

5^{ème} Ecole d'automne du GDR MBS

Eco-conception des matériaux biosourcés et géosourcés : de la ressource à la fin de vie

12 au 16 octobre 2025, Douai



Utilisation de l'argile calcinée

Georges Aouad – Directeur R&D - NeoCem



Laboratoire
de Génie Civil
et géo-Environnement



GdR MBS
MATÉRIAUX de CONSTRUCTION BIOSOURCÉS



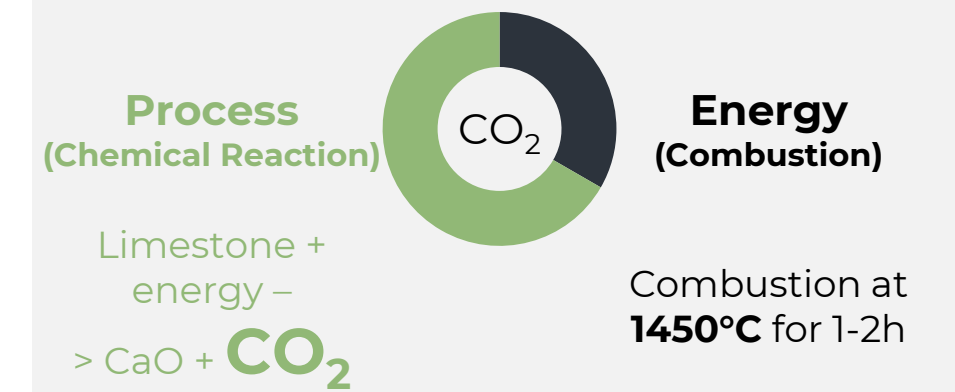
Plan

- Introduction : Ciment, Chaux, additions minérales (SCM)
- Engagement : réduction de l'impact environnemental des matériaux de construction
- Feuille de route pour la décarbonation de la filière
- Leviers de décarbonation : Ecoconception et Innovation
- Les additions minérales pour la décarbonation
- Opportunité : Les argiles calcinées
- NeoCem : NeoFlash

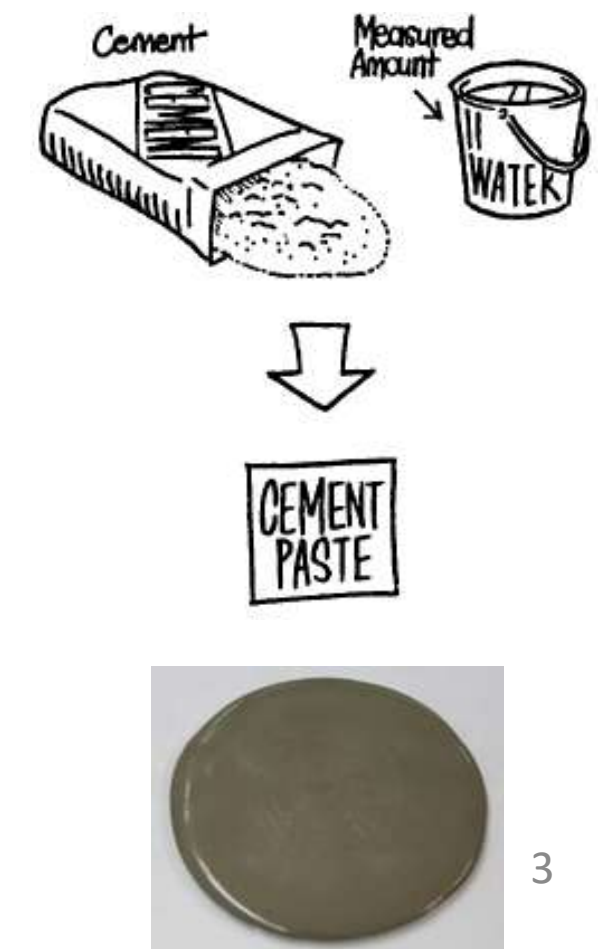
Introduction : Le ciment

- En 2020, 4,6 milliards de tonnes de ciment ont été produites dans le monde.
- 16,5 millions de tonnes de ciment ont été produites en 2018 en France.
- En France, les 10-15 MtCO₂/an de la production de ciment sont le premier poste d'émissions du secteur du BTP.

Conventional Portland cement
has been created in 1824
and represent **8%** of global emissions



0,765 tons of CO₂
for 1 ton of cement (CEM I)



Introduction : La Chaux

- En 2020, environ 400 millions de tonnes de chaux ont été produites dans le monde.
- La chaux est obtenue par calcination du calcaire : $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$.
- Près de 70 % des émissions proviennent du processus chimique de **décarbonatation** et 30 % de la combustion.
- Environ 0,9 tonne de CO_2 pour 1 tonne de chaux produite.
- En France, les émissions liées à la chaux représentent environ **2 à 3 MtCO₂/an**.

Introduction : Les additions minérales (SCM)

- Matériaux **pulvérulents**.
 - Origine naturelle : roches calcaires, pouzzolanes naturelles, argiles calcinées
 - Origine anthropique : Laitier, cendres volantes, fumées de silices



Engagement : réduction de l'impact environnemental des matériaux de construction

À la suite de la signature de l'accord de Paris en 2015, la France s'est engagée à atteindre la **neutralité carbone à l'horizon 2050**. La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), révisée tous les cinq ans, constitue la feuille de route française pour lutter contre le changement climatique.

Quels sont les leviers ?

L'éco-conception des systèmes constructifs

Le matériau doit se réinventer

Feuille de route pour la décarbonatation de la filière

- Orientations de la Stratégie Nationale Bas Carbone → Feuille de route pour la décarbonatation de la filière :
 - Avant 2030 : diminution de 24 % des émissions par rapport à 2015 (soit une diminution de 2,5 millions de tonnes d'équivalent CO₂)
 - Avant 2050 : diminution de 80 % des émissions par rapport à 2015 (soit une diminution de 8,3 millions de tonnes d'équivalent CO₂). CCS ?

Leviers de décarbonation : Ecoconception et Innovation

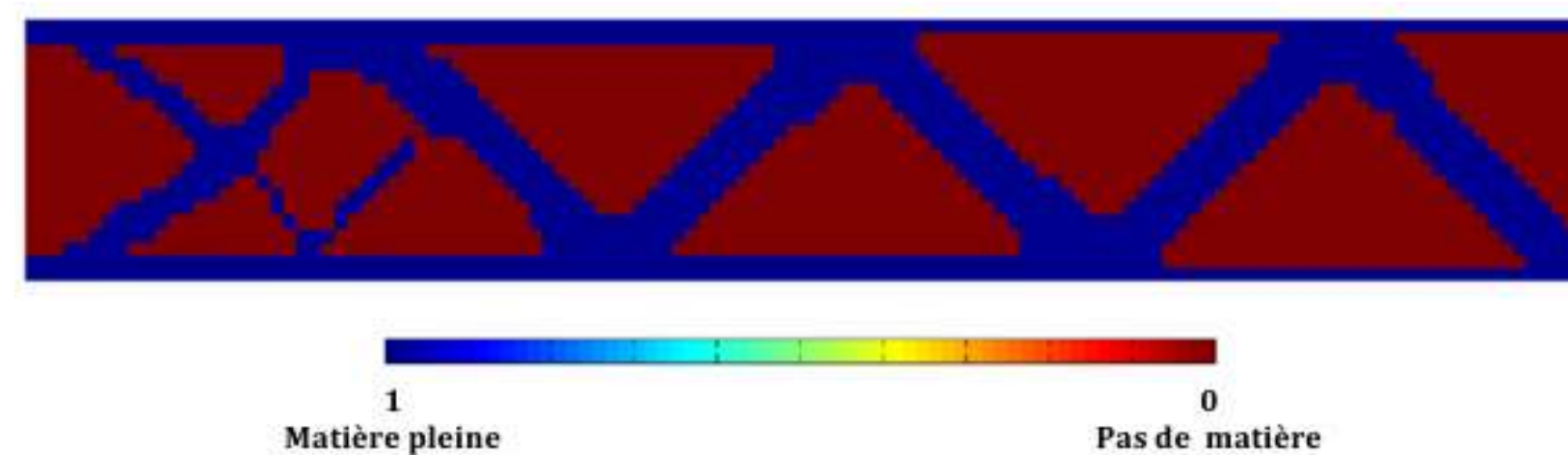
■ Outils et cadre réglementaire :

- Réglementation environnementale RE2020 : ACV est utilisée pour calculer l'impact carbone des bâtiments
- ACV pour la conception durable : Elodie, OneClick LCA...
 - Les émissions de gaz à effet de serre
 - La consommation d'énergie primaire
 - L'épuisement des ressources naturelles
 - Les pollutions de l'air, de l'eau et des sols
 - Comparaison de solutions constructives
- FDES (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire) : Aide au choix des matériaux

Leviers de décarbonation : Ecoconception et Innovation

- Conception structurelle :

- Diminution des sections, le choix des classes d'exposition...
- Optimisation de la forme des éléments afin de minimiser leur volume

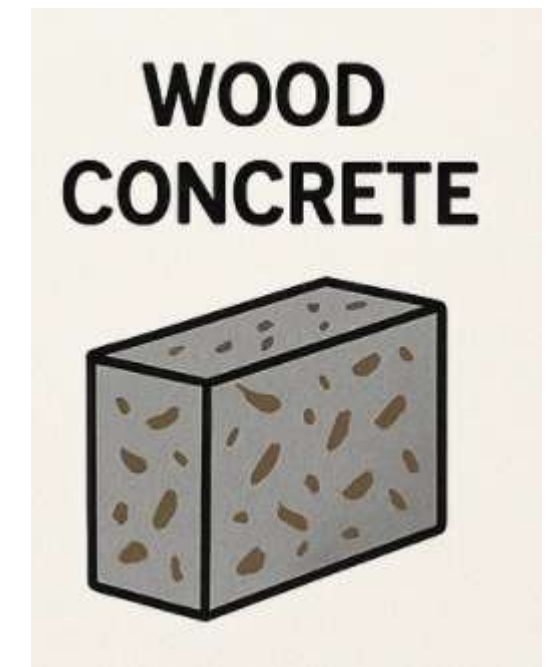


- Structures précontraintes/allégées, cure thermique...
- Durabilité accrue = moins d'entretien.

Leviers de décarbonation : Ecoconception et Innovation

■ Conception **Matière** :

- Le recours à des modes constructifs **alternatifs au béton conventionnel** : Béton de bois, bois, construction en pierre, en terre, en brique
- **Réemploi** de composants
- Réduction du liant dans le béton (comment ?)
- Les additions minérales (SCM)
- Développement de nouveaux liants, nouvelle chimie (Chaux/SCM, AA....).
- Optimisation des process industriels (ex. ciments passent de 1000 à 765 Kg CO₂/t)
- Captage et stockage du CO₂ émit : énergie, coût, faisabilité...



Les additions minérales **SCM** pour la décarbonation

- Substitution partielle du clinker et de la chaux par les additions minérales.
- **Challenges** :
 - ✓ **Limitations d'approvisionnement** : Les ajouts cimentaires comme les cendres volantes et le laitier deviennent de plus en plus rares.
 - ✓ **Problèmes de performance** : Les SCM doivent répondre à des exigences strictes en matière de durabilité et de résistance.
 - ✓ **Variabilité régionale** : Toutes les régions ont-elles accès à des SCM ?

McKinsey study (2024) : The future cement industry: A cementitious 'golden age'?



There is a shortage of 40 Mt/year of low-carbon cement ingredients on a European scale to reduce the average clinker rate from 77% to 60% by 2035.

Les additions minérales **SCM** pour la décarbonation

- Laitiers de haut-fourneau : co-produits de l'industrie sidérurgique
- Cendres volantes : déchets des centrales à charbon
- Calcaires broyés : absence de réaction pouzzolanique
- Argiles calcinées
- Fumées de silice
- Pouzzolanes naturelles

Intérêt Environnemental mais aussi technique.

Opportunity : Calcined Clays (Natural Calcined Pozzolana)

- Rapport de France Stratégie (2023, Abatement Costs, Chapter 6) :

Le coût de la réduction des émissions de CO₂ grâce aux argiles calcinées est de 5 à 9 fois inférieur à celui des technologies de captage, stockage et utilisation du carbone (CCUS).

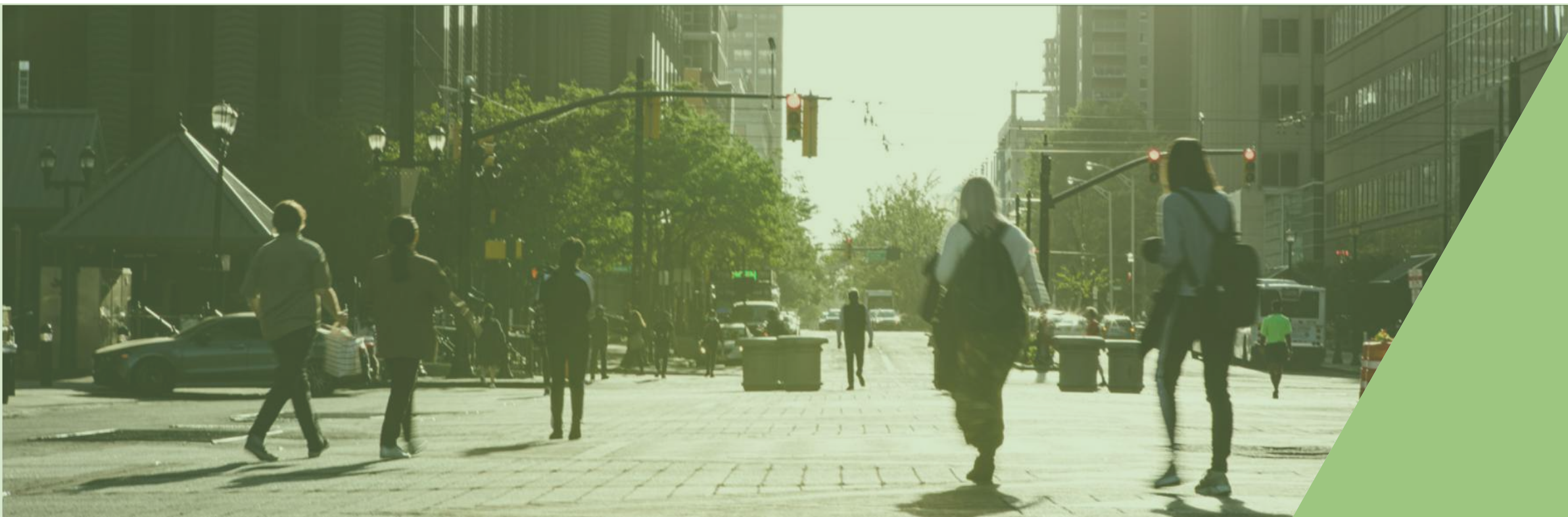


- Scrivener, K. L. et al. 2018, Calcined clay limestone cements (LC³) – A pathway to low-CO₂ cement :

Les argiles calcinées peuvent être produites à partir d'argiles locales disponibles, sans besoin de matériaux de haute pureté.



Comment NeoCem transforme les déblais en ressources ?



NeoCem, des solutions bas carbone à base d'argile flash-calcinée

Fruit d'un projet R&D sur la valorisation des déblais du Grand Paris Express



160 mille tonnes de déblais réutilisées par an



Première unité de production industrielle à Saint Maximin dans l'Oise



- 100 mille tonnes d'argiles flash-calcinées produites par an
- Doublement de la capacité de production en 2027

Argile flash-calcinée issue du recyclage

Transport fluvial
directement
jusqu'à l'usine



Procédé industriel optimisé à
faible consommation d'énergie



Addition minérale à
faible empreinte
carbone

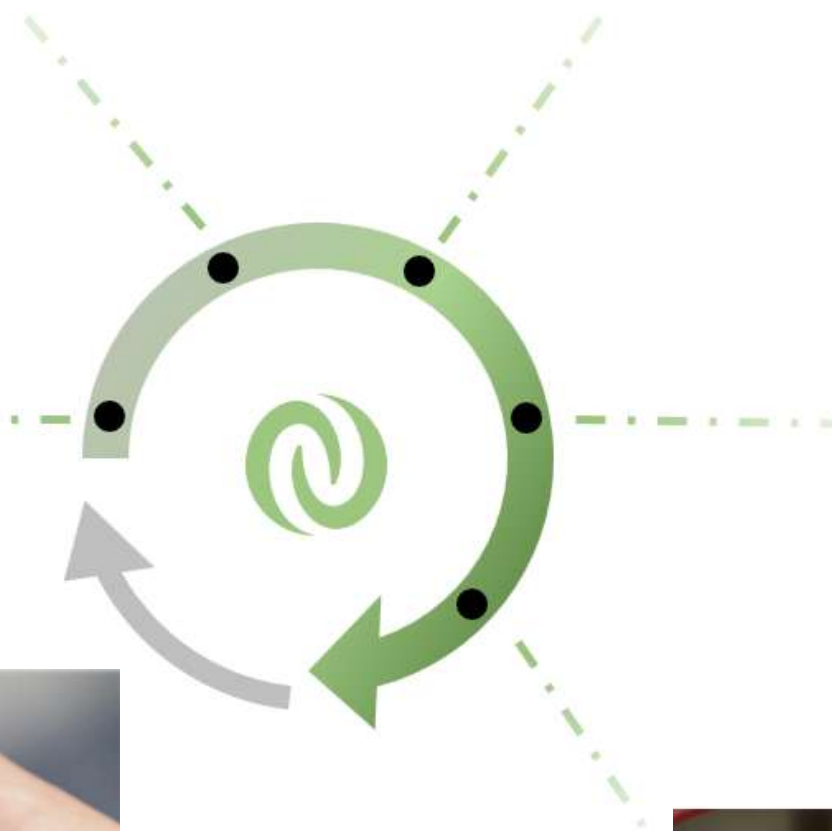
95 kg CO₂e / t



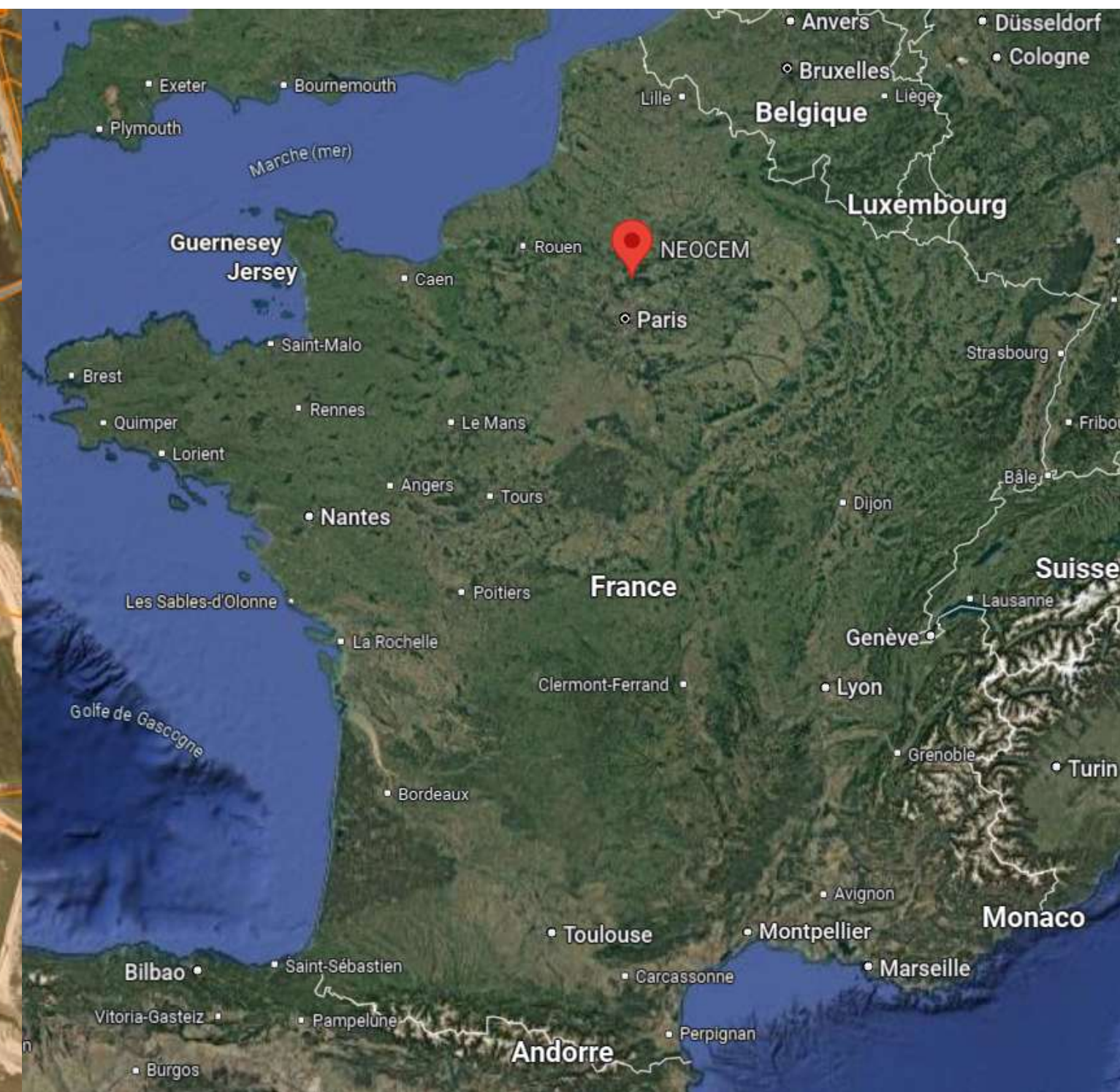
Un levier de décarbonation
pour l'industrie de la
construction



Déblais
argileux



DÉPLOIEMENT INDUSTRIEL



DÉPLOIEMENT INDUSTRIEL



- Démarrage de la première usine en septembre 2025.
- Déploiement sur le territoire français.
- Objectif 2030 : ouvrir cinq unités de production, chacune capable de produire 200 000 tonnes d'argile calcinée par an.

Argile flash calcinée NeoCem

Pouzzolane naturelle calcinée

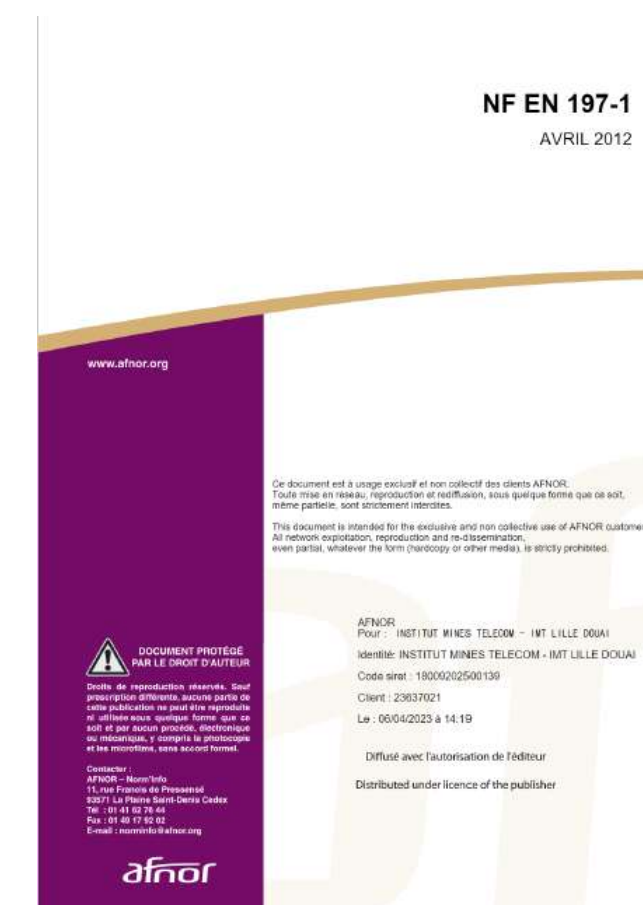
NeoCem est une argile flash calcinée utilisable en tant que constituant principal du ciment (Pouzzolane naturelle calcinée « Q ») selon la norme européenne NF EN 197-1.

Fabrication

La matière première est issue de la valorisation d'argiles générées en co-produits. L'argile est sélectionnée, homogénéisée, séchée, broyée, puis calcinée par flash-calcination.

Réactivité

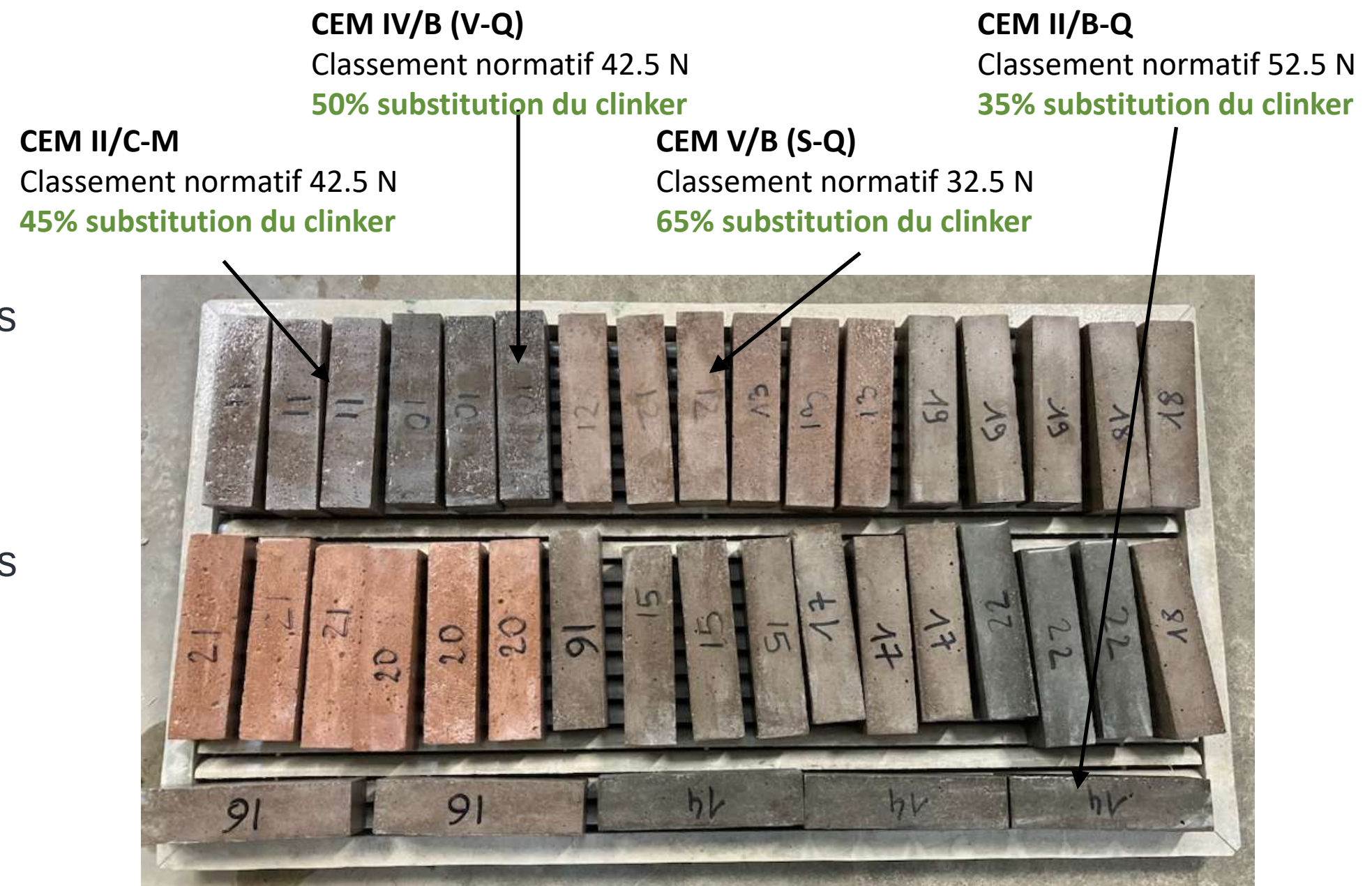
NeoCem bénéficie d'un indice d'activité (I.A.) à 28 jours égale à 100% selon la norme NF P18-513.



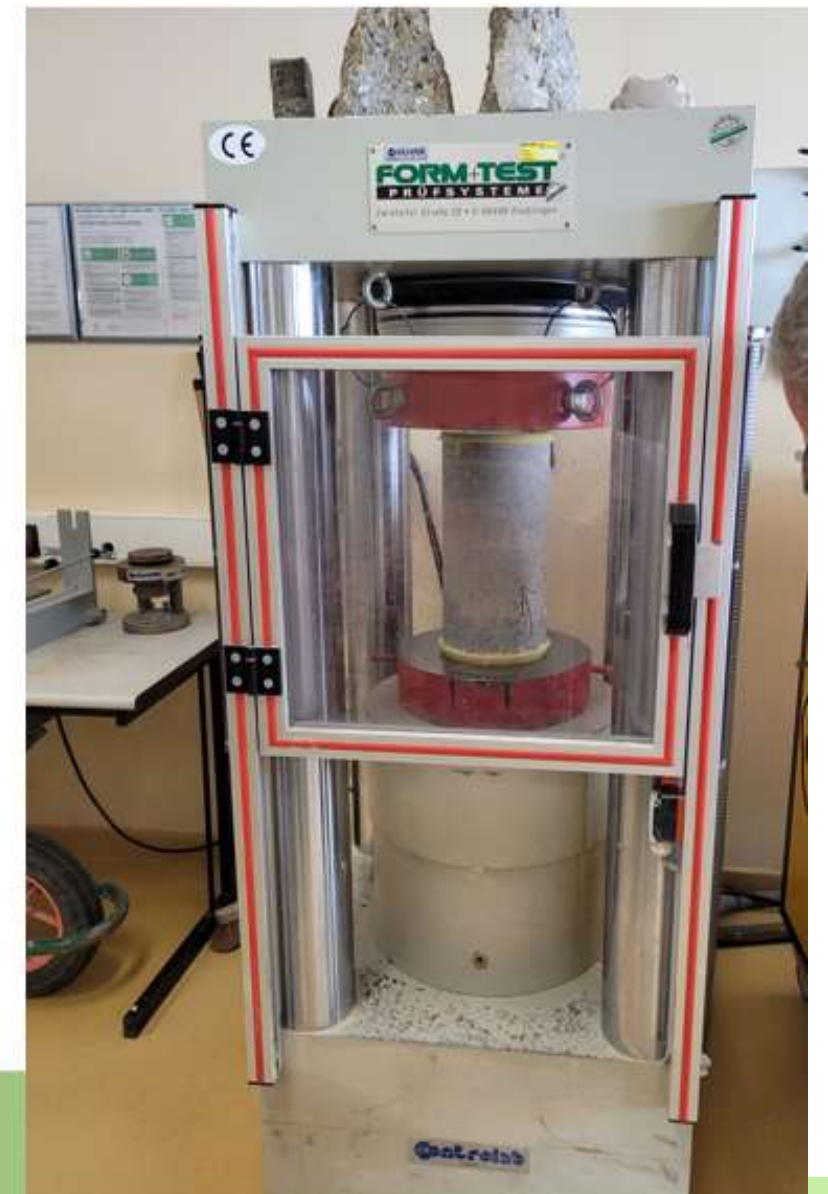
Essais sur mortiers

L'argile NeoCem a été testée pour produire tous les ciments autorisés par la norme ciment.

Les performances mécaniques permettent d'atteindre les classes normatives visées.



Essais sur bétons (Partenariat avec Université d'Artois)



Essais en préfabrication



Coulis de comblement ultra bas carbone

Partenariat avec Université d'Artois

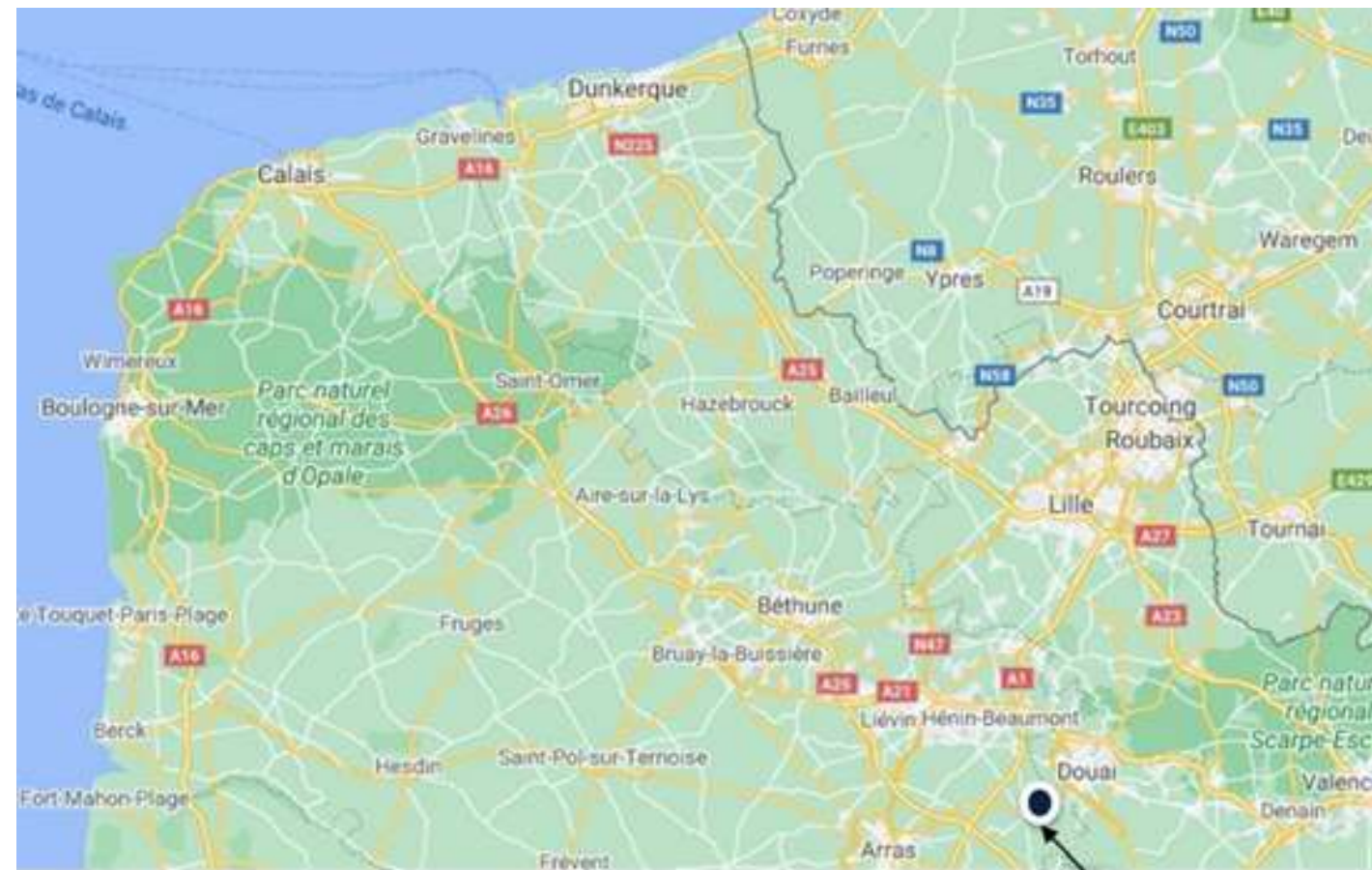


Mortier bas-carbon pour l'impression 3D

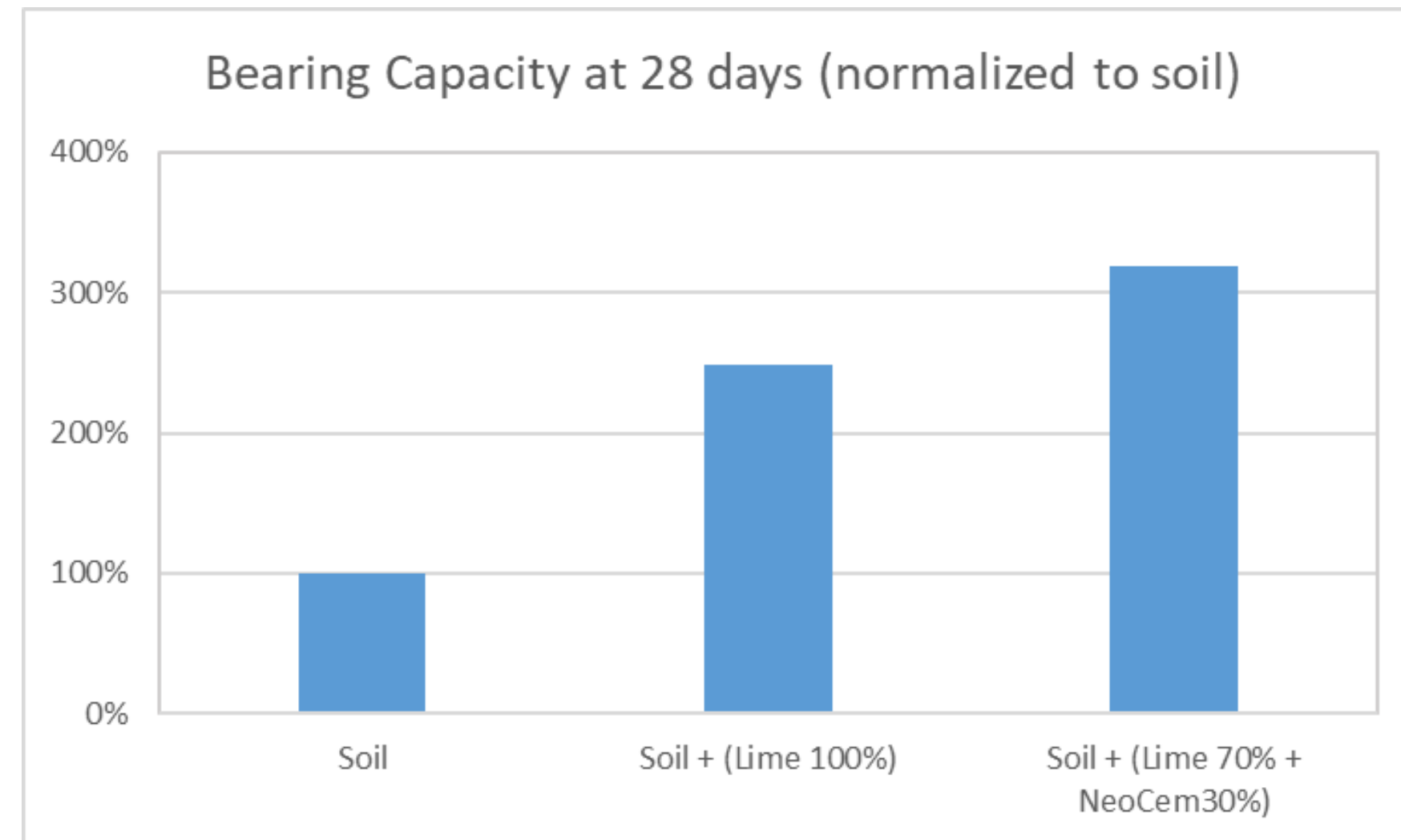
- Partenariat avec IMT NE et Université de Nancy



Substitution de la chaux pour le traitement de sol (Partenariat avec IMT NE)

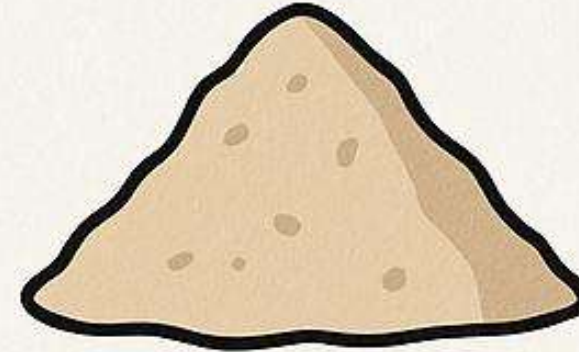


Limon



Matériaux biosourcés

CALCINED CLAY



+

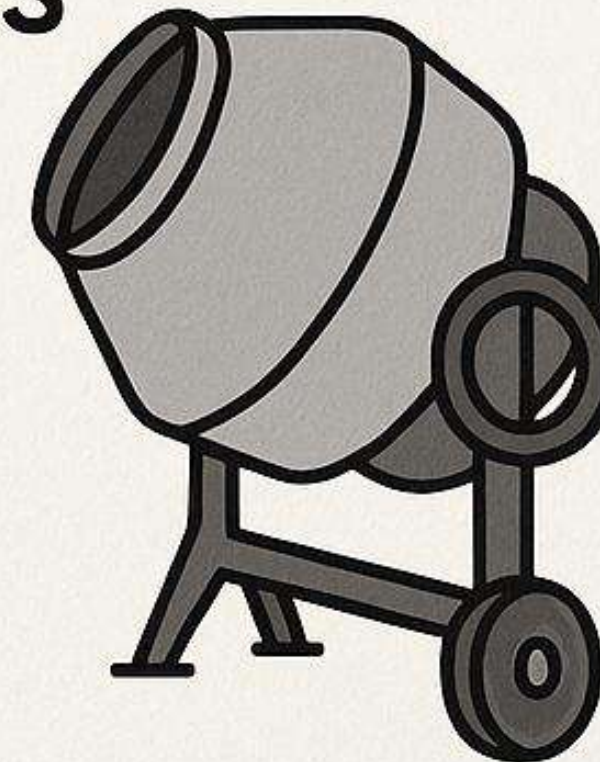
LIME



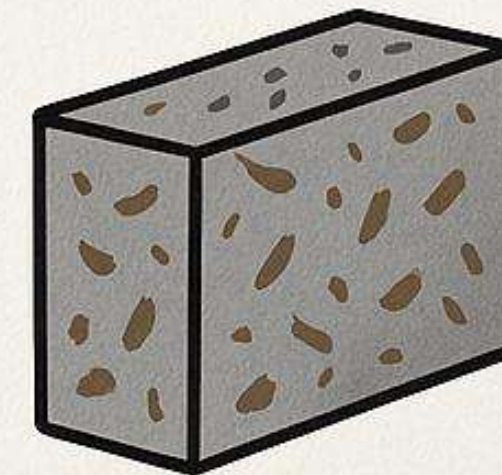
**USE OF CALCINED CLAY WITH LIME
IN WOOD CONCRETE PRODUCTION**

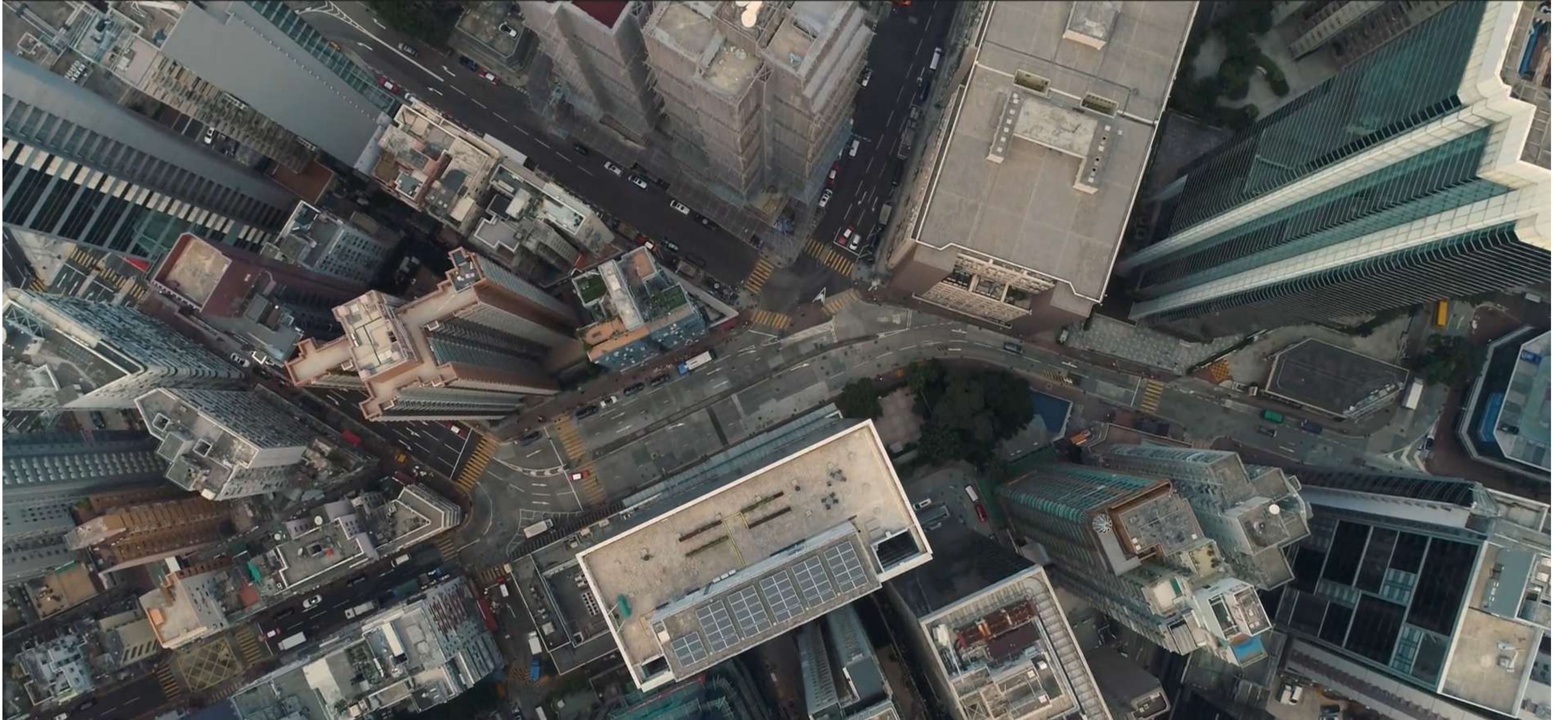


WOOD CHIPS



**WOOD
CONCRETE**





Merci

Georges Aouad – Directeur R&D
gaouad@neocem.com