pris en compte dans le dossier d'ATEX

PRINCIPAUX RÉSULTATS BRIQUES DE STRUCTURE

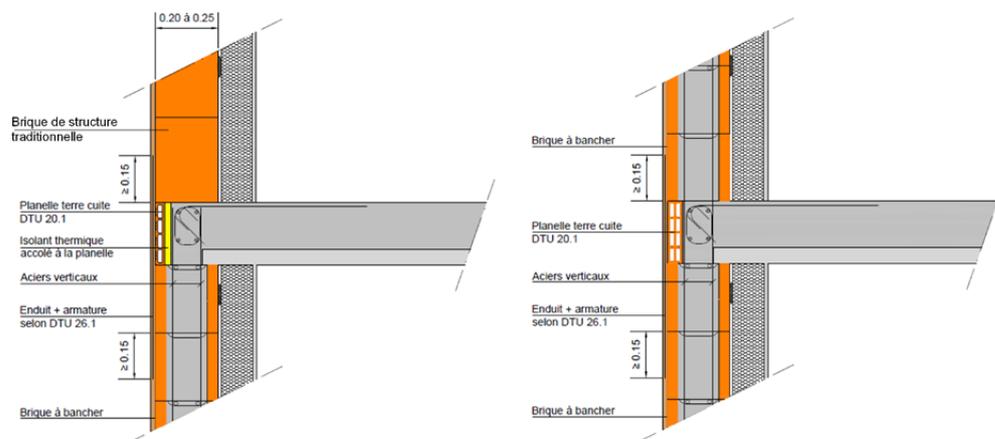


Figure 2 - Schéma de principe de la jonction façade-plancher :

- a) avec murs en briques à bancher en partie basse et briques de structure traditionnelles en partie haute,
 b) avec murs en briques à bancher en partie basse et en partie haute

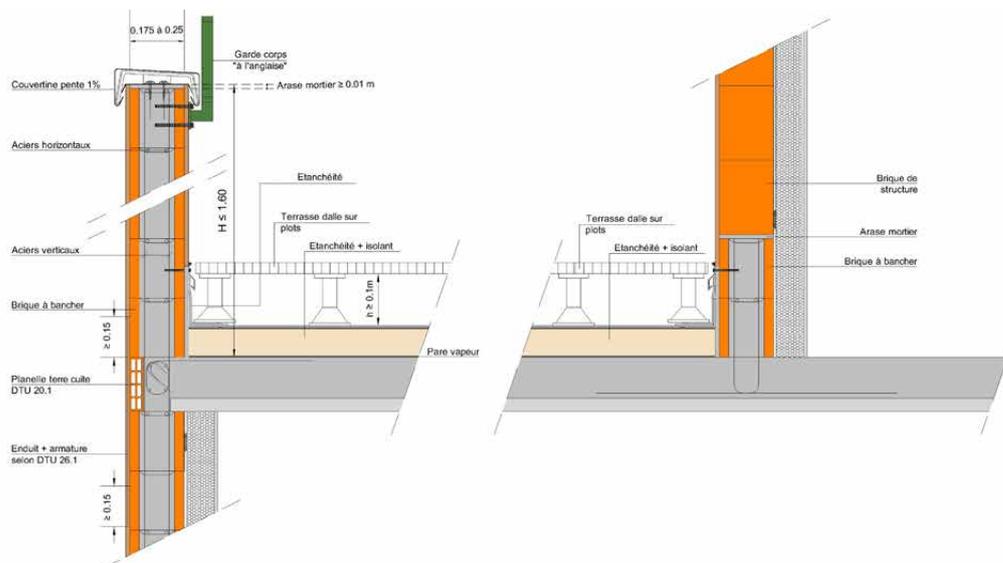


Figure 3 - Schéma de principe d'utilisation des briques à bancher en murs d'attiques ou en acrotères (bas et hauts)

RE2020 : une FDES collective pour les linteaux et les chaînages horizontaux de terre cuite

En 2023, le CTMNC a publié une nouvelle FDES collective, destinée à valoriser ces éléments de maçonnerie dans le cadre de la nouvelle Réglementation Environnementale.

Pour venir enrichir les possibilités d'évaluation de la performance environnementale des bâtiments, le CTMNC a mis à disposition des professionnels, dans la base INIES⁽¹⁰⁾, une FDES collective dédiée aux accessoires de maçonnerie que sont les linteaux et les chaînages horizontaux de terre cuite.

Cette Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire vient compléter la gamme de produits structuraux de terre cuite qui font l'objet de FDES collectives publiées par le CTMNC : briques de structure de 20 cm, briques de cloison, briques de 22 cm x 22 cm, et briques de terre crue extrudées.

(10) www.base-inies.fr.

Révision du référentiel NF 554 : détermination et suivi des performances mécaniques des maçonneries de terre cuite montées à joint mince

Dans le cadre de la révision du référentiel de la Marque NF 554, une étude statistique a permis d'élaborer une approche technique pour la détermination et le suivi des performances mécaniques, notamment la déclaration de la résistance caractéristique de la maçonnerie à la compression f_k . Son argumentation a reçu un accueil favorable des professionnels du bâtiment concernés par cette certification.

La certification Marque NF 554 « Maçonnerie de briques de terre cuite à joint mince » vise à garantir la compatibilité de la brique, de son mortier de pose associé, et de l'outil d'application correspondant. Les performances mécaniques desdites maçonneries peuvent être déclarées à travers une résistance caractéristique à la compression f_k , sur option. Cette approche permet d'exploiter les performances réelles des briques, le calcul à partir de la résistance de la brique unitaire ⁽¹⁾ sur la base de l'Eurocode 6 étant souvent très conservatif.

L'étude statistique menée par le CTMNC avait pour objectif d'apporter les éléments nécessaires à l'élaboration d'une approche sécuritaire et représentative des performances réelles des ouvrages, dans le cadre de la révision du référentiel NF 554.

Une cinquantaine de campagnes d'essais suivant la norme NF EN 1052-1 : 1999 (cf. Figure 1) a constitué le jeu de données. Chaque campagne d'essais a été réalisée sur cinq murets. L'ensemble expérimental est représentatif de la diversité des briques de structure couvertes par la certification, avec des mesures sur différents lots, combinant vingt-sept modèles de briques, provenant de treize sites de fabrication et de trois fabricants, et ce sur une dizaine d'années (de 2013 à 2022). La relation entre la résistance des briques unitaires et la résistance des murets a été étudiée et plusieurs approches de calcul pour déterminer la résistance caractéristique de la maçonnerie ont été analysées.

En février 2023, un premier argumentaire a été présenté aux représentants des organismes intéressés par ces travaux (UMGO-FFB, CAPEB, bureaux de contrôle, AFNOR et CSTB). Les échanges ont notamment porté sur l'impact du facteur

correctif proposé dans l'annexe A de la norme d'essais (NF EN 1052-1), et sur l'intérêt de prendre en compte des performances moins conservatives, tout en restant sécuritaires. L'annexe A de la norme d'essais ne s'applique pas de manière explicite aux maçonneries montées à joint mince, mais son principe a été pris en compte, notamment en ce qui concerne les conséquences sur les performances déclarées.

Les travaux montrent qu'un facteur correctif avec un exposant de 0,7 permet d'atteindre l'objectif recherché et ce sur l'ensemble des valeurs observées, y compris sur les campagnes d'essais pour lesquelles la résistance moyenne des briques R_m dépasse de plus de 25 % la résistance déclarée $R_{déclarée}$ (cf. Figure 2).

Au mois de mai, de nouveaux échanges ont permis d'atteindre un consensus sur cette formulation de facteur correctif, adaptée à la maçonnerie de terre cuite montée à joint mince.

L'analyse approfondie des différentes options envisageables a conduit à l'approche suivante dans le référentiel :

- **Pour la déclaration** : les formules de résistance caractéristique f_k de la norme d'essai NF EN 1052-1 sont utilisées avec ce facteur correctif adapté, avec la possibilité de déclarer une valeur plus faible.
- **Pour le suivi** : la valeur de résistance moyenne des murets à laquelle est appliqué le facteur correctif $f_{moy\ corrigée}$ doit être supérieure à la valeur déclarée, tout en vérifiant que la valeur de résistance à la compression minimale corrigée $f_{min\ corrigée}$ est supérieure à la valeur déclarée $f_k\ déclarée$ avec une tolérance de 20 %.

(1) NF EN 1996-1-1 : 2022, § 5.7.1.4, p. 33 : Formule [5.4] $f_k = K f_b^{0,7}$.

PRINCIPAUX RÉSULTATS BRIQUES DE STRUCTURE

Au mois de décembre, les représentants des organismes cités plus haut ont ainsi pu approuver l'approche suivie. L'étude a donc permis d'avancer **vers une harmonisation des valeurs de résistances caractéristiques à la compression f_k** dans les

référentiels de certification relatifs aux maçonneries de briques de terre cuite montées à joint mince. Les travaux pourront éventuellement faire évoluer la norme d'essai NF EN 1052-1 lors de sa future révision.



Figure 1 - Muret monté à joint mince pour l'essai de résistance à la compression (cf. NF EN 1052-1 : 1999)

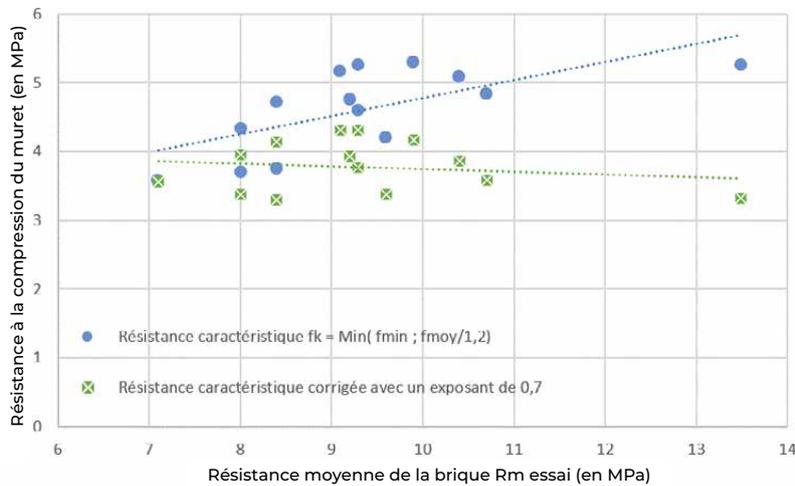


Figure 2 - Résistance à la compression des murets en fonction de la résistance moyenne des briques unitaires (pour des briques de résistance déclarée de 7 MPa, et de dimensions similaires ; résultats après 14 essais) ; impact du facteur correctif avec un exposant de 0,7

$$f_{id} = f_i \text{ corrigée} = f_i * \left(\frac{f_b \text{ déclarée}}{f_b} \right)^{0,7} = f_i * \left(\frac{R_m \text{ déclarée} * \delta c * \delta}{R_m * \delta c * \delta} \right)^{0,7} = f_i * \left(\frac{R_m \text{ déclarée}}{R_m} \right)^{0,7}$$

Figure 3 – Expression du facteur correctif adaptée à la maçonnerie de briques de terre cuite montées à joint mince

Tenue des enduits appliqués sur des supports en briques de terre cuite présentant d'éventuelles fissures préexistantes

Certaines qualités de briques de terre cuite sont susceptibles de présenter une légère fissuration inhérente au processus de fabrication. Le CTMNC a mené des travaux pour vérifier si les éventuelles fissures préexistantes peuvent évoluer ou se propager dans l'enduit de revêtement.

L'étude de l'évolution des éventuelles fissures préexistantes dans les briques, et de leur impact sur l'enduit a fait l'objet d'essais mécaniques et d'essais de vieillissement accéléré, sur différents modèles de briques de structure. Pour accentuer les risques de désordres, l'étude a été volontairement menée sur des briques présentant des fissures sur toute leur hauteur, ce qui ne répond pas aux spécifications de la norme « briques » NF EN 771-1+A1/CN.

Essais de chargement mécanique :

L'essai mécanique a été effectué sur la base de l'essai de compression sur murets maçonnés (cf. NF EN 1052-1). Les maquettes d'essai ont été délibérément montées avec des briques présentant des fissures importantes. L'application d'un enduit (sur l'une des faces des murets, l'autre face demeurant apparente) adapté au support de terre cuite s'est faite en deux passes, sur la base des prescriptions du NF DTU 26.1 « Travaux d'enduits de mortiers ».

La charge de compression a été appliquée sur les murets à des taux croissants (cf. Figure 3), l'aspect des deux faces des maquettes étant observé avant d'accroître le chargement. Le taux maximal de chargement a été fixé à 50 % de la capacité résistante des murets considérés.

L'essai a montré que :

- **Aucune fissure n'apparaît** sur les faces enduites des murets d'essai par suite de la mise sous contrainte ;
- **Aucune évolution des fissures préexistantes** sur les faces non-enduites des murets n'a été observée.

Essais de vieillissement accéléré :

Des essais de vieillissement accéléré ont été réalisés sur les briques présentant des fissures préexistantes enduites, sur la base de la méthode de la norme NF EN 1015-21 « Méthodes d'essai des mortiers pour maçonneries – Détermination de la compatibilité des mortiers d'enduit extérieur monocouche avec les supports ». Dans un cas, les épaisseurs de passes ont été conformes au NF DTU 26.1 (épaisseur de la première passe égale à 9 mm, épaisseur de la seconde passe égale à 6 mm), et dans un deuxième cas, les épaisseurs ont été volontairement fixées à des valeurs non-conformes (1^{ère} passe : 4 mm / 2^{ème} passe : 8 mm).

Les essais ont conduit aux observations suivantes :

- **Aucune fissure de propagation** ⁽¹²⁾ n'était visible dans l'enduit dont les épaisseurs des deux passes étaient conformes au NF DTU 26.1 ;
- **Aucune fissure** n'est apparue non plus dans l'enduit appliqué sur le support présentant des fissures préexistantes ;
- **Apparition de traces humides (sous forme de quadrillage)** à l'issue des cycles de vieillissement accéléré pour l'un des types de briques considérées dans le cas où les épaisseurs de passes étaient inférieures aux spécifications du NF DTU 26.1, ces traces disparaissant par séchage, après retour des maquettes en conditions standard.

L'étude montre que des briques présentant d'éventuelles fissures préexistantes (d'une ouverture inférieure ou égale à 1 mm) ne génèrent pas forcément de fissures dans l'enduit les recouvrant, que ce soit sous chargement mécanique, ou dans des conditions de vieillissement sévères.

(12) Fissure de propagation = fissures préexistantes dans la brique, se retrouvant potentiellement dans l'enduit.

PRINCIPAUX RÉSULTATS BRIQUES DE STRUCTURE



Figure 1 - Muret monté avec des briques choisies avec des fissures préexistantes



Figure 2 - Muret mis en œuvre avec des briques présentant des fissures préexistantes, enduit

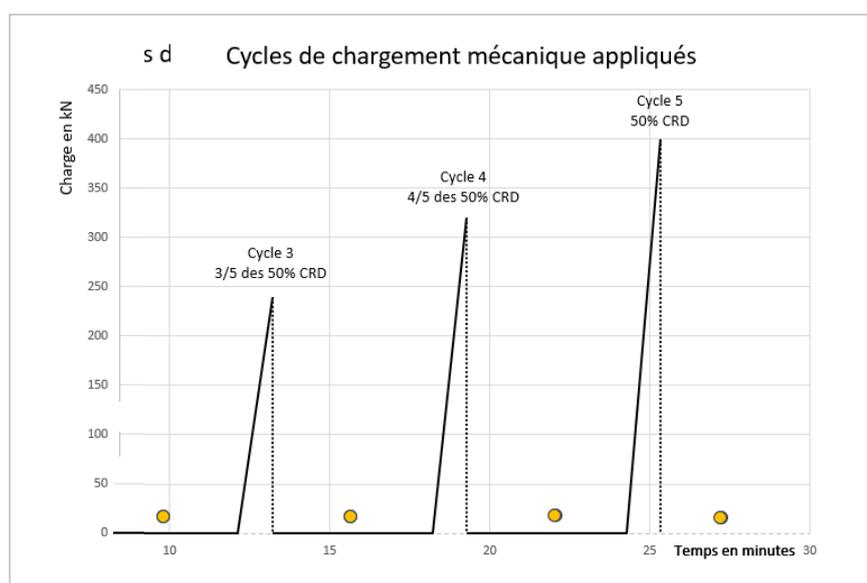


Figure 3 - Cycles de chargement mécanique des murets montés avec des briques choisies avec des fissures préexistantes

PRINCIPAUX RÉSULTATS PAREMENTS DE TERRE CUITE

Projet WoodStone : passage à une phase opérationnelle

En 2023, le projet WoodStone a franchi des étapes significatives, alliant recherche bibliographique, choix minutieux des composants, et lancement d'essais opérationnels au CTMNC.

Une recherche bibliographique approfondie a été menée pour établir l'état de l'art des solutions de murs doubles en maçonnerie de terre cuite sur structure en bois.

En parallèle, **le choix des composants du système de mur double sur COB** ⁽¹³⁾, destiné à des expérimentations à l'échelle réduite, puis à l'échelle 1, a été effectué, englobant des composants d'ouvrages tels que les briques, les mortiers et les attaches de liaison.

La contribution de représentants de la filière Briques apparentes de terre cuite, fournissant des briques et participant activement aux choix techniques, a été un élément moteur de cette phase préliminaire.

Le projet WoodStone a également franchi une étape majeure en entrant dans une phase opérationnelle, marquée par le **lancement d'essais à l'échelle de la**

liaison. Ces essais se concentrent spécifiquement sur le comportement en cisaillement (permettant de caractériser le degré d'adhérence entre la brique et le mortier), ainsi que sur la tenue des attaches en traction et en compression, ceci afin d'évaluer leurs performances d'ancrage.

L'aspect novateur de cette solution multi-matériaux, combinant des matériaux biosourcés et géosourcés, devient de plus en plus évident à mesure que le nombre de projets de construction adoptant cette approche basée sur la mixité des matériaux augmente. Cela renforce la pertinence du projet WoodStone, qui vise à fournir des éléments techniques essentiels pour faciliter l'intégration de ces solutions dans le domaine traditionnel. Une perspective prometteuse pour l'avenir de la construction innovante et durable.

(13) COB : Construction sur Ossature Bois.

PRINCIPAUX RÉSULTATS PAREMENTS DE TERRE CUITE

Conception et dimensionnement des maçonneries décoratives du type moucharabiehs

Les travaux du CTMNC autour d'un guide de conception des maçonneries décoratives de terre cuite ont démarré en 2020. Ils visent à développer des éléments de justification pour la conception et le dimensionnement d'ouvrages atypiques en maçonnerie de briques apparentes. En 2023, de nouveaux résultats expérimentaux permettent d'avancer dans la caractérisation des ouvrages de moucharabiehs.

Outre leurs qualités esthétiques, les maçonneries ajourées, communément appelées moucharabiehs (voir des exemples en Figure 1), apportent une réponse aux besoins en ventilation et en éclairage des bâtiments. Ces ouvrages particulièrement originaux, alliant esthétique et durabilité, offrent aux concepteurs une palette très large de solutions architecturales en briques de parement.

La première partie du projet de guide de conception des maçonneries décoratives, en cours d'élaboration au CTMNC, traite les points suivants :

- Description des composants des dites maçonneries (briques de terre cuite, mortiers de montage, éléments de renfort),
- Recensement des dispositions constructives standard.

Des détails et des informations pratiques sur les différentes méthodes de confortement (mise en place d'armatures traversantes, renforts implantés dans les joints, structures métalliques assujetties à la maçonnerie) y sont donnés, comme le mode de raccordement de ces maçonneries au restant de l'ouvrage.

À la suite des premières expérimentations réalisées en 2022, **les travaux de 2023 ont permis d'apporter**



Figure 1 - Exemples de maçonneries ajourées dites moucharabiehs

de nouveaux éléments de caractérisation.

La campagne d'essais visant à déterminer la capacité de reprise d'efforts (chargements dus au vent), initiée en 2022 sur un moucharabieh renforcé de tiges d'acier, a été poursuivie.

Ainsi, un deuxième essai de résistance au vent en dépression⁽¹⁴⁾ a été réalisé chez Ginger CEBTP sur un moucharabieh ordinaire (sans renforts). La maquette d'essai est constituée d'un moucharabieh de 2 m de large sur 3 m de haut, raccordé latéralement à une maçonnerie pleine (cf. Figure 2). Une dépression croissante lui a été appliquée par paliers successifs de 250 Pa, avec retour à 0 tous les 500 Pa. La rupture du mur a été atteinte pour une valeur de 3000 Pa, soit 300 daN/m². À titre de comparaison, la maçonnerie renforcée, dont les performances étaient supérieures à la limite haute du banc d'essai, présente une résistance supérieure à 7000 Pa (700 daN/m²).

Les essais réalisés à ce jour, dans des conditions très conservatives, permettent d'envisager un domaine d'emploi étendu, par rapport aux sollicitations de vent. Les caractérisations mécaniques se poursuivent sur des maquettes à l'échelle réduite en vue de l'évaluation des résistances au cisaillement et à la flexion.



Figure 2 – La maquette de moucharabieh ordinaire (sans renforts) ayant servi pour l'essai de résistance au vent en dépression réalisé en 2023

(14) Essai AEV réalisé sur la base du Cahier du CSTB n° 3517.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

BÂTIMENTS EN PIERRE NATURELLE

Publication d'un guide de préconisations contre l'incendie concernant le revêtement mural en pierre mince attachée (NF DTU 55.2)

Ce guide vise à apporter de nouveaux éléments en matière de réglementation incendie, résultant d'essais commandés par le CTMNC, en 2022, auprès d'un laboratoire d'essais feu agréé. Il s'agit, précisément, de présenter des solutions constructives destinées à limiter la propagation d'un incendie sur une façade en béton revêtue d'un parement en pierre naturelle, selon la technique traditionnelle du NF DTU 55.2.

Les essais feu précédemment réalisés ont permis d'apporter une réponse réglementaire aux acteurs de la construction, prouvant que cette technique traditionnelle de mise en œuvre de la pierre naturelle en revêtement mural extérieur (selon la norme NF DTU 55.2) répond favorablement à la réglementation applicable en matière de sécurité incendie.

Ce guide, intitulé « **Protection incendie et propagation du feu par les façades pour un système traditionnel de revêtement mural attaché en pierre mince (NF DTU 55.2)** », est destiné aux principaux acteurs de la construction suivants :

- Carriers et producteurs/transformateurs de pierre naturelle,
- Architectes œuvrant sur des projets en pierre naturelle,
- Maîtres d'œuvre,
- Maîtres d'ouvrages,
- Bureaux d'études,
- Entreprises applicatrices,
- Contrôleurs techniques.

Le document a pour vocation de les accompagner dans le choix et la mise en œuvre du procédé constructif, en accord avec la réglementation incendie. Ce guide accompagne l'Appréciation de Laboratoire, établie par le laboratoire d'essais feu agréé Efectis⁽¹⁵⁾.

Ces deux publications techniques sont librement téléchargeables sur le site Web du CTMNC⁽¹⁶⁾.



Essai feu « LEPIR II » réalisé sur une configuration générique de procédé traditionnel de revêtement mural en pierre mince attachée selon le NF DTU 55.2

(15) Appréciation de Laboratoire EFECTIS France n° EFR 20-002826, valable jusqu'au 18 novembre 2027, intitulée « Comportement au feu d'un procédé de revêtement mural en pierre naturelle mince attachée (NF DTU 55.2) ».

(16) Voir à la page « Tous les documents à télécharger », dans la rubrique « Pierre Naturelle » du site www.ctmnc.fr.

PRINCIPAUX RÉSULTATS BÂTIMENTS EN PIERRE NATURELLE

Lancement d'un GT Maçonnerie visant à produire un guide de référence pour la filière de la pierre naturelle

La filière ROC a exprimé le besoin de disposer d'un document technique, de type guide de préconisations, qui viendrait en renfort de sa démarche de valorisation de l'emploi de la pierre naturelle en tant qu'élément de maçonnerie.

Les nombreux ouvrages traitant de la pierre naturelle présentent un contenu parfois trop synthétique, ne permettant pas d'aborder tous les aspects techniques indispensables au bon déroulement d'un projet de maçonnerie en pierre naturelle.

La constitution d'un **Groupe de Travail Maçonnerie, piloté par le CTMNC**, vient donc répondre au besoin d'un tel document de référence, sur le modèle

de l'ouvrage dédié à la conception de voirie et d'aménagements en pierre naturelle ⁽¹⁷⁾, réalisé par le RGRA, le CTMNC et l'AITF.

En 2024, la rédaction de l'ouvrage débutera après une définition minutieuse des attentes de la filière. Ce futur ouvrage vise à promouvoir l'utilisation de la pierre naturelle française dans la maçonnerie.

Révision du NF DTU 45.4

La partie P1-1-5 révisée de la norme NF DTU 45.4 « Systèmes d'isolation thermique par l'extérieur en bardage rapporté avec lame d'air ventilée » a été publiée en mars 2023. Cette version, annulant et remplaçant la précédente datant de 2022, intègre désormais les bardages en ardoise naturelle.

Le CTMNC a participé activement aux travaux de **rédaction de la partie P1-1-5 de la nouvelle norme NF DTU 45.4 dédiée aux bardages rapportés**, publiée en mars 2023. Cette nouvelle partie, intégrant les ardoises naturelles, constitue une nouveauté par rapport au précédent NF DTU 45.4, datant de 2022.

La partie P1-1-5 concerne spécifiquement la mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (ITE) constitués de bardages rapportés entre autres avec des revêtements extérieurs en ardoises naturelles. Même s'il y contribue, le bardage rapporté n'a pas pour fonction d'assurer l'étanchéité à l'eau de la paroi support, mais bien de contribuer à la performance thermique en protégeant l'isolant rapporté en face extérieure du mur support.



La partie P1-1-1, quant à elle, correspond à la mise en œuvre des ossatures et des isolants thermiques, ainsi qu'aux spécifications communes à l'ensemble des parements. La partie P1-2, traitant des critères généraux de choix des matériaux, a également été mise à jour dans cette nouvelle version du DTU.

(17) Ouvrage « Pierres naturelles - Conception et réalisation de voiries et d'espaces publics » : voir à la page « Tous les documents à télécharger », dans la rubrique « Pierre Naturelle » du site www.ctmnc.fr.

Lancement de travaux visant le développement de solutions constructives bas carbone mixtes (pierre naturelle - bois)

L'un des leviers de la construction bas carbone est la mixité des matériaux, en particulier l'association de matériaux bio et géosourcés, qui permet de profiter des qualités intrinsèques de chacun d'entre eux. Les acteurs du domaine des matériaux de construction œuvrent donc au développement de solutions mixtes, et notamment celles associant une construction en ossature bois à la pierre naturelle.

Les solutions constructives visées, consistant en la mise en œuvre de pierres naturelles sur des COB⁽¹⁸⁾, intéressent particulièrement les ingénieurs et les architectes, pour leurs caractéristiques techniques et environnementales, comme pour leurs qualités esthétiques. Le procédé constructif de « murs doubles » est actuellement défini dans le NF DTU 20.1, qui ne vise pas les supports en bois. De même, les supports admis par le NF DTU 55.2 (dédié au procédé traditionnel de revêtement mural en pierre mince attachée) ne concernent que le béton et la maçonnerie. Les supports bois ne relèvent donc pas, à ce jour, de techniques traditionnelles.

Début 2023, le Département ROC du CTMNC a donc lancé **des travaux visant à adapter les systèmes de revêtements traditionnels en pierres attachées sur des supports en bois**. Pour ce faire, le CTMNC a accueilli une stagiaire (ingénieure-architecte) pour travailler sur une partie de l'étude. Un bureau d'études spécialisé prendra le relais en 2024.

Par ailleurs, le projet WoodStone⁽¹⁹⁾, qui mobilise différents acteurs de MECD⁽²⁰⁾, tels que le CTMNC, le FCBA, et l'Institut Pascal, doit permettre le développement du système de « murs doubles » sur support bois, en apportant des réponses et des solutions aux problématiques techniques actuellement constatées.



Exemple de construction alliant pierre naturelle massive et bois
(photo : Pierre Bois Habitat)

(18) COB : Construction à Ossature Bois.

(19) Voir l'article dédié au projet WoodStone page 22.

(20) MECD : Matériaux et Equipements pour la Construction Durable.

PRINCIPAUX RÉSULTATS MARBRERIE

Décoration intérieure en pierre naturelle : un guide de conception et de mise en œuvre des plans horizontaux

En 2023, le Groupe de Travail Marbrerie de décoration, piloté par le CTMNC, a poursuivi ses travaux de rédaction d'un guide de préconisations pour la fabrication et la pose de plans horizontaux en pierre naturelle.

Ce guide, en cours d'élaboration, présente les préconisations du GT Marbrerie de décoration pour la conception, la fabrication, et l'installation en intérieur, de plans horizontaux en pierre naturelle mince (d'épaisseur inférieure à 50 mm). L'entretien de ces plans et les bonnes pratiques y sont également abordés. On retrouve ces plans horizontaux en pierre naturelle dans les ouvrages suivants :

- Plans de travail de cuisine,
- Plans de vasques de salle de bain,
- Comptoirs d'accueil, et autres éléments mobiliers associés.



Contrôle de l'appareillage sur plan horizontal en pierre naturelle (photo : Marbrerie ROTH)

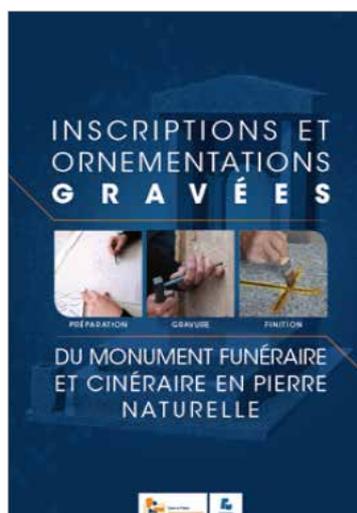
Publication du guide sur les gravures de monuments funéraires et cinéraires en pierre naturelle

En avril 2023, le Groupe de Travail Funéraire a publié son nouveau guide, intitulé « Inscriptions et ornements gravés du monument funéraire et cinéraire en pierre naturelle ».

Ce guide traite des inscriptions et/ou ornements funéraires, réalisées au moyen de la gravure. Il a pour objectif d'informer sur les techniques traditionnelles, les conserver et les transmettre, tout en favorisant l'innovation grâce à l'utilisation de nouvelles technologies.

Le document est librement téléchargeable sur le site Internet du CTMNC ⁽²¹⁾.

Par ailleurs, piloté par le CTMNC, le GT Funéraire poursuit le travail de mise à jour de ses publications. Ainsi, le guide intitulé « Votre site cinéraire en pierre naturelle », premier ouvrage de sa collection de guides funéraires et cinéraires, est en cours de réactualisation.



Nouveau guide publié par le GT Funéraire du CTMNC

(21) Voir à la page « Tous les documents à télécharger », dans la rubrique « Pierre Naturelle » du site www.ctmnc.fr.

PRINCIPAUX RÉSULTATS VOIRIE EN PIERRE NATURELLE

Premiers résultats des essais de glissance après usure de produits en pierre naturelle

Le CTMNC a lancé une étude sur l'évaluation de la glissance de la pierre en fonction de son usure et de son vieillissement.

L'étude du CTMNC vise à établir des préconisations sécuritaires grâce à une méthode d'évaluation de la glissance de la pierre en fonction de son usure et de son vieillissement. Elle est fondée sur les normes suivantes :

- **NF EN 14231** (décembre 2003) – « Méthodes d'essai pour les pierres naturelles - Détermination de la résistance à la glissance au moyen du pendule de frottement »
- **CEN/TS 12633** (mars 2016) - « Méthode de détermination de la valeur de résistance au dérapage / à la glissance d'éléments de pavage polis ou non polis ».

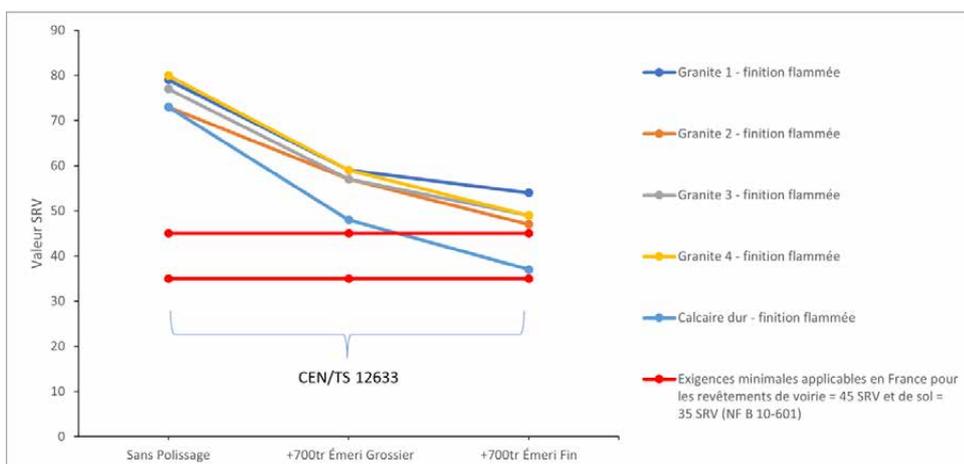
Pour ce faire, le CTMNC s'est doté d'une machine d'essai de polissage (Polish Paver Machine), permettant de réaliser les essais de polissage selon la norme CEN/TS 12633.

Les essais entrepris en 2018 sur un calcaire dur en finition flammée ont été poursuivis en 2022. En 2023, d'autres essais sur quatre granites français ont également été effectués avec la finition flammée (les résultats sont présentés sur la figure ci-dessous).

Les mesures de résistance à la glissance en conditions humides selon la norme EN 14231, après polissage défini dans la CEN/TS 12633, révèlent des valeurs de glissance, mesurées en laboratoire, supérieures aux exigences minimales applicables en France pour les revêtements de sol et de voirie. Il en ressort que la méthode de polissage des unités de pavage selon la CEN/TS 12633 ne permet pas d'obtenir des niveaux de polissage satisfaisants car non représentatifs de ceux constatés in situ.

Le CTMNC a donc demandé la révision de la CEN/TS 12633 : un « Round Robin Test » va être mis en place. Ce test consiste à réaliser les essais de polissage sur les mêmes échantillons (issus d'un même lot) par différents laboratoires européens, de façon à valider la méthode d'essai de polissage en laboratoire adaptée aux pierres naturelles. Par ailleurs, des essais de glissance in situ ont également été réalisés, sur différentes réalisations, afin de les comparer aux données de laboratoire. Ces données ont pour but de proposer des valeurs cibles à atteindre pour caler la méthode de polissage en laboratoire.

Des essais complémentaires sur d'autres types de finitions de pierres sont également prévus dans le cadre de cette étude.



Valeur moyenne de glissance (SRV Humide) en fonction du polissage selon la norme CEN/TS 12633 pour les différents granites et le calcaire dur en finition flammée

PRINCIPAUX RÉSULTATS VOIRIE EN PIERRE NATURELLE

Participation du CTMNC au Groupe de Travail Revêtements et Lumière de l'IDRRIM

Comment optimiser l'éclairage public avec des revêtements de surface spécifiques en voirie ? Le CTMNC participe à un Groupe de Travail de l'IDRRIM qui étudie l'impact des différents types de revêtements, dont ceux en pierre naturelle, sur la performance et la consommation de l'éclairage urbain et interurbain.

En France, l'éclairage public représente 41 % de la facture d'électricité des collectivités⁽²²⁾. Depuis 2023, le CTMNC participe aux travaux du GT Revêtements & Lumière de l'IDRRIM⁽²³⁾, qui regroupe des laboratoires de recherche et des associations du domaine du génie civil et de l'éclairage, ainsi que des collectivités territoriales.

Les objectifs visés par le GT sont doubles :

- Faciliter les choix des concepteurs d'éclairage ;
- Développer des outils et des méthodes pour les gestionnaires, les éclairagistes et les constructeurs de route, afin d'optimiser l'éclairage en espaces urbains et interurbains.

Il est notamment prévu d'établir un catalogue de revêtements, dont ceux réalisés en pierre naturelle. Dans le domaine de l'éclairage public, deux paramètres caractérisent un revêtement de surface : le coefficient de clarté et le coefficient de spécularité. Le CTMNC a fait réaliser par le CEREMA⁽²⁴⁾ des mesures photométriques, avec plusieurs angles d'incidence, sur quatre échantillons de pierre naturelle d'origine française (un calcaire et trois granites), à l'aide d'un goniorélectromètre. Les résultats, obtenus en début d'année 2023, ont ainsi pu rejoindre ceux correspondant aux enrobés, aux bétons et aux asphaltes, dans le catalogue de revêtements du GT.



1 PNCaCFIC

2 PNGrVFIF

3 PNGrLFIF

4 PNGrTFIC

Les quatre échantillons en pierre naturelle ayant servi aux mesures photométriques

(22) En 2019, selon l'Association Française de l'Eclairage.

(23) IDRRIM : Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.

(24) CEREMA : expert public scientifique et technique de l'adaptation au changement climatique.

PRINCIPAUX RÉSULTATS TERRE CRUE

Thèse CIFRE « Stabilisation des briques de terre crue extrudées »

Dans l'objectif de produire des briques de terre crue extrudées, un projet de thèse est mené en collaboration avec les laboratoires IRDL (Université Bretagne Sud) et LMDC (Université Toulouse III – Paul Sabatier). L'étude vise l'exploration et la compréhension des mécanismes de la stabilisation minérale de la terre, en vue d'optimiser les performances mécaniques, et la tenue à l'eau de ces briques.

Dans le cadre des travaux du CTMNC sur la terre crue, ce projet de recherche, initié fin 2022, porte sur la stabilisation de la brique de terre crue extrudée. L'extrusion, comme procédé de mise en forme, alliée au développement d'un matériau argileux stabilisé, permettra de **répondre au besoin d'industrialisation de la terre crue**. Il s'agit, en effet, de satisfaire rapidement aux exigences de projets de construction d'envergure, tels que les ERP, écoquartiers, petits habitats collectifs, etc.

La thèse a débuté par le choix des terres avec, pour objectif, l'étude d'une large diversité minéralogique. La sélection de **quatre terres de référence** (une kaolinite, une smectite, une chlorite, et une kaolinite contenant une teneur élevée en calcite) s'est fondée sur la nature argileuse majoritaire de chacune d'entre elles. Par ailleurs, **deux stabilisants hydrauliques** sont étudiés : l'un étant considéré un ciment « pur » (ciment à forte teneur en clinker), le second est un ciment dit bas carbone (faible teneur en clinker).

L'étude de la stabilisation a débuté par l'extrusion de chacune des terres avec un ajout de ciment. Les premières observations soulignent une hausse de la demande en eau des mélanges. Cette augmentation est d'autant plus marquée que le ciment utilisé présente une forte teneur en clinker. Les conditions de cure (humide ou aérienne) influencent l'aspect et les performances mécaniques des extrudats. La masse volumique des éprouvettes ayant suivi la cure aérienne est supérieure à celle constatée sur les éprouvettes ayant fait l'objet d'une cure humide. Dans une ambiance humide, le retrait est empêché, mais les réactions cimentaires se poursuivent. Le développement d'hydrates cimentaires durant la phase de cure crée un squelette solide au cœur de l'extrudat. Le retrait de séchage s'effectue à la suite de la cure, mais il est alors restreint par la formation du squelette d'hydrates. Ce phénomène permet d'expliquer la différence de densité observée entre les deux systèmes de cure. Enfin, une perte rapide de maniabilité est constatée au cours du temps, rendant plus difficile l'extrusion.



Travaux expérimentaux (photo : équipements IRDL)



Logos des partenaires universitaires de cette thèse

La **caractérisation** géotechnique de ces terres a été réalisée par le biais de la détermination des limites d'Atterberg (limites de plasticité et de liquidité), la valeur au bleu (VBS) et la granulométrie. Une caractérisation mécanique a suivi, au travers d'extrusions, puis d'essais de compression. Le retrait linéique et la masse volumique des différents échantillons extrudés ont également été mesurés.

Pour mieux comprendre les phénomènes mis en jeu et améliorer la qualité des extrusions, **une étude rhéologique a été menée**. L'objectif est de quantifier les évolutions de comportement à l'état frais des différentes formulations. Au travers de mesures de seuil de cisaillement réalisées au rhéomètre sur chacune des terres, avec et sans ciment, l'étude a permis de confirmer les observations réalisées

PRINCIPAUX RÉSULTATS TERRE CRUE

au cours des extrusions. La rapide évolution rhéologique des mélanges stabilisés est d'autant plus marquée que le ciment utilisé contient une part importante de clinker. Une diminution du dosage en ciment entraîne un ralentissement de l'évolution rhéologique dans le temps. Par comparaison, une terre seule ne montre aucune évolution rhéologique sur la durée de l'essai. Une seule terre montre un comportement significativement différent : celle contenant de la smectite. La littérature souligne que la présence de montmorillonites peut bloquer

les réactions cimentaires en captant par adsorption les ions calcium libérés par le ciment et nécessaires à l'hydratation.

L'étude en cours a donc pour objectif de traiter ce défaut de perte de plasticité, en vue de faire de la stabilisation un procédé envisageable à l'échelle industrielle. **L'adjuvantation est la voie étudiée** pour permettre de maintenir une rhéologie adaptée à l'extrusion.

Lancement du projet ADEME B2M (Brique - Mortier - Maçonnerie)

Dans le cadre de l'appel à projets de l'ADEME « Soutien à l'Innovation dans la Construction bois, biosourcés et géosourcés (SIC) », le projet B2M, dont le CTMNC est partenaire, a été retenu avec un début officiel en 2024. Ce projet a été financé par le Gouvernement dans le cadre du plan « France 2030 » opéré par l'ADEME.

Le projet B2M vise plusieurs objectifs :

- Produire des connaissances consolidées en vue de favoriser l'emploi des maçonneries de terre crue dans les opérations de construction
- Publier des résultats de mesures directement utilisables par toute la filière Terre crue
- Travailler à l'adaptation de certains protocoles de mesures normés pour les rendre compatibles avec les spécificités des matériaux de terre crue
- Fournir des éléments de compréhension relatifs aux variations de comportement des maçonneries de terre crue en fonction des variations de terres, et des techniques de production des briques (moulage, compression, extrusion)
- Construire une collaboration entre les fabricants, artisans et chercheurs sur la terre, de manière à encadrer sa mise en œuvre, et mieux appréhender le comportement des maçonneries qui l'utilisent (en termes de performances mécaniques, résistance au feu et hygrothermie).

Le projet, d'une durée de quatre ans, est porté par AE&CC-ENSAG, en partenariat avec CRATerre, 3SR et le CSTB.



Logos des partenaires du projet B2M soutenu par l'ADEME

PRINCIPAUX RÉSULTATS DÉVELOPPEMENT DURABLE

Travaux sur la mise à jour du BREF « Céramiques »

Le BREF, document de référence pour connaître les Meilleures Techniques Disponibles, présente les solutions techniques et économiques pour optimiser la performance environnementale des installations d'un domaine d'activités. Le BREF « Fabrication des céramiques » est en cours de révision, avec la participation active du CTMNC et des fabricants français de la filière Tuiles et Briques.

Le BREF « Céramiques », document clé sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD) du domaine des céramiques, englobe la fabrication de produits de terre cuite, tels que les briques, les tuiles, les carreaux, les sanitaires, la porcelaine, etc. Ce document établit :

- Les principales sources d'émissions et de consommations du secteur, ainsi que les techniques employées pour réduire ou optimiser celles-ci ;
- Les MTD applicables aux installations du secteur, en considérant leur efficacité environnementale, leur faisabilité technique et économique, et leur impact global ;
- Les niveaux d'émissions associés aux MTD (qui font office de limites réglementaires d'émissions) et les mesures de surveillance à appliquer dans les installations relevant de la rubrique ICPE 3350 « Fabrication de céramiques ».

La révision du BREF a commencé début 2021, le CTMNC y participant par une collecte de données au niveau français, et en portant les intérêts des fabricants français de la filière Tuiles et Briques au sein des Groupes de Travail de Cerame-Unie, de la DGPR⁽²⁵⁾, et de la Commission européenne. En 2023, plusieurs visites ont ainsi été organisées dans des usines de Wienerberger pour des membres de la DGPR, afin de les sensibiliser au processus de fabrication des produits de terre cuite.

Les premières propositions de nouvelles valeurs d'émissions de la Commission européenne sont attendues pour le début de 2024, les valeurs définitives pour le début de 2025.

Sobriété hydrique et gestion de l'eau dans l'industrie de la terre cuite

La filière Tuiles et Briques, représentée par le CTMNC et la FFTB, s'engage dans une démarche de sobriété hydrique et de gestion de l'eau, en lien avec les acteurs locaux et les autres filières industrielles.

La filière de la terre cuite consomme et prélève peu d'eau : 600 000 m³ en 2022, soit 0,024 % de la consommation totale de l'industrie et 0,002 % de la consommation globale en France. A titre d'exemple, c'est bien moins que la filière des granulats, qui prélève 0,2 % du total. L'industrie de la terre cuite a pourtant besoin d'eau, environ 120 litres par tonne de produit fini. L'eau est utilisée à plusieurs étapes de la fabrication, comme le malaxage, le façonnage, le séchage et le refroidissement des produits. Les acteurs concernés doivent donc relever les défis de la préservation et de la gestion de l'eau, surtout dans un contexte de changement climatique et de réduction de la ressource, qui implique des réglementations « eaux » de plus en plus strictes.

Pour y faire face, la filière s'est engagée à mettre en œuvre des actions concrètes pour diminuer et optimiser sa consommation en eau, tout en assurant la qualité et la performance de ses produits. Ces actions font partie d'une démarche de responsabilité sociétale et environnementale, qui vise à améliorer la compétitivité et l'attractivité de la filière.

Parmi les actions engagées par la filière Tuiles et Briques, on peut citer :

- En 2023, la création d'un Groupe de Travail (GT) sur la sobriété hydrique et la gestion de l'eau, réunissant la Fédération Française des Tuiles et Briques (FFTB) et les industriels. Ce GT a pour

(25) DGPR : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau, au sein du ministère MTECT.

PRINCIPAUX RÉSULTATS DÉVELOPPEMENT DURABLE

- objectif de partager les expériences, les bonnes pratiques et les solutions techniques, existantes ou innovantes, pour économiser et valoriser l'eau dans l'industrie de la terre cuite.
- La mise à jour, en 2024, du **Guide de gestion de l'eau**, destiné aux industriels, que le CTMNC avait publié en 2009. Ce guide propose des recommandations et des méthodes pour réduire et maîtriser les consommations en eau sur les sites de production. Son actualisation permettra d'intégrer les évolutions réglementaires, techniques et environnementales, mais aussi d'identifier les bureaux d'études compétents et de lister les aides publiques existantes.
 - L'organisation, fin 2023, d'une **Journée technique « Environnement »** à l'adresse des professionnels, dont une partie était dédiée à la gestion de l'eau. Une nouvelle Journée technique, prévue pour fin 2024, permettra de sensibiliser les industriels aux enjeux de la sobriété hydrique, comme de leur présenter les outils et les aides disponibles pour les accompagner dans leurs démarches, et leur faire découvrir des exemples de réalisations réussies dans leur secteur.
 - Un accompagnement méthodologique et technique des industriels, proposé par le CTMNC et la FFTB, pour l'élaboration des **Plans de Sobriété Hydrique de sites**. Ces plans visent à définir les actions à mettre en œuvre pour réduire la consommation en eau sur un site industriel, en tenant compte des spécificités techniques, économiques et environnementales de chaque site. Ils peuvent être élaborés à la demande des industriels, ou bien dans le cadre d'une démarche volontaire ou réglementaire.

En s'engageant sur les enjeux majeurs de la sobriété hydrique et de la gestion de l'eau, la filière entend contribuer à la transition écologique et énergétique, tout en préservant la qualité et la diversité de ses produits, matériaux naturels, durables et performants.



Publication du Livre Blanc de Construction21 « Réemployer les matériaux de construction : de l'expérimentation à la massification »

Le dossier « Réemployer les matériaux de construction : de l'expérimentation à la massification », ouvert en novembre 2022 par l'association Construction21, a abouti à la publication d'un Livre Blanc, en mars 2023. Le CTMNC a joué un rôle clé dans cette initiative, contribuant à la section « Quand la terre cuite et la pierre naturelle s'offrent une nouvelle vie ».

Le Livre Blanc, coordonné par les Rédacteurs en Chef Zélie Perrin, Marc Serieis et Yara Jamali Elo, présente une synthèse des recherches d'une trentaine de contributeurs sur le réemploi des matériaux de déconstruction. Désormais disponible en ligne ⁽²⁶⁾, il constitue une source d'information précieuse sur le réemploi pour le secteur du BTP et de l'immobilier. En explorant les défis et les opportunités de cette pratique, il présente des recommandations concrètes pour l'utilisation de produits de réemploi dans le secteur de la construction. Le CTMNC, en explorant des projets liés au réemploi de matériaux durables, a apporté une contribution

significative à cette initiative. Les remerciements soulignent la collaboration du Centre, qui a rédigé un **article consacré au réemploi de la terre cuite et de la pierre naturelle provenant de déconstructions**. L'article détaille la méthodologie en quatre phases envisagée pour pouvoir généraliser le réemploi. L'objectif était de répondre aux besoins des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvre qui recherchent des solutions réversibles, et des expertises, pour pouvoir revaloriser ces matériaux de déconstruction, tout en tenant compte des aspects réglementaires, économiques, et environnementaux.

(26) <https://www.construction21.org/france/articles/h/reemploi-des-matériaux-de-terre-cuite-ou-de-pierre-naturelle-issus-de-la-deconstruction-d-ouvrages-retours-d-experience-et-methodologie-d-accompagnement-des-maitres-d-ouvrage-et-maitres-d-oeuvre.html>

PRINCIPAUX RÉSULTATS DÉVELOPPEMENT DURABLE

Un article scientifique sur la pertinence de la pierre de taille dans les stratégies de décarbonation du bâtiment

Cet article, publié en mai 2023, porte sur l'analyse de l'impact de la maçonnerie en pierre naturelle sur le changement climatique, et la potentielle adéquation de celle-ci aux stratégies de décarbonation du secteur de la construction.

« **The relevance of cut-stone to strategies for low-carbon buildings** », article scientifique de **Timothée De Toldi** (Bouygues Immobilier) et **Tristan Pestre** (CTMNC), est paru en mai 2023 dans la revue « Buildings & Cities » ⁽²⁸⁾. La collaboration entre un Centre Technique Industriel et un acteur immobilier du secteur privé dans l'évaluation et l'analyse de l'impact carbone de solutions constructives, renforce la crédibilité des résultats obtenus, du fait de leurs expertises complémentaires.

L'article présente une méthode d'évaluation de la maçonnerie en pierre naturelle face au changement climatique, ainsi que son potentiel par rapport aux solutions alternatives. Dans le contexte réglementaire, notamment celui de la RE2020 applicable aux constructions neuves, il apparaît de plus en plus important de fournir des éléments démontrant que la pierre naturelle a bien son rôle à jouer dans les stratégies de décarbonation du secteur de la construction ⁽²⁹⁾.

Concrètement, le CTMNC a élaboré **un modèle configurable d'évaluation des performances environnementales** des produits de construction en pierre naturelle, dont **une Calculette Carbone**.

Ce modèle a été utilisé pour établir l'impact sur le changement climatique de murs en pierre massive. Les résultats ont été ensuite analysés par Bouygues Immobilier, qui les a comparés à ceux d'autres solutions constructives visant un faible impact carbone.

Les avantages notables d'une utilisation de la pierre naturelle à grande échelle sont mis ainsi en lumière, puisque le taux d'impact carbone obtenu pour la pierre se révèle 1,43 fois inférieur à celui du bois massif contrecollé et 2,73 fois inférieur à celui du béton bas carbone. L'étude explore également l'effet d'une adoption massive de la pierre de taille, via l'hypothèse d'une utilisation dans 30 % des nouveaux projets de logements collectifs en France de 2025 à 2050 ; dans ce cas d'étude, on obtiendrait une réduction significative de 2,77 Mt CO₂e des émissions incorporées du parc bâti.



Aperçu de l'article paru en mai 2023

Le CTMNC a ainsi pu valider, grâce à sa méthodologie d'évaluation de l'empreinte carbone reproductible, la pertinence de la pierre massive en matière de lutte contre le réchauffement climatique, et confirmer son engagement en matière de Développement durable.

(28) DOI: 10.5334/bc.278 : <https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.278>.

(29) Feuille de Route résumée ici : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23064_feuille-de-route-decarbonation-batiment_BATweb.pdf.

PRINCIPAUX RÉSULTATS DÉVELOPPEMENT DURABLE

Vers un configurateur de FDES collectives pour les produits de construction en pierre naturelle

Dans le cadre de l'évaluation environnementale des produits en pierre naturelle, le CTMNC conçoit un outil au service des professionnels de la filière ROC. En plein développement, le configurateur vise à simplifier la génération de Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) collectives.

La filière de la pierre naturelle confirme son engagement en faveur de la durabilité et de la transparence de ses matériaux et produits avec l'élaboration d'un configurateur de FDES. Ce projet novateur ambitionne de simplifier de manière significative la création de FDES collectives, essentielles dans un contexte réglementaire environnemental en pleine évolution. La nécessité de produire ces fiches, cruciales pour les acteurs de la filière, a ainsi incité le CTMNC à développer cet outil.

Désigné lauréat en 2023 de l'appel à accompagnement « #FaistaFdes #FaistonPep » de l'ADEME et de l'Alliance HQE GBC, le CTMNC a pu lancer son projet en partenariat avec le prestataire Weloop.

Le Configurateur ROC de FDES collectives couvrira notamment les produits suivants :

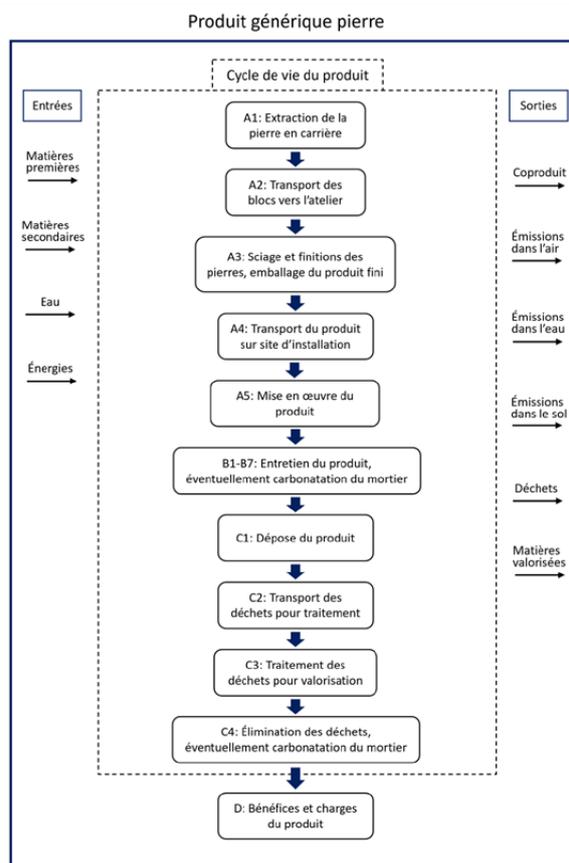
- Produits de voirie,
- Produits « épais » utilisés en maçonnerie,
- Produits « fins » utilisés pour les revêtements et parements, etc.

Le projet suit plusieurs phases : la collecte des données d'inventaire, presque achevée fin 2023, suivie d'une modélisation environnementale, au programme de 2024.

Par ailleurs, **le Configurateur ROC viendra enrichir la dizaine de FDES individuelles déjà existantes** pour des entreprises du secteur. En effet, l'outil permettra la génération de fiches paramétrables selon divers critères (dimensions, compositions, finitions, etc.), en s'adaptant aux multiples configurations possibles des produits de la filière de la pierre naturelle.

L'objectif est de créer **un outil durable, et d'utilisation aisée sur un site Web**, accessible à tout acteur de la construction. La connexion sur identification y sera obligatoire pour assurer la traçabilité des fiches générées, garantissant ainsi une gestion transparente et rigoureuse du processus. Le format spécifique utilisé permettra aux bureaux d'études

d'intégrer plus facilement les FDES dans le cadre des Analyses de Cycle de Vie (ACV) réglementaires de bâtiments, conformément à la réglementation environnementale RE2020.



Intrants et sortants considérés pour chacune des étapes du cycle de vie d'un produit en pierre naturelle

En outre, les données collectées dans le cadre de ces travaux pourront avoir d'autres finalités : une mise à jour plus réaliste des données par défaut actuellement disponibles pour la pierre, et l'élaboration de propositions pour réduire encore l'impact environnemental des produits en pierre naturelle.

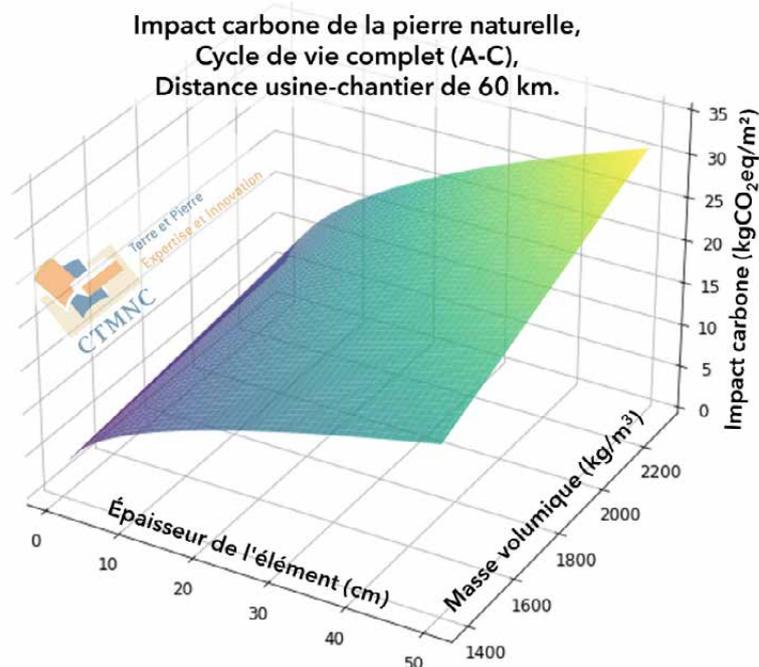
La Calculette Carbone au service des producteurs de pierre naturelle

La Calculette Carbone du CTMNC est un outil pratique et efficace pour évaluer l'impact environnemental des produits en pierre naturelle, en fournissant une estimation personnalisée de leur empreinte carbone.

Ce nouvel outil repose sur une méthodologie unique, agréant des Analyses de Cycle de Vie, conformes aux différentes normes NF EN 15804. Le modèle mathématique qui en résulte a été intégré dans les travaux menant à la publication de l'article « The relevance of cut-stone to strategies for low-carbon buildings »⁽³⁰⁾. Les résultats démontrent la performance environnementale des produits

en pierre naturelle, offrant des perspectives significatives pour les stratégies de décarbonation du secteur de la construction.

La Calculette Carbone est **disponible sur le site Web du CTMNC**⁽³¹⁾. Cet outil permet à tous les acteurs de la construction d'estimer l'impact de leurs projets et de prendre des décisions éclairées en conséquence.



Aperçu de la modélisation de l'impact carbone de la pierre naturelle dans l'outil Calculette Carbone du CTMNC

(30) <https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.278>.

(31) Voir à la page « Tous les documents à télécharger », dans la rubrique « Pierre Naturelle » du site www.ctmnc.fr.

PRINCIPAUX RÉSULTATS DÉVELOPPEMENT DURABLE

Valorisation des coproduits issus de carrières : l'exemple du projet CLIMAXION

Le projet CLIMAXION est une initiative visant à évaluer la faisabilité technico-économique d'une valorisation des déchets fins de carrière dans le domaine de l'agriculture biologique, dans la Région Grand Est.

Ce projet, financé par l'ADEME et la Région Grand Est, a impliqué différents acteurs : en premier lieu, ceux liés à la production de matières minérales fines (Graniterie Petitjean, UNICEM), accompagnés par le CTMNC, mais aussi des acteurs du secteur agricole, des bureaux d'études, et des organismes de recherche, tels que l'INRAE⁽³²⁾, porteur du projet.

La méthodologie de CLIMAXION comprend plusieurs étapes clés :

- **Une évaluation minutieuse des sources de déchets**, avec une distinction entre les différents types de roches mères (argiles, calcaires, granites, grès, sables, etc.) et les trois grandes catégories d'entités génératrices : les minéraux pour l'industrie, les roches ornementales et de construction, et les granulats.
- **L'analyse des aspects pratiques de l'utilisation de ces déchets en agriculture biologique.** Des tests en serre et au champ ont été mis en œuvre, ciblant des cultures spécifiques, telles que la tomate et la luzerne. Ces expériences visaient à évaluer l'apport des déchets en termes de production agricole et de qualité des cultures.
- Sur le plan économique, le projet a intégré **une enquête sur le consentement à payer des agriculteurs**, afin de mesurer leur disposition à adopter ces amendements alternatifs. Les résultats de l'enquête ont montré un intérêt significatif, avec 84 % des agriculteurs prêts à payer pour l'amendement calcaire et 64 % pour l'amendement riche en potassium. Cependant, des obstacles ont été identifiés, notamment le besoin de mieux démontrer les performances agronomiques et de surmonter les coûts d'investissement liés à de nouveaux équipements, comme les épandeurs à rampe.

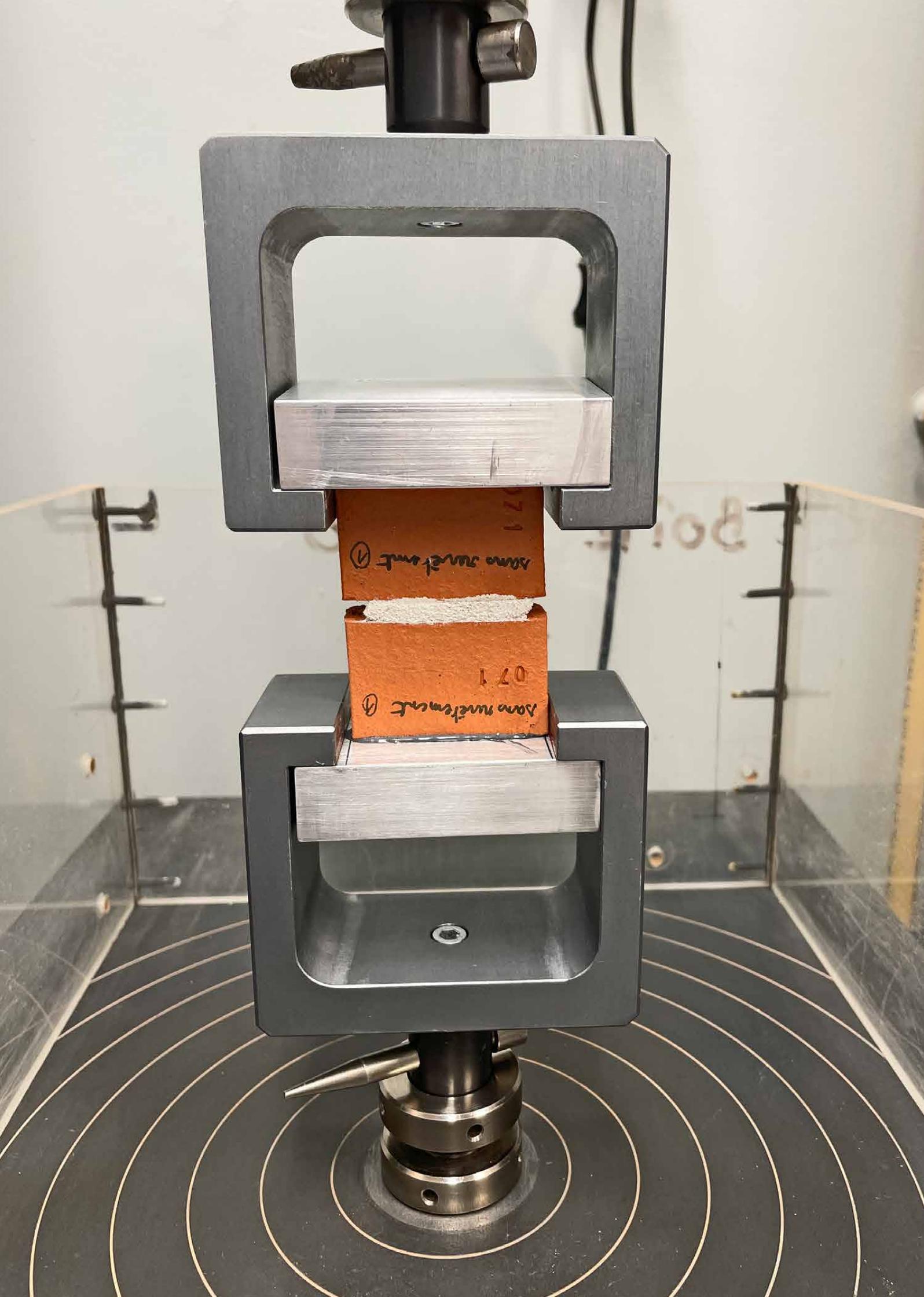
Ainsi, le projet CLIMAXION offre une approche complète pour évaluer la viabilité de l'utilisation des fines de carrière en agriculture, intégrant des aspects techniques, économiques et environnementaux. Les résultats soulignent un intérêt considérable, mais des efforts supplémentaires sont nécessaires pour surmonter les défis identifiés et promouvoir l'adoption généralisée de cette pratique vertueuse, tant d'un point de vue économique, qu'environnemental ou encore sanitaire.



Les partenaires du projet et un aperçu de déchets fins utilisables en agriculture

Le CTMNC participera à la diffusion de ces résultats, et envisagera la suite avec les professionnels intéressés au sein d'un GT Environnement dédié.

(32) INRAE : Institut National de la Recherche Agronomique.



PRINCIPAUX RÉSULTATS RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Projet HyDéTOP : premières cuissons de produits de terre cuite avec l'intégration d'hydrogène comme combustible

Le projet HyDéTOP, en partenariat avec le laboratoire CORIA-CNRS et l'entreprise CLEIA, et financé par l'ADEME, GRDF et GRTGAZ, a débuté fin 2021 et doit se finaliser fin 2024. Il a pour objectif d'évaluer l'impact de l'intégration d'hydrogène pour la cuisson des produits de terre cuite.



Logos des partenaires du projet HyDéTOP

L'année 2023 a été une année de fortes avancées pour le projet avec :

- La réalisation, au sein du laboratoire CORIA, de mesures permettant d'étudier, pour un brûleur industriel, l'évolution du profil et du comportement réactionnel de la flamme avec l'intégration progressive d'hydrogène au méthane, jusqu'à atteindre 100 % d'hydrogène,
- La réalisation de cuissons de produits en provenance d'usines dans la cellule d'essais de l'entreprise CLEIA, adaptée pour utiliser comme combustible des mix gaz naturel / hydrogène, et de l'hydrogène à 100 %.

Le laboratoire CORIA a mis au point un banc d'essais motorisé suivant les trois axes sur lequel est positionné le brûleur, flamme vers le haut. Un système de régulation des débits d'air, de méthane et d'hydrogène permet le pilotage du brûleur en fonction de la puissance, du ratio volumétrique d'hydrogène, et du ratio d'excès d'air. Un dispositif d'imagerie de chimiluminescence des radicaux OH a été implémenté pour observer l'évolution de l'intensité des zones réactionnelles de combustion (cf. Image 1) et mesurer la longueur de flamme moyenne (cf. Image 2) pour une puissance de 25 kW, deux valeurs d'excès d'air ($\lambda = 1,2$ et 2), et huit ratios volumétriques d'hydrogène (de 0 ; 0,06 ; 0,2 ; 0,5 ; 0,75, 0,9 ; 0,95 et 1).

Les mesures ont permis d'observer qu'à puissance constante l'intégration d'hydrogène au méthane a pour effet de diminuer la longueur de flamme,

mais aussi de faciliter son ancrage et d'améliorer la réponse du brûleur avec l'augmentation du ratio de débit d'air.

Ces premiers résultats ont été présentés sous forme de poster lors du congrès « European Combustion Meeting 2023 » à Rouen⁽³³⁾, et lors d'une Journée thématique « Combustion Hydrogène », organisée à Orléans par le Groupement Français de Combustion⁽³⁴⁾.

De nouveaux essais couplant des mesures PIV (Particule Image Velocity) et PLIF (Planar Laser Induced Fluorescence) seront menés pour étudier les variations de dynamiques des fluides qui agissent sur la flamme lors de l'intégration d'hydrogène.

En fin d'année 2023, des cuissons de produits dans la cellule d'essais de l'entreprise CLEIA ont été réalisées. Après un travail d'adaptation de la cellule pour la mise en place d'un réseau d'alimentation spécifique pour l'hydrogène, l'élaboration de systèmes de prémélanges des deux gaz pour la réalisation des mix et la mise en sécurité de l'installation, les cuissons de tuiles et de plaquettes se sont enchaînées durant un mois et demi.

Trois cycles de cuisson différents avec cinq alimentations en combustible ont été testés : quatre mix gaz naturel / hydrogène (94/6 ; 80/20 ; 50/50 ; 25/75) et une cuisson à 100 % d'hydrogène. Lors de ces cuissons, différentes mesures ont été effectuées :

(33) « Effect of hydrogen addition on highly turbulent flames produced by industrial burners », par C. Lacour, O. Torres, F. Lefebvre, D. Honoré, S. Houidi, O. Lebasle, C. Poirier, ECM2023, Rouen, 26-28 avril 2023.

(34) « Lab-scale study of turbulent flames with hydrogen integration in combustion process for tiles and bricks industry », par O. Torres-Mercado, C. Lacour, D. Honoré, S. Houidi, O. Lebasle, C. Poirier – Journée thématique Combustion Hydrogène, Orléans, 19 octobre 2023.

PRINCIPAUX RÉSULTATS RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

- Des mesures de température ambiante et dans la charge du four à l'aide de thermocouples,
- Des mesures d'état de cuisson à l'aide d'anneaux de Buller et la mesure de certains éléments émis dans les fumées (O_2 , CO_2 , CH_4 , NO_x , SO_2).

Les produits obtenus vont ensuite être caractérisés au CTMNC vis-à-vis de leurs propriétés d'usage (résistance mécanique, résistance au gel, etc.), et de la colorimétrie.

L'année 2024 sera consacrée à la finalisation du projet, avec la caractérisation des produits et de leur comportement en cuisson. Une étude technico-économique portera sur la disponibilité en « hydrogène vert », notamment en termes de production, de fourniture (autoproduction, production mutualisée localement, réseaux), et de coûts.

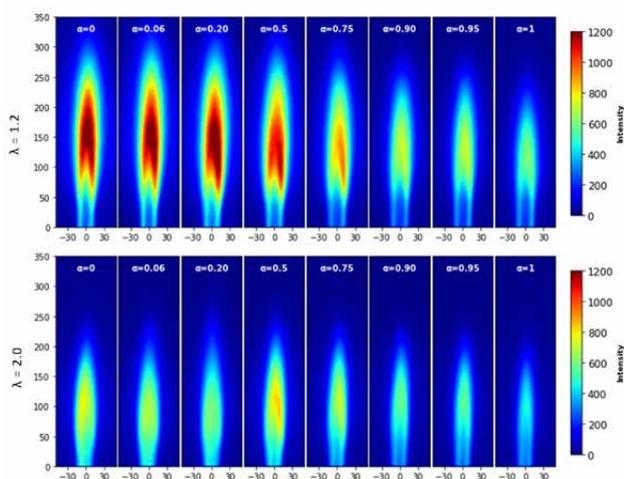


Image 1 – Chimiluminescence des radicaux OH - Images moyennes

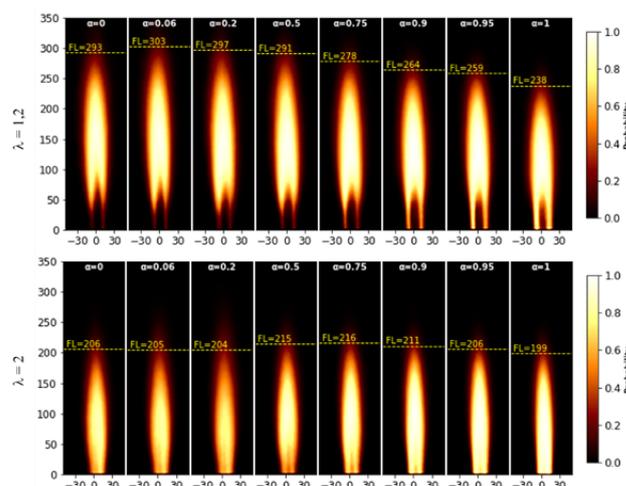


Image 2 – Profil de flamme - Longueur de flamme

(photos : CORIA-CNRS)

État de l'art sur le captage du CO_2 dans l'industrie de la terre cuite

Les fumées des tuileries et des briqueteries, faiblement concentrées en CO_2 , sont mal adaptées aux technologies de captage actuelles, mais le dynamisme de la filière spécialisée dans le captage du CO_2 pourrait ouvrir de nouvelles perspectives.

Les travaux de l'année 2023 ont d'abord consisté à **connaître les volumes de CO_2 émis et les caractéristiques des fumées** des usines de terre cuite, soumises au Système d'Échange de Quotas d'Émission (SEQUE-UE) de CO_2 . Puis, **un inventaire des technologies de captage** a été réalisé, afin d'identifier celles qui conviendraient aux fumées de la filière. Cet inventaire a été dressé à partir d'une bibliographie scientifique, d'échanges avec des prestataires et des experts français, notamment dans le cadre du Club CO_2 .

Le bilan de cet état de l'art est que s'il était techniquement possible de capter le dioxyde de

carbone, moyennant un prétraitement des fumées, la viabilité économique de l'opération ne serait pas garantie, au vu du faible volume annuel de CO_2 et de sa faible concentration dans ces fumées. **Toutefois, l'étude montre que les technologies de captage du CO_2 ne sont qu'à leurs débuts.** Sous l'impulsion des politiques publiques, de nombreux projets de recherche, de développement ou de déploiement sont en cours. De ce fourmillement d'idées et d'initiatives, des solutions adaptées aux petits émetteurs de sources faiblement concentrées pourraient voir le jour.

Captage et stockage du CO₂ atmosphérique par carbonatation des produits de terre cuite

La concentration atmosphérique mondiale de CO₂ a atteint un nouveau record en 2023, avec une moyenne de 417,9 ppm. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet ambitieux du CTMNC de conférer aux produits de terre cuite la capacité de capter et de stocker le CO₂ atmosphérique par carbonatation.

La carbonatation minérale est un processus permettant le stockage du CO₂ sous une forme minérale inerte et thermodynamiquement stable : il s'agit d'une réaction de précipitation entre le CO₂ et des métaux alcalins ou alcalino-terreux, principalement Ca²⁺ ou Mg²⁺, conduisant à l'obtention de carbonates, tels que la calcite (CaCO₃), la magnésite (MgCO₃) ou la dolomite (CaMg(CO₃)₂). Cependant, l'une des difficultés se présentant dans le cadre de la carbonatation des produits de terre cuite est la faible teneur en cations Ca²⁺ et Mg²⁺ libres des argiles couramment utilisées pour la fabrication des produits.

Ainsi, au cours de l'année 2023, **deux axes de recherche ont été explorés**, afin d'approfondir les connaissances du CTMNC sur le sujet :

- Un premier stage de master de six mois a été réalisé en partenariat avec le Laboratoire de Chimie de la Matière Condensée de Paris (LCMCP - Sorbonne Université), dont l'objectif était d'évaluer **la capacité de pastilles de terre cuite enrichies en cations Ca²⁺, Mg²⁺ et Na⁺ à se carbonater au cours d'un essai de carbonatation accélérée**.
- Un partenariat de recherche a également été mis en place avec le Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFCR) d'Anglet, dont l'objectif est d'étudier **l'impact de la porosité des produits de terre cuite sur leur processus de carbonatation**.

Lors du stage mené avec le LCMCP, des pastilles de terre cuite ont été mises en forme à partir d'illite, de kaolinite ou de montmorillonite, et d'additifs (wollastonite (CaSiO₃), trisilicate de magnésium (Mg₂Si₃O₈), hydroxyde de magnésium (Mg(OH)₂) et métasilicate de sodium (Na₂SiO₃·5H₂O)) de différentes proportions massiques. Si ces additifs ont effectivement permis l'enrichissement des pastilles en cations Ca²⁺, Mg²⁺ et Na⁺, des modifications surfaciques ont été constatées après cuisson, comme la formation d'une phase vitreuse ou l'apparition d'efflorescences.

Ces pastilles ont ensuite été soumises à un essai de carbonatation accélérée, réalisé dans les conditions expérimentales prescrites par la norme XP P18-458 (une humidité relative de 65 ± 5 %, une température de 20 ± 3 °C). Pour cela, un montage expérimental constitué d'une chambre de carbonatation a été conçu et optimisé au LCMCP. Lors de cet essai, les pastilles ont été soumises à un mélange à 50/50 de CO₂/air pendant 28 jours, pesées à différentes échéances (à 4, 7, 14, 21 et 28 jours), puis caractérisées pour identifier la formation potentielle de carbonates précipités.

Au terme des 28 jours, une prise en masse a été mesurée pour l'ensemble des pastilles. Toutefois, les caractérisations menées n'ont pas permis de mettre en évidence la formation de carbonates : la prise en masse observée pourrait être liée à l'hydratation des additifs décomposés lors de la cuisson. L'absence de précipitation de carbonates pourrait être imputée à des conditions expérimentales non optimales, et plus particulièrement au taux d'humidité relative. Ce dernier constitue en effet un paramètre clé pour la carbonatation des produits de terre cuite, puisqu'une humidité trop faible limiterait la dissolution du CO₂ et donc la carbonatation, tandis qu'une humidité trop élevée bloquerait la diffusion du CO₂ dans le matériau.

Parallèlement, les premiers essais menés au LFCR sur des pastilles sèches d'illite, de kaolinite et de montmorillonite ont mis en évidence l'importance de considérer les paramètres de porosité des matériaux, tels que leur micro- et macroporosité, leur porosité de transport ou leur perméabilité axiale pour l'étude de leur carbonatation.

Ce projet se poursuivra en 2024, avec la réalisation d'un second stage de master en partenariat avec le LCMCP. Il est également prévu le démarrage d'une thèse à l'automne 2024, entre le CTMNC, le LCMCP et le LFCR.

PRINCIPAUX RÉSULTATS RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

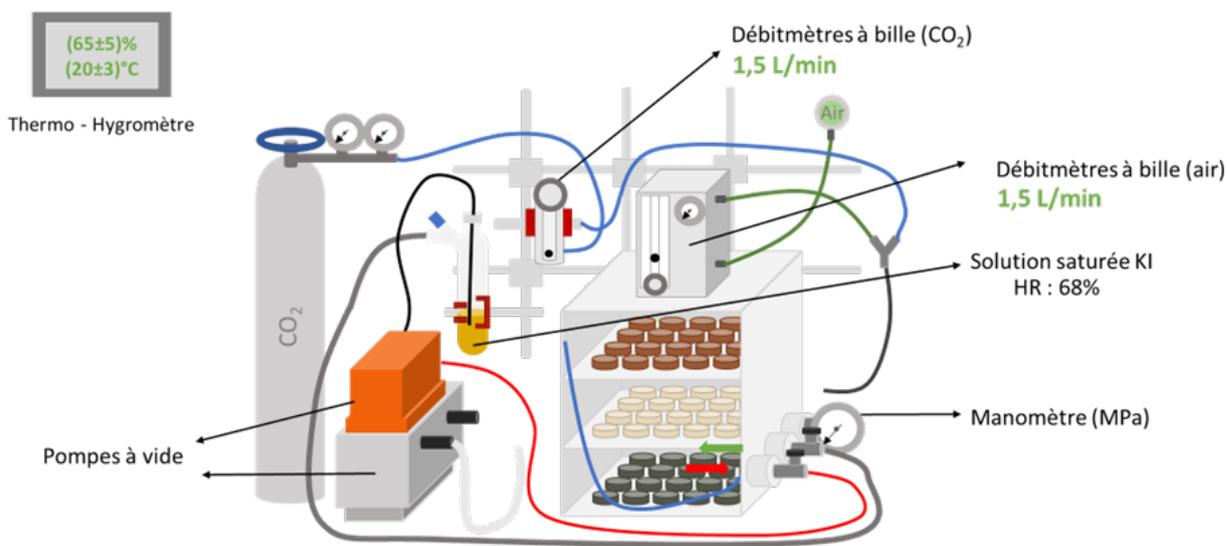
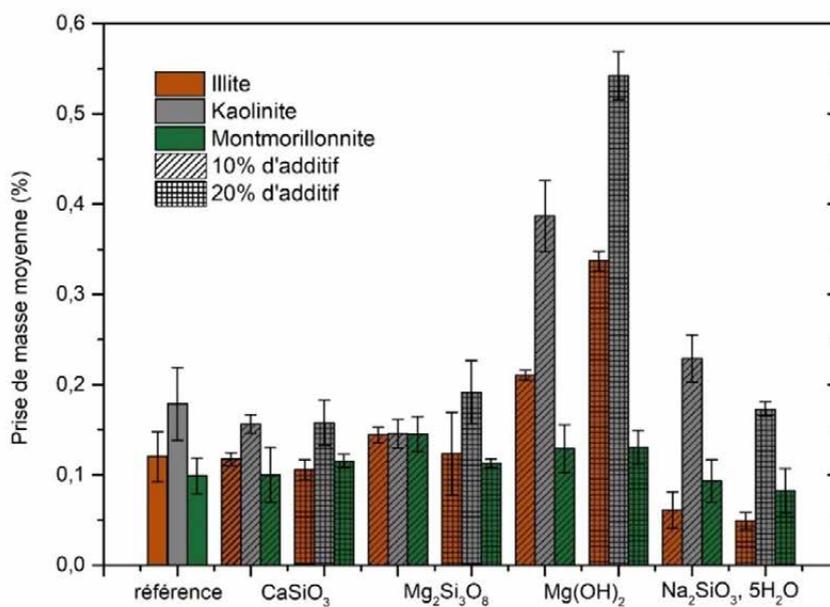


Schéma du dispositif expérimental conçu pour l'essai de carbonatation accélérée



Résultats de l'essai de carbonatation accélérée : prises de masse moyennes des pastilles après 28 jours d'exposition au mélange CO₂/air



Logos des trois partenaires impliqués dans la recherche sur le captage et le stockage du CO₂ par carbonatation

Développement de solutions préventives contre le verdissement des produits de terre cuite : publication d'un brevet européen

Le CTMNC met à la disposition des industriels de la filière des solutions par traitement de surface permettant de prévenir la colonisation et le verdissement des produits apparents par les micro-organismes. Ces traitements de surface sont l'aboutissement d'une dizaine d'années de recherche scientifique, d'essais, de comparaisons sur le terrain, et de développement de solutions et de dispositifs expérimentaux de caractérisation. Un brevet européen revendique désormais cette innovation.

La présence de micro-organismes (algues, mousses, lichens...) à la surface des matériaux de construction provoque non seulement un aspect inesthétique mais aussi une dégradation physique et chimique du matériau. Étant données leur composition et leur morphologie, les matériaux naturels poreux, dont les produits de terre cuite, favorisent la colonisation de leur surface par les micro-organismes.

Le projet de R&D mené a eu pour but d'observer et d'évaluer le comportement de tuiles traitées ou non à l'aide de revêtements anti-verdissement face aux conditions naturelles de colonisation. Les travaux ont permis d'aboutir au développement de solutions préventives en accord avec les exigences et les contraintes des lignes de production et, de ce fait, sont transposables à l'échelle industrielle.

En outre, l'étude a permis de suivre le taux de développement et de prolifération de micro-organismes à la surface de tuiles traitées anti-verdissement en conditions réelles (tuiles produites et traitées sur place, en usines).

L'intégralité des travaux réalisés a conduit le CTMNC à déposer, le 10 juin 2020, la demande de brevet FR 3 111 346, sous l'intitulé « **Procédé de traitement anti-verdissement d'un matériau de construction** ». La demande a été publiée le 17 décembre 2021.

Faisant suite aux demandes des industriels et pour permettre une protection plus étendue de l'invention, le Centre a demandé son extension à un niveau international en mai 2021 : la demande

de brevet WO 2021/250335 A1 a ainsi été publiée le 16 décembre 2021, et a donné lieu à la **publication de la demande de brevet EP 4 165 000 le 19 avril 2023** ⁽³⁵⁾.

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE COURBEVOIE		11 N° de publication : 3 111 346 <small>(à utiliser que pour les commandes de reproduction)</small> 20 N° d'enregistrement national : 20 06046 61 Int. Cl. : C 04 B 41/87 (2019.12), C 04 B 41/50, C 09 D 5/16, 1/00
12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1		
22 Date de dépôt : 10.06.20. 36 Priorité :	71 Demandeur(e) : Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC) Centre technique — FR.	
43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 17.12.21 Bulletin 21/50. 56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.	72 Inventeur(s) : FASSIER Marielle.	
64 Références à d'autres documents nationaux apparentés :	73 Titulaire(s) : Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC) Centre technique.	
<input type="checkbox"/> Demande(s) d'extension :	74 Mandataire(s) : IP TRIUGT.	
54 PROCÉDE DE TRAITEMENT ANTI-VERDISSEMENT D'UN MATÉRIAU DE CONSTRUCTION. 57 La présente invention concerne un procédé de traitement anti-verdissement d'un matériau de construction ordinaire par dépôt d'un revêtement réalisant une dégradation des dépôts organiques lors de l'exposition à la lumière solaire, caractérisé en ce qu'il consiste à déposer, avant la cuisson du matériau de construction et après son façonnage, une couche d'un oxyde d'un semi-conducteur, dont la température de dégradation est supérieure à la température de cuisson dudit matériau de construction.		
FR 3 111 346 - A1		
		

Aperçu de la demande de brevet français FR 3 111 346 – A1, déposée à l'INPI le 10 juin 2020

(35) Brevet européen EP 4 165 000 du 19/04/2023 : « Method for anti-greening treatment of a building material ».

Save the Date 2025 : un symposium sur la cuisson à l'hydrogène des produits de terre cuite

Avec le projet HyDÉTOP, le CTMNC accompagne la filière de la terre cuite dans son évolution vers la décarbonation du process avec la cuisson de ses produits à l'hydrogène, à l'instar des autres pays européens. Echanger les retours d'expérience au cours d'un symposium est une étape clé dans la progression de l'industrie à l'échelle européenne sur cette nouvelle thématique.

Les projets sur l'intégration de l'hydrogène comme combustible sont nombreux en Europe : le projet HyDÉTOP ⁽³⁶⁾, en est un exemple parmi d'autres. Afin d'échanger les connaissances accumulées, et de nouer des liens dans la perspective d'élaborer d'autres projets avec de futurs partenaires, le CTMNC prévoit d'organiser un événement sur cette thématique. Le format d'un symposium s'est imposé après des échanges avec certains homologues européens et la fédération européenne des industriels Cerame-Unie.

Ce symposium d'une journée a pour vocation de **rassembler les industriels européens du domaine de la céramique** (carreaux, sanitaires, arts de la table, réfractaires, terre cuite), **les Centres Techniques Industriels, les équipementiers et des experts** issus du secteur universitaire pour échanger autour de la cuisson à l'hydrogène. En novembre 2025, auront lieu à Bruxelles deux événements majeurs : « European Hydrogen Week », salon d'exposition autour de l'hydrogène, et les « European Ceramic Days 2025 ». Le CTMNC compte profiter de ces deux manifestations pour promouvoir son symposium.



(36) Voir l'article dédié au projet HyDÉTOP page 39.

Exposition aux poussières minérales : le point sur la thèse en cours

À la demande du SNROC, le CTMNC a lancé des travaux de thèse sur l'exposition aux poussières minérales dans les ateliers de découpe ou de transformation des produits de pierre naturelle. Les travaux de recherche sont menés en partenariat avec le LRGP⁽³⁷⁾ de Nancy, et bénéficie d'un cofinancement de l'ANRT et du CTMNC.

L'objectif de cette thèse est de **concevoir des solutions technologiques, pratiques et efficaces visant à réduire les risques** liés à l'exposition des acteurs de la filière ROC aux poussières minérales. Au cours de la première année de thèse, les réglementations en vigueur, en France et en Europe, relatives à la protection des travailleurs exposés à des poussières, ont été répertoriées, avec une évaluation de leur applicabilité à la filière ROC. Une synthèse a été élaborée pour faciliter la compréhension et l'adoption de ces réglementations par les professionnels du domaine.

Plusieurs visites de sites, comprenant des carrières et des ateliers, ont permis au doctorant travaillant sur le sujet⁽³⁸⁾ de **mieux appréhender les divers procédés de façonnage des pierres naturelles**, tout en évaluant l'exposition des salariés à ce type de poussières, qu'elles contiennent ou non de la silice cristalline.

Une campagne expérimentale hivernale sur sites débutera en 2024 jusqu'en mars.

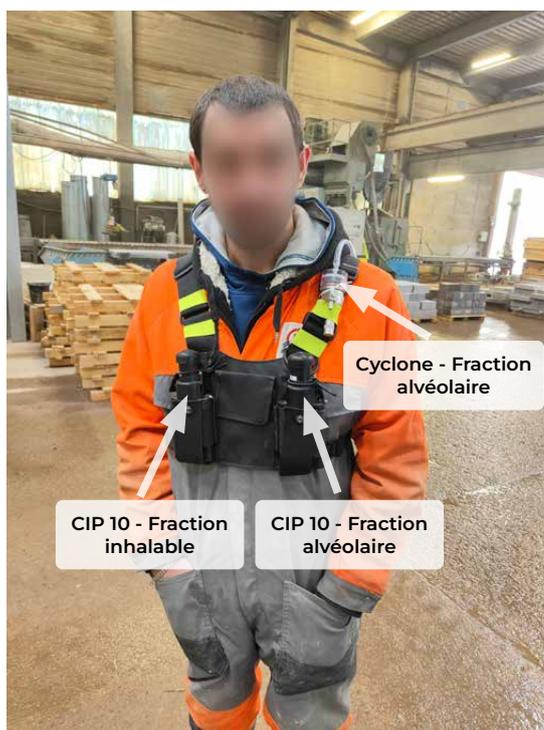
L'objectif est d'étudier l'exposition des travailleurs, pour différents procédés de façonnage et divers types de pierres, tels que le granite, le calcaire dur et tendre,

le grès, le tuffeau, les laves et le marbre. Pour couvrir l'exposition de manière exhaustive, des mesures de protection seront établies pour les opérateurs, comme pour leur environnement de travail. Les poussières seront également caractérisées, permettant de déterminer la taille des particules, et leur composition. Une

autre campagne est prévue pour la période estivale, de juin à septembre 2024.

En ce qui concerne les mesures d'ambiance, des capteurs d'empoussièremment (SPS30) sont utilisés. Une partie des travaux consiste à vérifier leur fiabilité, notamment à travers le montage d'un banc d'essai en laboratoire reproduisant les conditions réelles de plusieurs procédés. Les capteurs seront également utilisés pour établir une cartographie de l'empoussièremment dans une marbrerie, afin de réaliser des simulations (CFD) pour analyser la propagation des particules dans l'environnement de travail. En usage industriel, ces capteurs à bas coût pourraient être installés sur des procédés ou des opérateurs, dans le but de

suivre en temps réel l'évolution de l'empoussièremment. Des seuils d'alerte pourraient être programmés afin d'alerter en cas de danger.



Exemple d'équipement avec capteurs d'empoussièremment

(37) LRGP : Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, unité mixte du CNRS et de l'Université de Lorraine.

(38) Adrien Rizza.

Soutenance de la thèse sur la résistance au feu des murs de maçonnerie en pierre naturelle

La pierre naturelle, matériau bas carbone, est de plus en plus employée dans la construction neuve. Cependant il n'existe pas de recommandations pour le calcul au feu des bâtiments en pierre naturelle dans les textes normatifs, comme l'Eurocode 6, ce qui rend son utilisation plus complexe. Dans ce contexte, Élodie Donval a soutenu brillamment sa thèse de doctorat, en octobre 2023, sur un projet lancé en 2020 et co-encadré par le CSTB, le CTMNC et l'École des Ponts.

La thèse soutenue visait à proposer **une méthode de dimensionnement au feu des murs en pierre naturelle massive**, à visée applicative pour l'ingénieur. La méthode présentée porte, de manière découplée, sur les deux principaux effets du feu sur le mur : la dégradation des matériaux, due à l'élévation de température, et l'apparition d'une courbure thermique, causée par le développement d'un gradient thermique dans l'épaisseur du mur. **La courbure thermique**, qui crée des moments additionnels dus à l'excentrement des charges verticales initialement présentes, est évaluée par homogénéisation thermoélastique.

En parallèle, **l'effet de la dégradation de la résistance des matériaux** est évalué à l'échelle de l'assemblage bloc-mortier, en se basant sur une méthode d'homogénéisation en Calcul à la Rupture. Différentes approches, semi-analytique et numériques, sont proposées, afin de prendre en compte à la fois les hétérogénéités initiales de l'assemblage, ainsi que celles dues à la perte de résistance de la pierre et du mortier à haute température. Il devient alors possible d'évaluer

la résistance au feu du mur, modélisé par une plaque, dans sa configuration déformée par le feu par le Calcul à la Rupture. **Le caractère direct de l'approche Calcul à la Rupture et l'homogénéisation périodique permettent un calcul rapide et adapté à l'ingénieur.**

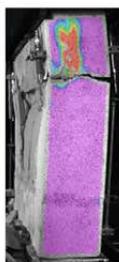
En complément des modélisations proposées, **des validations expérimentales ont été réalisées à deux échelles**. Une étude expérimentale à température ambiante a permis, tout d'abord, de caractériser le comportement d'un trumeau vis-à-vis de sollicitations de compression centrée et excentrée par rapport à son plan (voir la figure ci-dessous), et de vérifier l'applicabilité de la démarche pour la détermination du critère de résistance à température ambiante. Un essai au feu sur un mur à l'échelle 1 a fourni ensuite une validation expérimentale à l'ensemble de la méthode.

Ces travaux ouvrent ainsi la voie à l'intégration de la résistance au feu des maçonneries en pierre naturelle dans les normes de construction comme l'Eurocode 6.

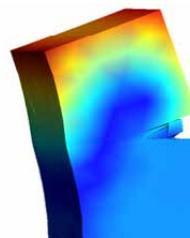
Résistance d'un trumeau à une sollicitation de compression excentrée, à température ambiante



Maquette testée



Mécanisme de rupture observé par corrélation d'images



Mécanisme de rupture obtenu par l'approche cinématique numérique du calcul à la rupture

PRINCIPAUX RÉSULTATS RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Avancement du projet ANR POSTFIRE sur la stabilité et la préservation des bâtiments du patrimoine culturel en maçonnerie de pierre après incendie

Depuis le lancement du projet POSTFIRE, les premiers résultats expérimentaux, de l'échelle du matériau vers l'échelle du mur, sont prêts à être publiés, tandis qu'une approche numérique à l'échelle du mur est en cours de développement. 2024 sera notamment dédiée à la proposition de lignes directrices pour l'évaluation post-incendie des ouvrages.

Les incendies affectant des bâtiments historiques ont montré la vulnérabilité des monuments en pierre vis-à-vis du feu. L'exemple récent de l'incendie de Notre-Dame de Paris, a montré une fois de plus la vulnérabilité au feu des éléments de structure. Le projet POSTFIRE vise donc à approfondir les connaissances scientifiques sur le comportement mécanique multi-échelles de la maçonnerie en pierre naturelle soumise à des incendies, et dans des conditions post-incendie.

Lancé en 2020 grâce à un financement ANR ⁽³⁹⁾, le programme scientifique du projet POSTFIRE se concentre sur les cinq étapes suivantes :

1. La caractérisation de 13 pierres calcaires françaises par des essais en laboratoire, dans des conditions originales, chaudes et résiduelles
2. Des essais au feu d'éléments structurels
3. L'élaboration de stratégies de modélisation à l'échelle du matériau et de la structure
4. L'application sur une étude de cas (les voûtes effondrées de la cathédrale Notre-Dame de Paris)
5. L'évaluation des bâtiments en pierre face au risque incendie, à partir des résultats obtenus dans le cadre du projet.

À l'échelle du matériau, le comportement mécanique des pierres calcaires à haute température est généralement établi à partir d'essais mécaniques

réalisés sur des éprouvettes chauffées à une température cible, puis refroidies à la température du laboratoire (cf. Figure 2). Cette caractérisation, dite « en résiduel », est réalisée et comparée, dans le cadre du projet, avec le comportement mécanique à chaud réalisé au moyen d'un équipement spécifique disponible au CTMNC (cf. Figure 3).

La confrontation des analyses minéralogiques (DRX), physico-chimiques (ATG-ATD) et pétrographiques (taille des grains) avec la résistance mécanique résiduelle après chauffage, permet d'identifier les paramètres de sensibilité thermique des pierres à hautes températures.

À l'échelle du mur, les essais de résistance au feu ont été réalisés au CSTB sur trois types de pierres, de différentes classes de résistance. Pour chaque type de pierres, la perte post-incendie de la capacité portante des murs a été évaluée par rapport à deux états de chargement : mur non-chargé et mur chargé jusqu'à 50 % de sa capacité portante.

Le CTMNC poursuivra en 2024 la tâche 8, qui consiste à valoriser et à transférer les résultats scientifiques obtenus au cours du projet vers l'ingénierie de la construction en pierre massive, et notamment vis-à-vis de la sécurité incendie.



Figure 1 - Logos des partenaires du projet ANR POSTFIRE (2020-2024) : CTMNC, CSTB, ROCAMAT, CY Cergy Paris Université (L2MGC), LRMH, Université d'Orléans (LAME).

(39) ANR : Agence Nationale de la Recherche.

PRINCIPAUX RÉSULTATS RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

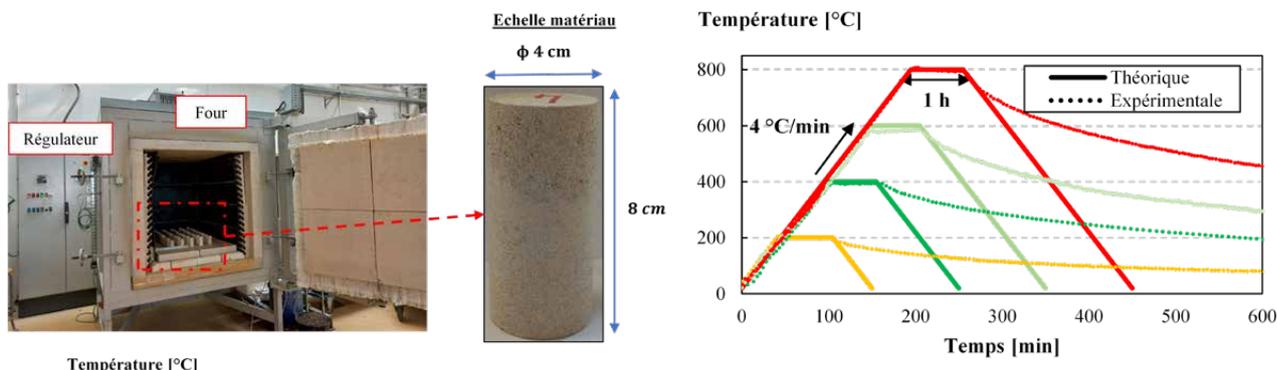


Figure 2 - Four électrique à 900°C utilisé pour le chauffage des éprouvettes cylindriques (longueur : 8 cm et diamètre : 4 cm) à différents cycles de chauffage-refroidissement (200, 400, 600 et 800°C)

(droits : projet ANR POSTFIRE)

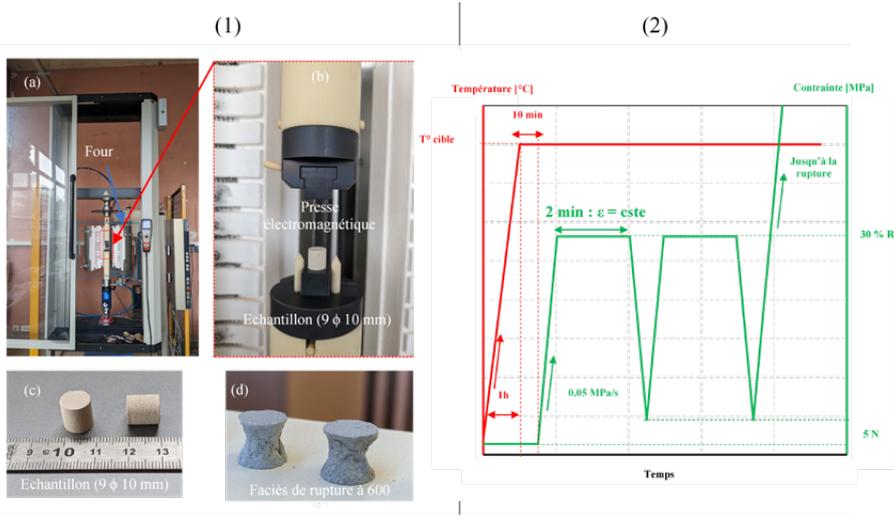


Figure 3

(1) Equipement d'essais mécaniques à chaud disponible au CTMNC
 (2) Programme thermo-mécanique de l'essai dit à chaud : phase initiale d'élévation de la température, suivie d'une phase de maintien de la température cible, puis démarrage du chargement mécanique

	LEU	TER	MA
Face chauffée			
Face non chauffée			

Figure 4

Fissures observées sur les faces chauffées et non chauffées des différents murs chargés
 (droits : projet ANR POSTFIRE)

PRINCIPAUX RÉSULTATS RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Projet National DOLMEN - Développement d'Outils et de Logiciels pour la Maçonnerie Existante et Neuve : les actions menées par le CTMNC

Le Département ROC du CTMNC s'investit, depuis la fin 2021, dans le projet de recherche national DOLMEN. Ce projet regroupe un grand nombre d'acteurs : universités, laboratoires, bureaux d'études, collectivités...

Le Projet National DOLMEN porte sur les constructions en maçonnerie de pierre ou de brique, avec ou sans liant, et du génie civil : ponts, murs de soutènement, quais, digues, barrages, tunnels, canaux, conduites, etc.

L'objectif est de progresser dans la compréhension du comportement des ouvrages d'art en maçonnerie, puis de transférer les résultats de la recherche à la profession pour :

- Proposer des outils adaptés et efficaces pour améliorer l'évaluation et la maintenance du patrimoine existant en toute sécurité et durabilité ;
- Rétablir la maçonnerie dans le catalogue des techniques de construction contemporaines.

Le CTMNC intervient principalement sur l'Axe 1 (en tant que co-pilote de cet axe). Intitulé « **Caractérisation du matériau composite** », il vise à créer une base de données sur les valeurs courantes et la dispersion des caractéristiques des matériaux (blocs, mortier, interface, composite), tout en identifiant les protocoles expérimentaux pour obtenir ces données. Pour ce faire, le CTMNC a accueilli un stagiaire et, en complément, s'est investi dans d'autres actions et travaux de cet

axe, notamment en participant à un benchmark de mesures non-destructives réalisées sur des échantillons de pierres naturelles, visant à améliorer l'identification des sources de dispersion associées aux structures en maçonnerie à l'échelle locale.

Le CTMNC contribue également à l'Axe 5 du projet, qui cherche à démontrer les atouts écologiques, économiques et sociaux liés à la construction en maçonnerie, tout en prenant en compte le contexte d'intérêt grandissant pour l'économie circulaire.

Les objectifs sont ici, notamment, de proposer de nouvelles données environnementales dédiées à la maçonnerie, mais aussi de contribuer au développement d'un indicateur de réemploi/recyclage, et de réaliser l'Analyse de Cycle de Vie d'ouvrages de référence. Le CTMNC pilote une action intitulée « **Freins au réemploi** », en partenariat avec le CSTB et MAÏA SONNIER. L'étude menée consiste à établir et à hiérarchiser les freins au réemploi et à la réutilisation de la pierre naturelle, dans le but de pouvoir proposer des actions pour les lever dans un second temps. Un sondage a notamment été transmis à différents acteurs de l'acte de construire/déconstruire fin 2023, les résultats seront analysés début 2024.

Projet National ISSU - Innovations et Solutions pour lutter contre la Surchauffe Urbaine

Le CTMNC participera au projet de recherche collaboratif PN ISSU en 2024, centré sur la problématique de « surchauffe urbaine », liée aux îlots de chaleur et aux conditions thermiques en ville par temps chaud. En cours de labélisation « Projet National », le projet sera géré par l'IRES, coordonné par le cluster INDURA, et bénéficiera du soutien du Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.

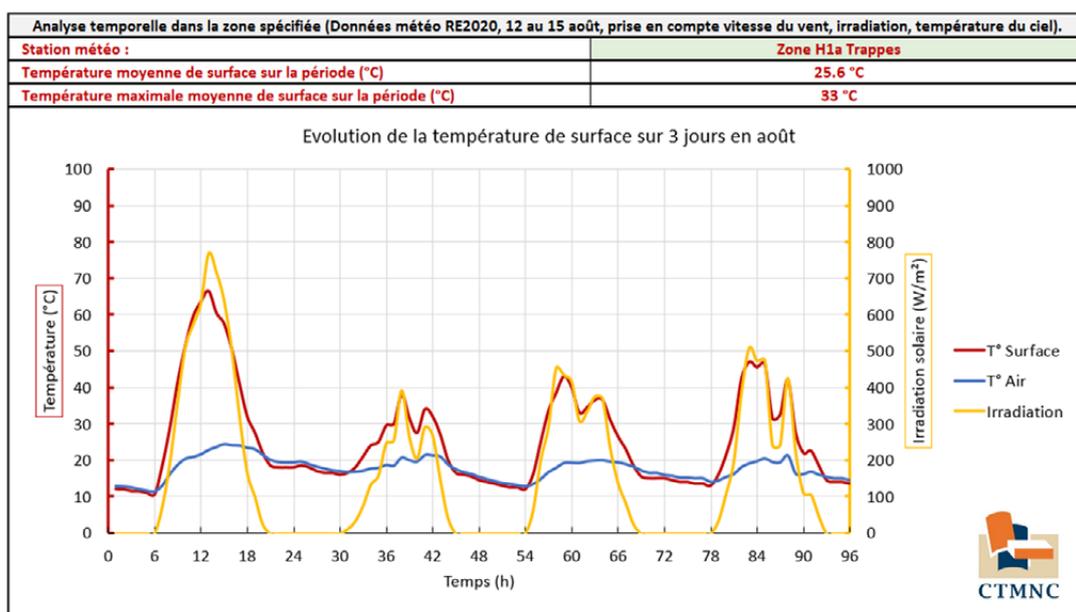
Face au changement climatique et à la densification urbaine, le manque de référentiels communs complique la comparaison des solutions existantes. Le projet ISSU, visant à comprendre, concevoir, et mettre en œuvre des solutions à différentes échelles, proposera des méthodes communes de caractérisation et d'évaluation de celles-ci.

Le projet se concentre sur trois axes de travail :

- La caractérisation thermique des composants du bâtiment

- L'évaluation globale des solutions à l'échelle d'un quartier/îlot urbain
- La mise en pratique de solutions à travers des démonstrateurs, pour tester les méthodes développées.

Le CTMNC a commencé à réfléchir à plusieurs études portant sur la caractérisation et la modélisation des propriétés des revêtements en pierre naturelle, ainsi que sur la mesure in situ de leur performance. Le Centre technique entend ainsi contribuer à valoriser des solutions efficaces dans la lutte contre le phénomène des « îlots de chaleur urbains ».



Évolution de la température de surface relevée en zone urbaine dense (à Trappes) sur la période du 12 au 15 août 2023, en fonction de l'irradiation solaire et de la température ambiante

PRINCIPAUX RÉSULTATS BIM

BIM et pierre naturelle

Le CTMNC a développé, avec l'aide de BIM&Co⁽⁴⁰⁾, des objets génériques numériques BIM⁽⁴¹⁾, destinés à couvrir la pierre massive et la pierre mince. En 2023, deux nouveaux objets sont venus enrichir la collection déjà disponible sur la plateforme en ligne.

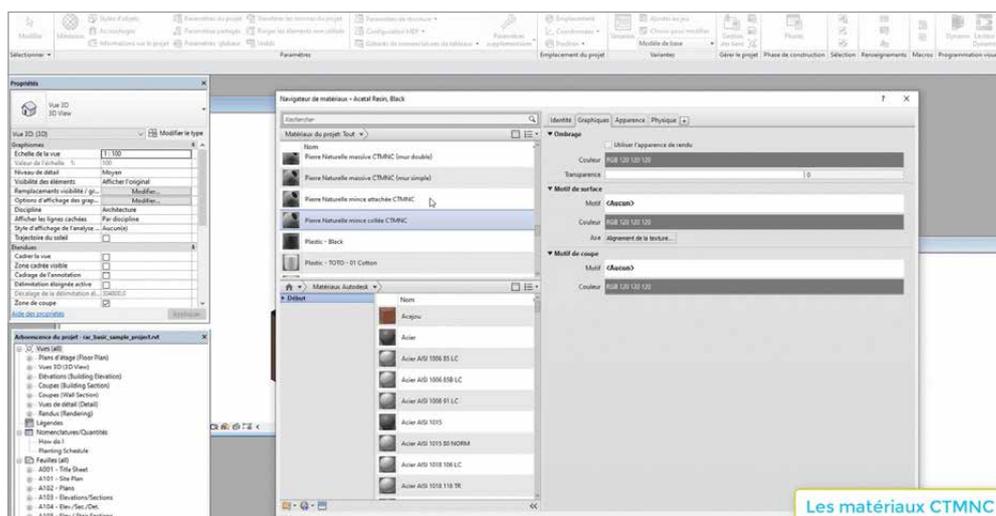
Pour concevoir ces objets numériques, le CTMNC a établi la liste des propriétés pertinentes, reprises des essais d'identité et d'aptitude à l'emploi présentés dans sa base de données en ligne Lithoscope[®]⁽⁴²⁾. Quelques-unes d'entre elles manquaient et ont donc été ajoutées : propriétés liées à l'étiquetage sanitaire, aux FDES, et au conditionnement.

La société BIM&CO s'est ensuite chargée de la création et de l'intégration de ces « matériaux pierres » numériques dans les logiciels spécialisés Revit[®] et Archicad[®]. En 2023, ce sont deux nouveaux ouvrages qui ont été rendus accessibles.

Voici les six ouvrages en pierre naturelle déjà implémentés pour le BIM :

- Mur simple (selon le NF DTU 20.1),
- Mur double (selon le NF DTU 20.1),
- Revêtement mural en pierre naturelle mince collée (selon le NF DTU 52.2),
- Revêtement mural en pierre naturelle mince attachée (selon le NF DTU 55.2),
- Revêtement de sol (hors voirie) en pierre naturelle mince collée (selon le NF DTU 52.2) (en 2023),
- Revêtement de sol (hors voirie) en pierre naturelle mince attachée (selon le NF DTU 55.2) (en 2023).

L'accès à ces objets numériques est proposé en téléchargement gratuit sur le site Web du CTMNC⁽⁴³⁾.



Aperçu des matériaux numériques « pierre naturelle » intégrés dans le logiciel Autodesk © Revit

(40) BIM&CO (France) : www.bimandco.com/bim/fr.

(41) BIM ou Building Management Modeling. Cette modélisation des informations du bâtiment est une nouvelle méthode de gestion des projets de construction, basée sur une maquette numérique 3D et contenant des données fiables et structurées.

(42) <https://lithoscopectmnc.com/>.

(43) Voir à la page « Tous les documents à télécharger », dans la rubrique « Pierre Naturelle » du site www.ctmnc.fr.

PRINCIPAUX RÉSULTATS QUALITÉ

COFRAC : le CTMNC a participé à la phase pilote du projet OMEGA

Le CTMNC, en tant qu'organisme accrédité pour la certification de produits de construction (CE2+), a été sélectionné par le COFRAC, et a accepté de tester le projet OMEGA. Le Centre a donc expérimenté la nouvelle évaluation de surveillance du COFRAC.

L'année 2023 fut une année de tests pour le COFRAC. Le Comité français d'accréditation a proposé à des organismes accrédités, entrant dans un nouveau cycle d'accréditation et sélectionnés selon leur typologie (taille, activité, nombre de sites...), d'expérimenter son **projet OMEGA (Optimisation des Modalités d'Evaluation et de Gestion des Accréditations)**. Cette évolution consiste en une démarche d'individualisation des évaluations sur la base des risques.

La démarche OMEGA permet :

- L'élargissement des intervalles de surveillance à 20 mois ;
- L'adaptation des durées d'évaluation ;
- La prise en compte de l'historique d'évaluation et de la performance de l'organisme ;
- La personnalisation du périmètre des surveillances.

Le CTMNC a accepté de participer à cette expérimentation lors de son évaluation de surveillance en tant qu'Organisme de certification notifié pour le marquage CE.

Son évaluation s'est ainsi déroulée en deux temps :

- L'observation par un évaluateur technique d'un audit du CTMNC, réalisé en usine, le 21 septembre 2023, portant sur la fabrication d'entrevous,
- Une évaluation par un évaluateur qualicien effectuée au CTMNC, les 12 et 13 octobre 2023, avec un échantillonnage des exigences évaluées selon les directives du COFRAC.

Les plans d'actions mis en œuvre par le CTMNC, en réponse aux cinq écarts relevés, ont été jugés satisfaisants, et les évaluateurs ont exprimé leur **confiance en la capacité du Centre technique à réaliser des audits de Marquage CE 2+** conformément aux exigences réglementaires et d'accréditation.

Des points forts du CTMNC ont été identifiés concernant :

- le personnel (expérimenté, formation continue, dossiers de suivi RH complets et détaillés),
- la pertinence des audits internes,
- la maîtrise du système de management de la Qualité,
- la bonne tenue des dossiers clients.

La prochaine évaluation du CTMNC par le COFRAC aura lieu en juin 2025.



Accréditations COFRAC n° 1-0143 « Essais » et n° 5-0075
« Certification de produits et services »
Portées disponibles sur www.cofrac.fr

PRINCIPAUX RÉSULTATS QUALITÉ

La dématérialisation au CTMNC : un projet de grande envergure qui voit le jour

Le CTMNC a fait l'acquisition d'un « LIMS » (Laboratory Information Management System), progiciel qui vise à dématérialiser l'ensemble de son offre commerciale. Un travail de grande envergure a permis à plusieurs unités de travail au Centre de fournir à leurs clients des prestations dématérialisées. Depuis la mise en production de l'outil, en février 2023, plus de 400 prestations d'essais ont ainsi été gérées.

Souhaitant optimiser son offre de prestations et la gestion documentaire qui en découle, le CTMNC a engagé une démarche de dématérialisation au travers du LIMS développé par la société Bassetti. Cette amélioration de son process commercial passe par l'uniformisation et la simplification de la gestion administrative. Grâce à cette informatisation, toutes les étapes (depuis la réception des produits ou la prise en charge de la demande du client, jusqu'à l'envoi du livrable), passent par l'outil, ce qui permet aux collaborateurs d'en suivre l'état d'avancement en temps réel. En outre, le LIMS assure la traçabilité et l'archivage de l'ensemble des documents qu'il génère.

Quelques chiffres pour illustrer l'utilisation de l'outil LIMS depuis sa mise en production :

- plus de 300 connexions à l'outil chaque mois,
- plus de 700 réceptions enregistrées,
- plus de 200 dossiers client ouverts,
- plus de 400 rapports d'essais établis,
- plus de 100 événements Qualité enregistrés,
- près de 1 000 documents Qualité intégrés.

Le travail se poursuit, afin que l'ensemble des offres de prestations fournies par le CTMNC passent, à terme, dans les rouages du LIMS.



Aperçu du LIMS utilisé par le CTMNC pour la gestion des informations relatives à ses prestations techniques

PRINCIPAUX RÉSULTATS VEILLE - COMMUNICATION

Une succession de Tables Rondes mettant à l'honneur la pérennité des tuiles et des briques dans la construction

En octobre 2023, plusieurs manifestations professionnelles, regroupant différentes filières de la construction, se sont succédé à l'adresse de différents publics (maîtres d'ouvrages, bailleurs sociaux, designers, architectes).

Ces manifestations d'échanges et de partages d'informations sectorielles visaient à montrer comment chaque filière répond aux préoccupations croissantes du secteur en matière de durabilité, de changement climatique et de gestion des ressources, tout en garantissant la sécurité, le confort, la santé, la durabilité et la qualité architecturale des bâtiments.

- **Table Ronde « Matériaux stratégiques pour la rénovation et la construction bas carbone »** au 8^{ème} congrès HLM organisé par l'USH⁽⁴⁴⁾, à Nantes, le 4 octobre 2023. L'événement a permis les interventions de Véronique Velez (USH), Nicolas Cailleau (CTICM), Stéphane Herbin (France Ciment), Céline Laurens (Fibois), Juliette Lavis (Novabuild) et Olivier Dupont (CTMNC).
- **Une Table Ronde aux « Rendez-vous de la Matière »** à Paris, le 11 octobre 2023, intitulée « Tuiles et briques,

source perpétuelle d'inspiration pour l'architecture ». Organisée par la FFTB⁽⁴⁵⁾, elle a réuni les architectes Philippe Prost, Charles Henri Tachon, Samuel Delmas et Olivier Dupont (CTMNC).

- **Table Ronde au Congrès de l'UNSFA⁽⁴⁶⁾** à Avignon, le 19 octobre 2023, sur le thème de « La pérennité et les matériaux de construction de demain ». Face aux architectes, se sont exprimés Nicolas Cailleau (CTICM), Stéphane Herbin (France Ciment), Jean Marc Pauger (CNDB), Julien Hans (CSTB) et Olivier Dupont (CTMNC).

Ces différents débats ont donné l'opportunité au CTMNC de présenter les atouts des tuiles et des briques face aux enjeux du secteur de la construction, en raison de leur ancrage patrimonial et de leurs qualités de durabilité.



Intervention d'Olivier Dupont (CTMNC) au Congrès de l'UNSFA 2023

(44) USH : Union Sociale pour l'Habitat.

(45) FFTB : Fédération Française des Tuiles et Briques.

(46) UNSFA : Union française des architectes.

PRINCIPAUX RÉSULTATS VEILLE - COMMUNICATION

Le laboratoire R&D du CTMNC à Limoges accueille le séminaire annuel de l'Institut Carnot MECD

Chaque année, les collaborateurs des quatre Centres Techniques Industriels du secteur de la construction (CERIB, CTICM, CTMNC, FCBA) et des laboratoires de recherche universitaire (LMDC et Institut Pascal), œuvrant au sein de l'Institut Carnot MECD, se réunissent pour partager les enseignements des projets de ressourcement et de la montée en puissance des plateformes technologiques.



Participants au Séminaire MECD 2023, devant les nouveaux locaux du CTMNC à Limoges

Les 20 et 21 juillet 2023, le séminaire s'est donc tenu, à Limoges, dans les nouveaux locaux du CTMNC et dans l'amphithéâtre du Pôle ESTER. L'événement a été marqué, notamment, par la présentation très enrichissante de Justine Rouger (FCBA) sur l'apport du biomimétisme dans la conception de produits, ainsi que par la visite très appréciée des laboratoires du CTMNC. Des opportunités de prestations ou d'études pourraient en découler.

De l'avis de tous, le séminaire 2023 de l'Institut Carnot MECD a été un vrai succès, grâce à la qualité de l'accueil, le dynamisme des interventions, et la pertinence des échanges.

Parution de « Blog de pierre » n° 23

Comme chaque année, le Département ROC a publié l'état des lieux de ses travaux en cours, par le biais de sa lettre d'information « Blog de pierre ».

En juillet 2023, le Département Pierre Naturelle du CTMNC a diffusé la 23^{ème} édition de sa lettre d'information, intitulée « Blog de pierre ». Cette publication met en lumière l'actualité riche du monde de la pierre, en dressant un panorama détaillé des principaux travaux en cours au CTMNC en appui de la filière ROC, sur des thématiques très diverses :

- Les événements à venir,
- La réglementation environnementale,
- Les projets en lien avec le bâtiment, en particulier la réglementation incendie, la voirie, la marbrerie de décoration, ou le funéraire.

Cette nouvelle édition se conclut sur une interview de Claude Gargi, Directeur de la revue professionnelle « Pierre Actual », pour les 90 ans des Editions du Mausolée. Cette newsletter du CTMNC constitue un outil de promotion technique de la filière.



Aperçu de « Blog de pierre » n°23, avec un éditorial de Emeric de Kervenoaël, Vice-Président du CTMNC

Interventions ROC aux JNM 2023

Les 8 et 9 juin 2023 se sont tenues, à Lyon, les Journées Nationales de la Maçonnerie, organisées par l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, l'Ecole Centrale de Lyon et le cluster INDURA. Ce rendez-vous scientifique est désormais incontournable pour tous les acteurs de la maçonnerie. Architectes, ingénieurs, maîtres d'ouvrages, universitaires, et artisans travaillant dans ce domaine se sont réunis pour partager leurs connaissances et confronter leurs expériences de cette technique constructive.

Pendant deux jours, de nombreuses présentations se sont succédé et couvraient un large spectre de thématiques scientifiques : techniques de restauration et de rénovation, méthodes de calcul, ouvrages maritimes et fluviaux, ponts et murs, technique de la pierre sèche, focus sur l'incendie de Notre-Dame de Paris, etc.

Le Département ROC du CTMNC, très impliqué dans l'innovation et la R&D, notamment à travers ses participations à de nombreux projets de recherche, a eu l'occasion d'intervenir, à plusieurs reprises, dans le domaine de la pierre naturelle :

- Élodie Donval, doctorante (CSTB – CTMNC – École des Ponts ParisTech) durant cette période, a présenté ses travaux de recherche visant la détermination numérique de la **résistance au feu d'un mur en maçonnerie de pierre naturelle** ⁽⁴⁷⁾.

- Ayoub Daoudi, également doctorant au sein du laboratoire de CY Cergy Paris Université, a discuté **des résultats expérimentaux obtenus dans le cadre du projet POSTFIRE** ⁽⁴⁸⁾.
- Tristan Pestre, Chef de Projet Thermique & Environnement au CTMNC, a dévoilé, à travers un poster scientifique, **la Calculette Carbone**, outil conçu pour évaluer l'empreinte carbone des produits de construction en pierre naturelle ⁽⁴⁹⁾.



JOURNÉES NATIONALES
MAÇONNERIE
4^{ème} édition - Lyon
08 et 09 Juin 2023

(47) Voir l'article dédié à sa thèse à la page 46 de ce rapport.

(48) Voir l'article dédié au projet POSTFIRE à la page 47.

(49) Voir l'article dédié à la Calculette Carbone du CTMNC à la page 36.

Retour sur la Journée technique « Quels liants pour la pierre naturelle ? »

Une Journée technique, organisée par l'association Rhônapi, sur le thème des liants et de la pierre naturelle s'est déroulée le 22 février 2023, à l'Isle-d'Abeau, dans les locaux de la société Vicat. Elle a réuni une centaine d'urbanistes, d'ingénieurs, d'architectes, de fabricants de mortiers et de professionnels de la pierre naturelle.

Animée par Jean-Paul Foucher, accompagné de Christian Laurent, Président de l'association Rhônapi, cette manifestation fut consacrée à diverses études techniques et à des retours d'expériences visant le bon usage des liants avec la pierre naturelle. Divers intervenants ont ainsi pu témoigner de leur pratique des liants adaptés à la pierre naturelle dans des projets variés, tels que des constructions en pierre massive, mais aussi à travers des solutions d'aménagements d'espaces publics.

Le Département ROC du CTMNC était représenté par Olivier Chèze, Directeur Général Adjoint et Martin Vigroux, Chef de Projet Bâtiment, tous deux intervenants. Martin Vigroux a notamment discuté de **la compatibilité des mortiers de montage avec la pierre naturelle** dans un contexte de maçonnerie. Olivier Chèze est, quant à lui, revenu sur **les règles de mise en œuvre du NF DTU 52.2** concernant la pose collée de la pierre naturelle.



Retour en images sur la Journée technique du CTMNC du 22 février 2023 dans les locaux de la société Vicat (photos : Association Rhônapi)

Quinzième Journée technique ROC du CTMNC

Le Centre technique a organisé sa 15^{ème} Journée technique ROC le 5 juillet 2023, à l'Espace Vinci à Paris, sur le thème « **La pierre naturelle, une solution green-tech aux défis d'aujourd'hui** ». Plus de 75 inscrits (ingénieurs, architectes, aménageurs, économistes, universitaires, formateurs, professionnels de la pierre...) ont suivi les interventions, partageant également leurs expériences et leurs connaissances.

Animée par Gilles Martinet, Secrétaire Général du SNROC, la journée a été l'occasion de découvrir les dernières tendances en matière d'innovation, de recherche, mais aussi de témoigner du dynamisme de la filière. Au programme de cette manifestation : des contributions de représentants de Arnaud & Delrue Architectes, Guinet-Derriaz, LMGC, Université de Montpellier, Stono, Le Grain d'Orge, ROCAMAT, et Grand Paris Aménagement.



Le CTMNC au salon Funéraire Paris 2023

Le CTMNC a été présent au salon Funéraire Paris 2023, qui s'est tenu à Paris, du 22 au 24 novembre, au Parc des Expositions Paris Nord Villepinte.

Le Salon Funéraire, créé par la Chambre Syndicale Nationale de l'Art Funéraire (CSNAF), est le salon biennal professionnel destiné aux acteurs de la filière funéraire. Participant à la 19^{ème} édition de cet événement, le CTMNC a pu présenter aux professionnels **ses guides spécifiques aux domaines du funéraire et du cinéraire**, ainsi que l'activité du Centre technique dans le cadre de la marbrerie funéraire.



Poster de présentation de la série de guides du GT Funéraire du CTMNC



Rocalia, le salon de référence de la pierre naturelle en France, édition 2023

Le salon Rocalia, en partenariat avec Paysalia, s'est clôturé sur une note extrêmement positive, cette année 2023. Cet événement majeur pour la filière ROC a réuni plus de 38 000 visiteurs et 1 700 exposants et marques, à Eurexpo Lyon, du 5 au 7 décembre 2023. Ces chiffres témoignent d'une nette progression de l'affluence du public, par rapport à l'édition précédente, en 2021.

C'est donc avec une grande satisfaction que Rocalia, le salon français de la pierre naturelle, a terminé sa troisième édition, historique en matière de fréquentation. Cette manifestation biannuelle est destinée principalement aux professionnels, aux experts et aux prescripteurs. Elle s'est imposée, depuis 2019, comme l'occasion incontournable de rencontrer des spécialistes et de s'informer sur les produits commercialisés, mais aussi sur les nouveautés scientifiques et techniques.

Au-delà des professionnels, le salon Rocalia contribue également à sensibiliser le grand public (étudiants en architecture, en aménagement du paysage ou des espaces urbains, curieux...), et les donneurs d'ordres, aux roches ornementales et de construction.

Le CTMNC a présenté ses publications techniques sur un stand, offrant ainsi l'opportunité à ses experts de répondre aux questions des visiteurs. Par ailleurs, des conférences ont été organisées, au cours desquelles le Centre technique est intervenu sur des sujets d'importance, tels que **l'impact carbone des produits en pierre naturelle et les nouveaux défis liés à l'économie circulaire et au réemploi**.

Ainsi, la 3^{ème} édition du salon Rocalia, en partenariat avec le salon Paysalia, a été un succès retentissant en 2023, avec une affluence record.



Olivier Chèze (CTMNC) répondant aux questions de visiteurs du salon Rocalia 2023

PRINCIPAUX RÉSULTATS NORMALISATION

Révision du RPC : une année de négociations et un accord entre les colégislateurs européens

Une décennie après l'entrée en vigueur du Règlement des Produits de Construction (RPC), l'Union européenne entreprend une révision majeure de son texte. Le projet initial, dévoilé en mars 2022, a été intensivement discuté par le Conseil et le Parlement européens. En décembre 2023, un accord crucial a été conclu entre les trois colégislateurs. L'adoption et la publication officielle du texte sont prévues pour la mi-2024. Le CTMNC prévoit de démarrer des réflexions approfondies dès sa publication pour analyser les implications des nouvelles règles sur les produits de construction.

Le 1^{er} juillet 2013 marquait l'entrée en vigueur du RPC, qui instaure l'obligation pour les fabricants de fournir une Déclaration des Performances justifiant le marquage CE de leurs produits commercialisés au sein de l'Union européenne. Face aux difficultés d'application rencontrées, les institutions européennes se sont engagées dans un processus de révision du règlement.

Le nouveau texte dévoilé par la Commission européenne, le 30 mars 2022, a suscité de nombreuses critiques devant sa complexité. Le 30 juin 2023, le Conseil européen, représentant les gouvernements des États membres de l'UE, a adopté une version amendée du projet initial, aux dernières heures de la présidence suédoise qui en avait fait l'une de ses priorités. Le 11 juillet, le Parlement européen a entériné, en séance plénière, les amendements proposés par ses Commissions spécialisées, notamment la Commission « Marché Intérieur et Protection des Consommateurs » (IMCO), et la Commission « Environnement, Santé Publique et Sécurité Alimentaire » (ENVI).

Les trois institutions européennes ont ensuite échangé pour parvenir à un consensus sur le

texte. Lors du troisième trilogue, le 13 décembre, **les législateurs européens ont conclu un accord provisoire, marquant ainsi une avancée significative dans la révision du RPC.** Bien que le texte final de l'accord ne soit pas encore publié, en raison de finalisations techniques et juridico-linguistiques en cours, l'expérience acquise avec le RPC actuel et l'analyse du projet de révision laissent présager une nécessaire lecture attentive et approfondie des nouvelles règles régissant les produits de construction, ainsi qu'un débat intense pour en saisir toutes les implications.

Le CTMNC prévoit d'aborder cette thématique en 2024, à travers divers Groupes de Travail dédiés, en interne et au sein de plusieurs instances (AIMCC, TBE, CPE, AFOCERT). Une fois le texte définitivement adopté par le Parlement européen et le Conseil selon leurs procédures respectives, une publication au Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE) est attendue pour l'été 2024, avec une entrée en vigueur estimée dans les deux ans qui suivent (sous réserve de confirmation). Une période de transition de quinze ans est prévue, nécessaire pour réviser les normes harmonisées (hEN).

PRINCIPAUX RÉSULTATS NORMALISATION

Révision de l'Eurocode 6 et de l'Eurocode 8

En 2023, l'activité de normalisation concernant les Eurocodes de deuxième génération a été importante, avec plusieurs projets soumis à l'enquête CEN ou au vote formel. Les travaux se poursuivent sur 2024.

Les Eurocodes sont des normes européennes de conception, de dimensionnement et de justification des structures de bâtiment et de génie civil, préparées par le Comité Européen de Normalisation (CEN) au sein du Comité technique CEN/TC 250 « Eurocodes structuraux ». L'ensemble du comité est composé de 59 normes, regroupées en 10 sous-ensembles, allant de l'Eurocode 0 à l'Eurocode 9.



L'Eurocode 6 (EN 1996), qui s'applique aux calculs des ouvrages en maçonnerie, est composé de quatre parties :

- EN 1996-1-1 : « Eurocode 6 - Partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée »
- EN 1996-1-2 « Eurocode 6 - Partie 1-2 : règles générales - calcul du comportement au feu »
- EN 1996-2 « Eurocode 6 - Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries »
- EN 1996-3 « Eurocode 6 - Partie 3 : méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages de maçonnerie non armée ».

La norme NF EN 1996-1-1 : 2022 a été publiée en avril 2022 par le CEN, la France ayant exprimé un vote de désapprobation lors du vote formel.



L'Eurocode 8 (EN 1998) s'applique au calcul des structures en situation sismique. Il donne des méthodes permettant de déterminer les actions

sismiques, ainsi qu'un certain nombre de dispositions constructives propres aux différents matériaux (béton, acier, maçonnerie, bois...).

Parmi les six parties de l'Eurocode 8 « Calcul des structures pour leur résistance au séisme », la Partie 1 (anciennement EN 1998-1) a été subdivisée en deux parties : la Partie 1-1 « Règles générales et action sismique » et la Partie 1-2 « Bâtiments ».

La Partie 1-2 « Bâtiments » a été soumise à l'enquête CEN et a reçu un nombre très important de commentaires provenant de différents pays, en décembre 2023.

Concernant le projet prEN 1996-3 : 2022 : les travaux expérimentaux et analytiques réalisés par les filières françaises (sur le dimensionnement des murs supportant des planchers en appui partiel) ont été présentés et discutés lors de la réunion du CEN/TC 250/SC 6 de mars 2023, afin d'appuyer la position de désapprobation exprimée par la France. Le projet prEN 1996-3 a néanmoins été approuvé par les autres pays européens, lors du vote formel de juin 2023.

Par ailleurs, les deux projets prEN 1996-1-2 « Règles générales - calcul du comportement au feu » et prEN 1996-2 « Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries » ont été adoptés lors de l'enquête CEN de 2023. Ces deux documents seront soumis au vote formel en 2024.

Pour la maçonnerie, les évolutions en perspective portent essentiellement sur :

- La prise en compte de la résistance en compression dans le sens parallèle à la face de pose des éléments f_{bh} et f_{kh}
- Les règles de dimensionnement en fonction de deux classes de ductilités (DC1 pour un comportement de structure faiblement dissipatif, et DC2 pour un comportement de structure dissipatif) des bâtiments en maçonnerie
- Des précisions sur les coefficients de comportement lors des analyses en plan ou hors plan pour plusieurs types de maçonneries et configurations de bâtiments.



PRINCIPAUX RÉSULTATS NORMALISATION

Révision de l'Eurocode 6 : une campagne d'essais sur murs de maçonnerie soumis à des charges verticales excentrées

L'Eurocode 6 (NF EN 1996) est le document normatif européen de référence pour le dimensionnement des ouvrages en maçonnerie de petits éléments. La révision de ce document introduit une modification des formules de calcul, susceptible de conduire à un dimensionnement excessivement sécuritaire pour les murs de rive supportant des planchers en appui partiel.

Ainsi, la prise en compte d'une formule de calcul du nouvel Eurocode 6-3 (EN 1996-3 – « Méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages en maçonnerie non-armée ») conduit à l'abaissement du coefficient de réduction de charge ϕ tenant compte de l'élançement et de l'excentricité, via l'introduction d'un facteur t_e/t (ratio « profondeur d'appui du plancher/épaisseur du mur »), pour les murs supportant des planchers en appui partiel (murs de rive), et ceci dans le contexte d'une mise en concordance avec l'Annexe Nationale Allemande.

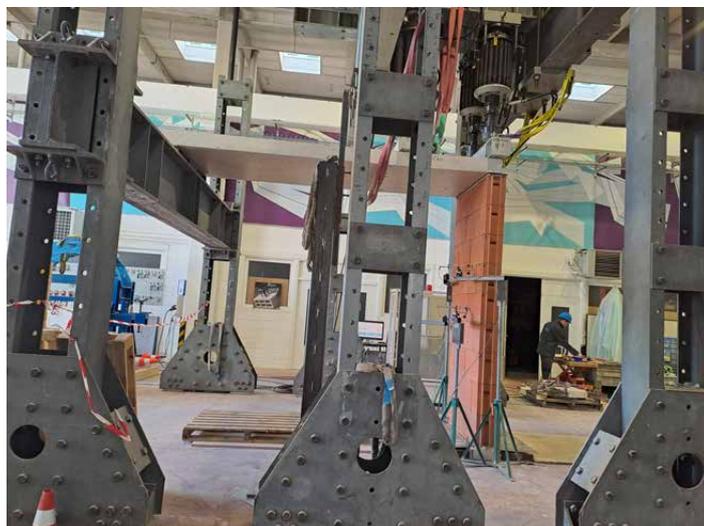
Une campagne d'essais rassemblant l'ensemble des filières françaises (Béton de granulats courants - Briques de terre cuite - Béton cellulaire - Pierre naturelle) œuvrant dans le domaine de la maçonnerie, a été lancée au CERIB⁽⁵⁾.

L'essai a consisté à soumettre des murs en maçonnerie, d'une hauteur représentative du marché des logements collectifs, à un chargement reproduisant à la fois le chargement apporté par le

plancher, et celui généré par les niveaux supérieurs (cf. Figure 1). L'essai vise à **déterminer la capacité résistante sous charges verticales excentrées d'un mur en maçonnerie à l'échelle 1**.

Les résultats de ces essais ont ensuite été comparés aux résultats théoriques sur la base de l'EN 1966-3 de 2006, de l'EN 1996-1-1 de 2022, et du prEN 1996-3 de 2022. Les comparaisons confirment que **la dernière version de l'Eurocode 6 - Partie 3 conduit à des résultats très conservatifs** par rapport aux valeurs déterminées de manière expérimentale.

Les résultats ont été présentés et discutés lors de la réunion du CEN/TC 250/SC 6 de mars 2023. Dans le cadre de ces travaux, **le CTMNC a demandé la prise en compte du coefficient de réduction de charge ϕ sous forme de NDP** (Nationally Determined Parameter) dans la partie 3 de l'Eurocode 6 (EN 1996-3); un amendement à la norme EN 1996-1-1 (« Règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée ») serait envisagé.



Principe des essais de chargement excentré sur murs en maçonnerie de 3 m de hauteur. Essai réalisé au CERIB

(5) CERIB : Centre Technique et Industriel du béton.

PRINCIPAUX RÉSULTATS NORMALISATION

Normalisation européenne des plaquettes de terre cuite

L'année 2023 a été marquée par un travail soutenu dans le domaine de la normalisation européenne sur les plaquettes de terre cuite. La progression vers un consensus s'est avérée difficile en raison des divergences de vue entre délégations nationales.

En 2023, le CTMNC a continué de jouer un rôle central dans l'**élaboration d'une nouvelle norme européenne sur les plaquettes de terre cuite, lancée fin 2020** au sein du Comité CEN/TC 125/WG 10. Les réunions régulières du Groupe de Travail ont permis d'avancer sur plusieurs fronts, avec un accent particulier mis sur les aspects techniques, tels que les méthodes d'essai et de caractérisation.

Le nouveau projet de norme ne limite pas les dimensions des plaquettes. Il intègre les plaquettes d'angle. Une attention particulière a été accordée aux dimensions et à la planéité des plaquettes avec l'objectif toutefois de ne pas surcharger inutilement la norme avec un excès de prescriptions.

Les travaux ont par ailleurs abordé les mesures de dilatation due à l'humidité, avec **une proposition de protocole d'essai** inspirée de la méthode de la norme EN 772-19.

Vers la fin de l'année 2023, des débats ont émergé concernant l'intégration du **coefficient d'absorption du rayonnement solaire** dans la norme européenne, révélant des divergences de vues entre les délégations nationales. Face aux différences de pratiques dans les différents pays impliqués, on s'achemine vers le renvoi des mesures de dilatation à l'humidité et d'absorption du rayonnement solaire aux dispositions en vigueur au niveau national.



PRINCIPAUX RÉSULTATS NORMALISATION

Pierre naturelle : actualités de la normalisation

Tour d'horizon des principales nouveautés normatives de l'année 2023 concernant la filière ROC.

■ P32A « Ardoises naturelles »

Miroir du CEN/TC 128 SC8

La norme EN 12326-2 « Méthodes d'essai pour ardoises et ardoises carbonatées » est en cours de révision. Le projet de norme prEN 12326-3 « Schiste et pierre schisteuse pour couverture en éléments discontinus - Spécifications et méthodes d'essai » est au vote formel.

■ P65A « Revêtements en pierre mince attachée »

Les travaux du GT Fixations pour le dimensionnement des attaches sont terminés. Deux projets d'annexes, l'une pour les attaches standards, l'autre pour les attaches dites « spéciales » ont été rédigés avec l'aide de représentants de bureaux de contrôle, et les fabricants d'attaches. Les travaux seront présentés à la Commission P65A en début d'année 2024.

■ P75E « Travaux de bâtiment - Systèmes d'isolation thermique par l'extérieur en bardage rapporté avec lame d'air ventilée »

Le NF DTU 45.4 partie 1-1-5 « Cahier des clauses techniques types - Parement en ardoises » et le NF DTU 45.4 partie 1-2 « Critères généraux de choix des matériaux intégrant les ardoises naturelles » ont été publiés en mars 2023.

■ CN AVEP « Aménagements de voiries spécifiques »

La norme expérimentale XP CEN/TS 15209 « Surfaces tactiles en béton, terre cuite et pierre naturelle » a été publiée en mai 2023.

■ CEN/TC 178/WG 4 « Méthode de détermination de la valeur de résistance au dérapage/à la glissance d'unités de pavage polies ou non polies »

La France a demandé la révision de la TS 12633 sur la méthode de détermination de la valeur de résistance au dérapage/à la glissance d'unités de pavage polies ou non polies. En effet, les essais réalisés par le CTMNC sur un calcaire dur et plusieurs granites montrent que la méthode actuelle n'est pas assez discriminante. Il a été décidé de réaliser des essais croisés entre plusieurs laboratoires européens (France : CTMNC + CERIB, Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni) pour fixer les paramètres qui permettront de mettre en cohérence les essais avec la glissance constatée in situ.

■ CEN/TC 246 « Pierres naturelles »

Il a été décidé de réviser la norme EN 13 364 sur la résistance aux attaches pour y introduire de nouveaux modes de fixations utilisés en Europe. Le « Round Robin Test » pour la fréquence de résonance est terminé ; dès qu'un projet est prêt, un NWI pour la révision de l'EN 14 146 fera l'objet d'un vote électronique de deux mois. Dès qu'un projet pour la mesure de la vitesse ultrasonique est prêt, un NWI pour la révision de la norme EN 14 579 sera adopté par vote électronique de deux mois.

■ ISO/TC 327 AG 3 « Terminologie »

Une liste de termes et de définitions (sous tableau Excel) est en circulation, pour être annotée.

■ ISO/TC 327 AHG « Méthodes d'essai »

Le Groupe a travaillé sur le projet de norme ISO 19990 « Determination of water absorption, density, porosity, and bulk specific gravity ». Les remarques de la France ont bien été prises en compte.

PRINCIPAUX RÉSULTATS FORMATION

Mise en place de formations thématiques sur la pierre naturelle

Pour répondre aux besoins de formation des professionnels, le CTMNC a conçu des stages courts axés sur les principaux domaines techniques touchant à la pierre naturelle de construction, animés par des experts du Centre technique, ou des consultants reconnus. Ces stages techniques seront complétés en fonction des demandes de la filière ROC.

Les formations sont organisées dans les locaux du CTMNC ou, sur demande, au sein de l'entreprise concernée par le stage choisi. Les thèmes proposés correspondent aux enjeux actuels du secteur de la construction, et s'adressent tout autant aux prescripteurs, aux architectes, aux collectivités, qu'aux entreprises œuvrant dans la production de pierres naturelles.

Les sujets abordés sont variés et nombreux :

- Les règles de construction en pierre massive,
- La caractérisation des propriétés des pierres naturelles,
- Le contexte technico-réglementaire,
- Les revêtements modulaires en voirie,
- L'évaluation environnementale des produits en pierre...



ELIÖG
INDUSTRIEFENBAU GmbH



LISTE DES MEMBRES

CONSEIL D'ADMINISTRATION - ANNÉE 2023

Au titre des représentants des Chefs d'entreprises	Frédéric DIDIER (Président)	WIENERBERGER SAS
	Emeric de KERVENOAËL (Vice-Président)	SNROC
	Julien BEIDELER	UMGO-FFB
	Pascale ESCAFFIT	BOUYER-LEROUX
	Eléonore GROSSETETE	EDILIANS
	Eric LE DEVEHAT	CAPEB UNA PIERRE
	Laurent MUSY	TERREAL
	Fouzia SALHI	BMI-MONIER
Au titre des représentants du Personnel Technique	Laurent DELIAS	CGT
	Serge GONZALES	FO
Au titre des personnalités choisies en raison de leur compétence	Céline DUCROQUETZ	GIE BRIQUE DE FRANCE
	Claire PEYRATOUT	ENSIL-ENSCI
Au titre de l'État	Guglielmina OLIVEROS-TORO	Commissaire du Gouvernement - MTECT
	Lionel PAILLON	Contrôleur Général Economique et Financier - CGEFI

COMITÉS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES - ANNÉE 2023

Comité Technique et Scientifique Tuiles & Briques	Martin PIOTTE (Président)	TERREAL
	Stéphane DAUTRIA	BMI – MONIER
	Lionel DESPIERRES	BMI - MONIER
	Céline DUCROQUETZ	FFTB
	Bertrand LANVIN	EDILIANS
	Constant MEYER	WIENERBERGER SAS
	Jean-François REGRETTIER	BOUYER-LEROUX
	Laurent TOURNERET	WIENERBERGER SAS
	Thierry VOLAND	FFTB
	Isabelle DORGERET	CTMNC
	Olivier DUPONT	CTMNC
Comité Technique et Scientifique Pierres Naturelles	Patrice BEAUFORT	CAPEB UNA PIERRE
	Olivier CHÈZE	CTMNC
	Emeric DE KERVENOAËL	CARRIÈRES DE NOYANT
	Isabelle DORGERET	CTMNC
	Stéphane ESTEVE	FFB-UMGO
	Eric LE DEVEHAT	LE DEVEHAT-TIFFOIN
	Claudine MALFILATRE	RAULT GRANIT
	Didier MERZEAU	ART DE BÂTIR
	Carla PANI	ROCAMAT
	Vincent RAYNAUD	SNROC
	Philippe ROBERT	LA GÉNÉRALE DU GRANIT
	Christian SCHIEBER	CAPEB UNA PIERRE
	Jean-Louis VAXELAIRE	GRANITERIE PETITJEAN

COMITÉ D'ORIENTATION STRATÉGIQUE - ANNÉE 2023

Comité d'Orientation Stratégique Tuiles & Briques	Patrice BEAUFORT	UNA-CAPEB
	Vincent CHARROIN	FFB-UMGCCP
	Céline DUCROQUETZ	FFTB
	Martin PIOTTE	Comité Technique et Scientifique du CTMNC
	Julien SERRI	FFB-PÔLE HABITAT
	Anne Sophie KEHR	Réseau des maisons de l'architecture
	Isabelle DORGERET	CTMNC
	Olivier DUPONT	CTMNC



CTMNC

Siège Social

17, rue Letellier
75015 PARIS
Tél.: 01 44 37 07 10

Services techniques

200, avenue du Général de Gaulle
92140 CLAMART
Tél.: 01 45 37 77 77

11, avenue d'Ariane
87068 LIMOGES CEDEX
Tél.: 05 19 76 01 40

**contact: ctmnc@ctmnc.fr
www.ctmnc.fr**

Le CTMNC est membre du

