



JOURNÉE TECHNIQUE 2022

LES MATÉRIAUX ALTERNATIFS :
une opportunité exceptionnelle pour
atteindre la neutralité carbone



CERIB

Expertise concrète

Disponibilité des ressources utilisées dans les liants des bétons décarbonés : état des lieux et perspectives

Suzanne LE THIERRY

Centre d'études et de recherches
de l'industrie du béton

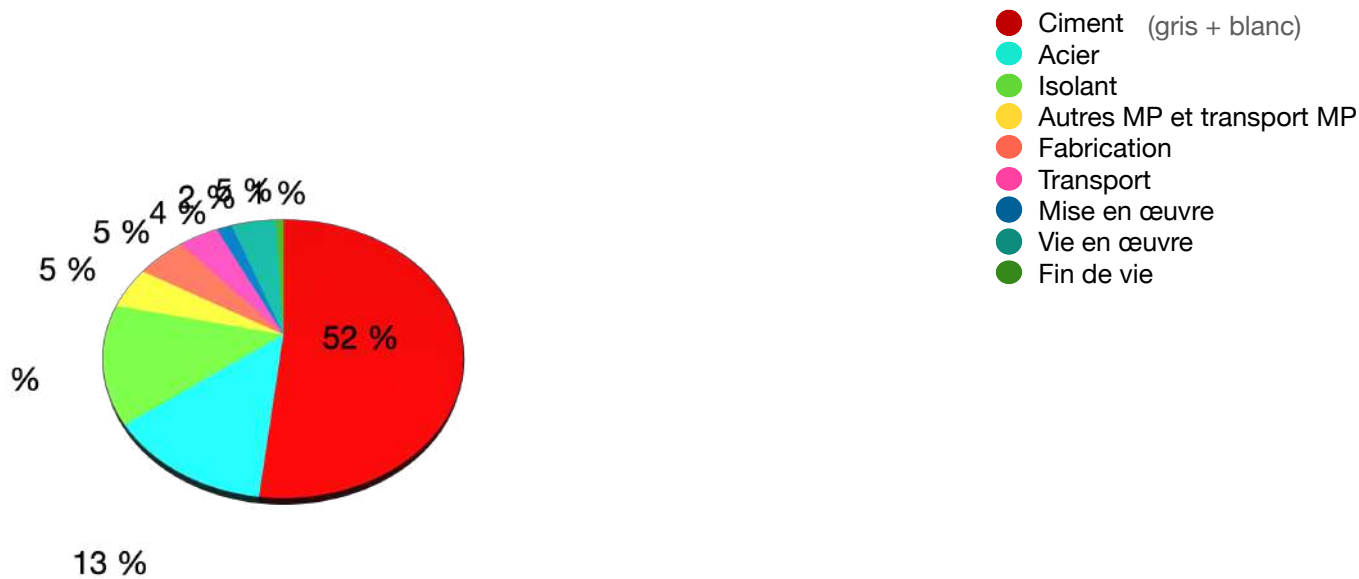




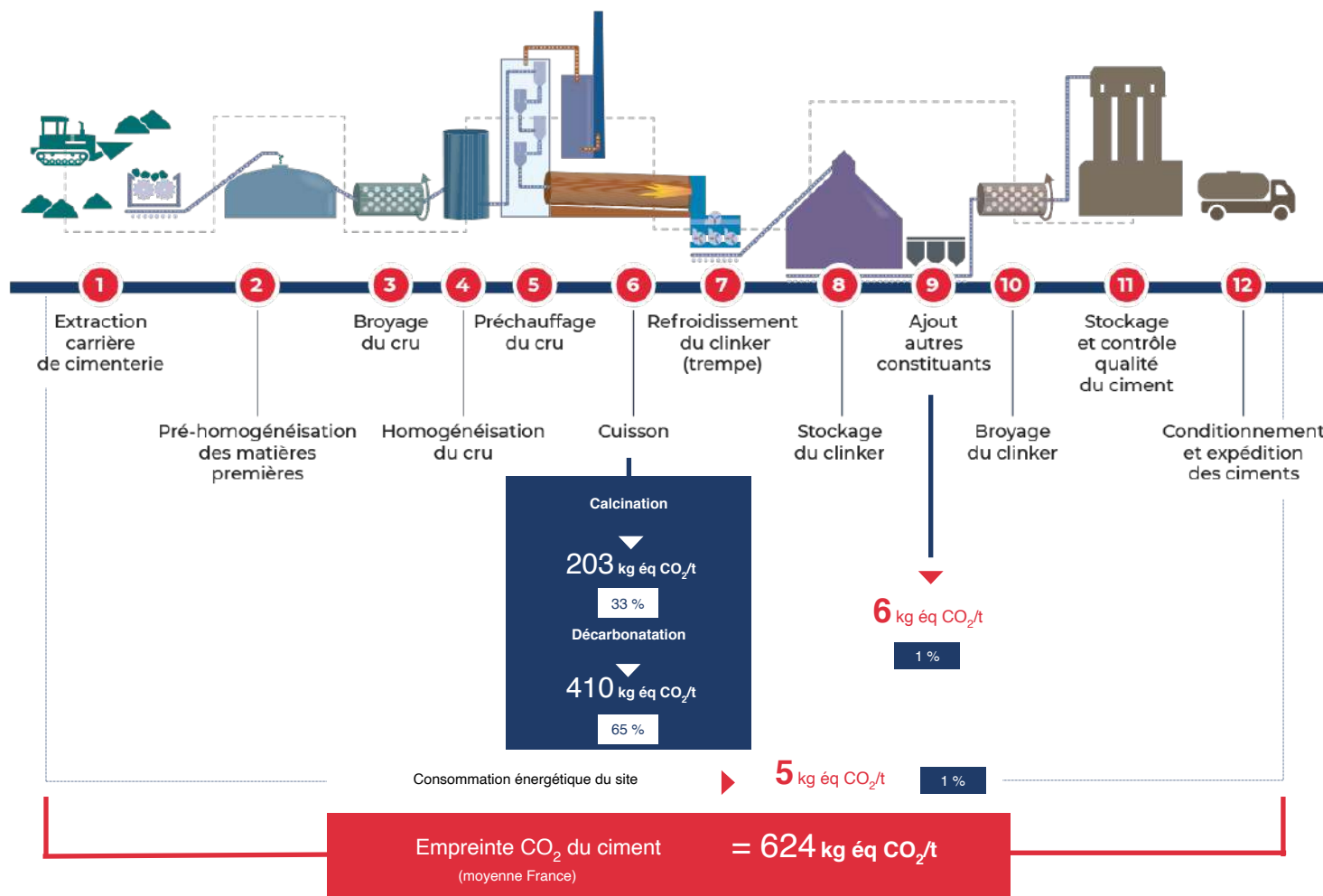
L'origine de l'empreinte carbone des systèmes constructifs en béton

Exemple : panneau architectural en béton à isolation intégrée

Réchauffement climatique
Panneau architectural en béton à isolation intégrée



Disponibilité des ressources utilisées dans les liants des bétons décarbonés : état des lieux et perspectives



Source : Atilh - Production moyenne de ciment en France en 2018

Intérêt d'utiliser dans les liants davantage de constituants issus du broyage de roches ou de coproduits industriels :

- Réduction de l'empreinte carbone
- Amélioration de certaines propriétés du béton : rhéologie, durabilité, performances mécaniques,...



Contexte normatif

Pour les applications destinées aux structures : NF EN 206/CN

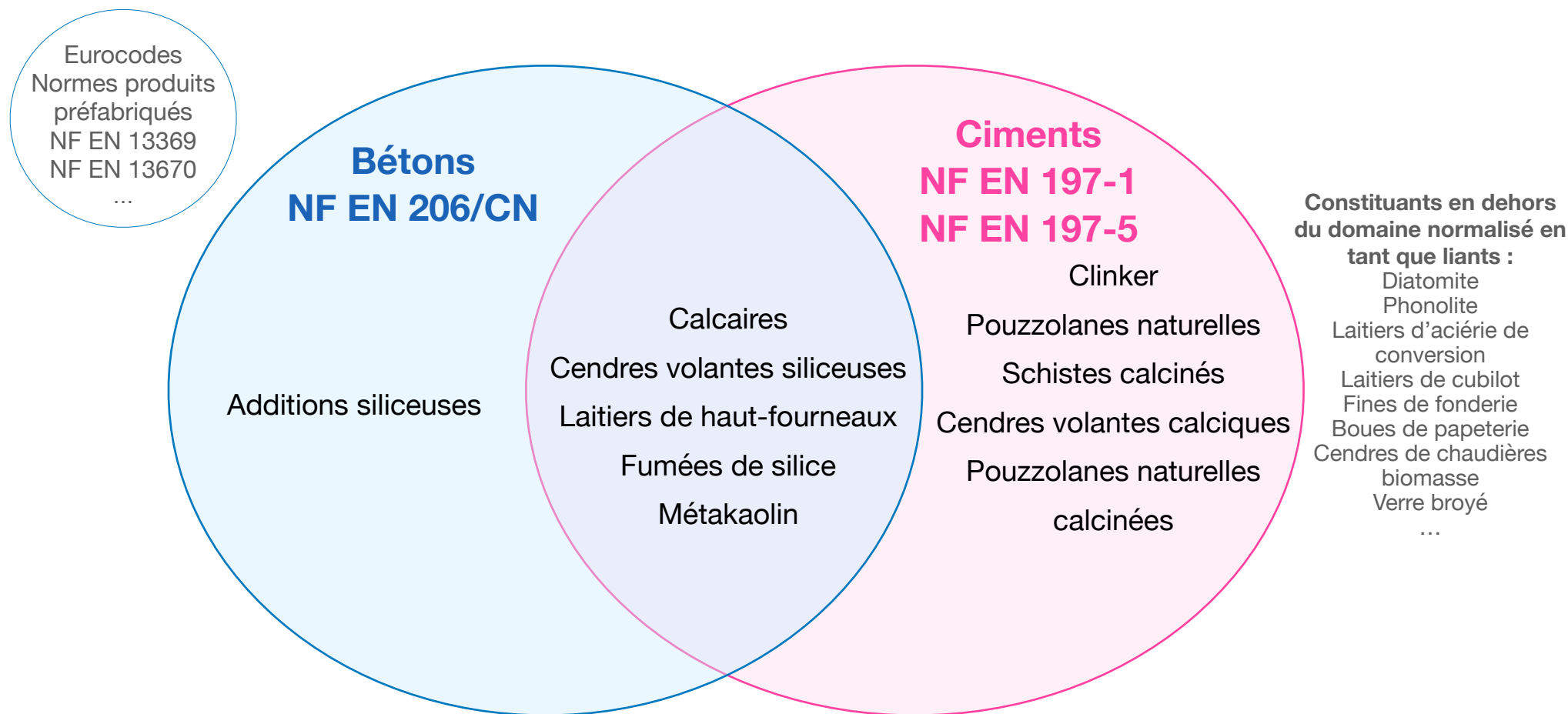
- > Additions de type I : additions quasi-inertes
 - Additions calcaires : NF P 18-508
 - Additions siliceuses : NF P 18-509

- > Additions de type II : additions réactives, à caractère pouzzolanique ou hydraulique latent
 - Cendres volantes : NF EN 450-1
 - Fumées de silice : NF EN 13263
 - Laitiers vitrifiés moulus de haut-fourneau : NF EN 15167-1
 - Métakaolins : NF P 18-513

Pour les blocs de maçonneries et les applications non structurelles : normes spécifiques autoportantes pour les produits préfabriqués



Constituants des liants cimentaires dont l'usage est normalisé





Les calcaires :

Roches calcaires ou dolomitiques finement broyées

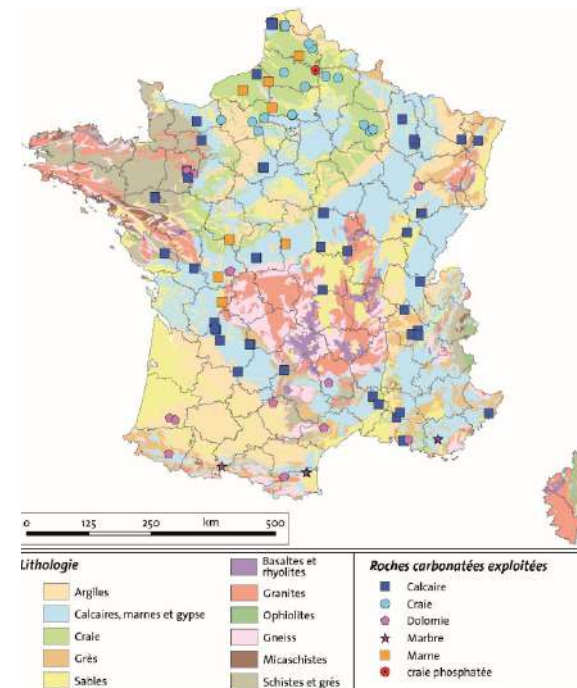
Disponibilité

- > Roches calcaires largement disponibles et réparties en France
- > Production de carbonates (hors granulats et matériaux pour ciment) en 2015 :
 - 24,3 millions de tonnes
 - 87 carrières
- > Production annuelle de fillers et additions calcaires 4 à 10 millions de tonnes (Omya, Saint-Hilaire, Carmeuse, Carbocia...)

Perspectives

- > Développement de la production par les fournisseurs de granulats
- > Augmentation de la demande et de la production

40 à 60 kg éq. CO₂/t



Carrières de calcaire actives (source BRGM)



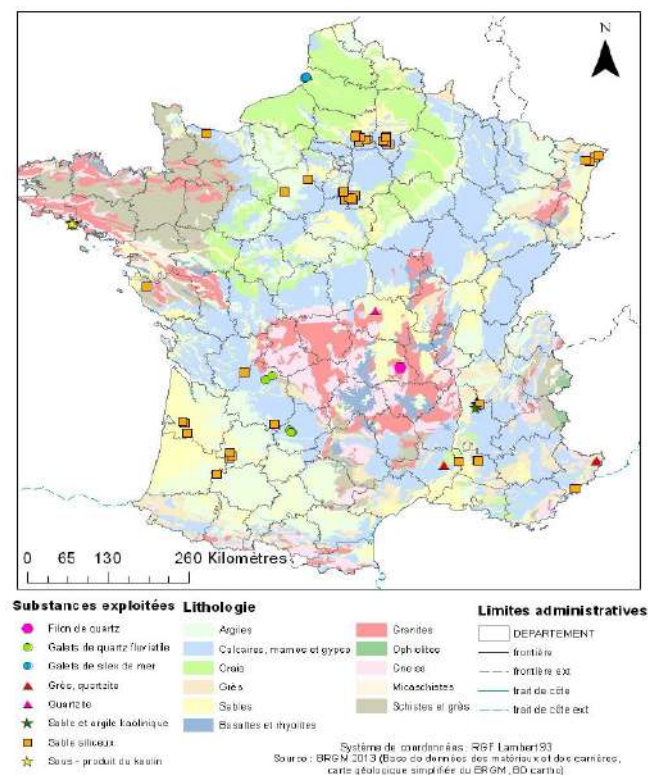
Les additions siliceuses :

Sables siliceux finement broyés

60 à 120 kg éq. CO₂/t

Disponibilité

- > En 2013 :
 - 68 carrières de silice industrielle,
 - 6,4 millions de tonnes extraites
- > 2 sites de production d'additions siliceuses pour béton (Sibelco) :
 - Compiègne (Oise) : 50 000 tonnes par an, capacité 200 000 tonnes par an
 - Entraigues-sur-la-Sorgue (Vaucluse)



Exploitations de silice industrielle (source BRGM)



Les argiles calcinées :

Métakaolins et autres argiles calcinées

140 à 240 kg éq. CO₂/t

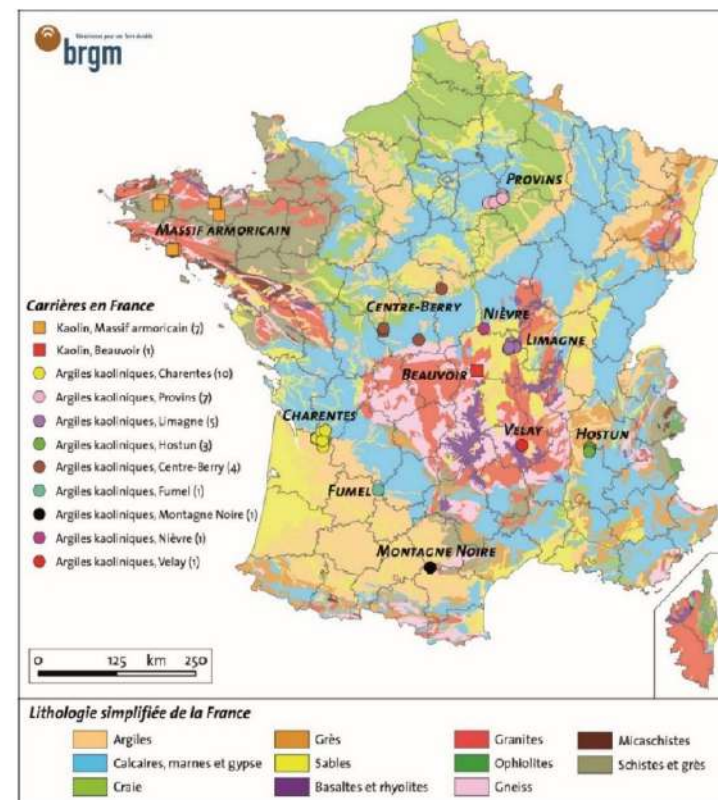
Disponibilité

- > Production annuelle de kaolins et argiles kaoliniques : 400 à 450 000 tonnes
- > Production autorisée : 4,2 millions de tonnes
- > 3 producteurs de métakaolins :
 - Argeco : Capacité de production de 60 000 tonnes par an de métakaolin flash à Fumel (47)
 - Imerys : Capacité de production 110 000 tonnes par an de métakaolin traditionnel à Clérac (17)
 - Soka : Métakaolin produit à Quessoy (22)

Perspectives

- > Développement des liants ternaires à base de clinker, argile calcinée et addition calcaire et des ciments aux argiles calcinées

Exploitations de kaolins et argiles kaoliniques (source BRGM)





Les pouzzolanes naturelles :

Roches volcaniques alvéolaires

Disponibilité

- > En 2013, production de 687 600 tonnes de pouzzolanes (granulats), dont 90 % en Auvergne
- > Réserve de 700 millions de tonnes dans la chaîne des Puys

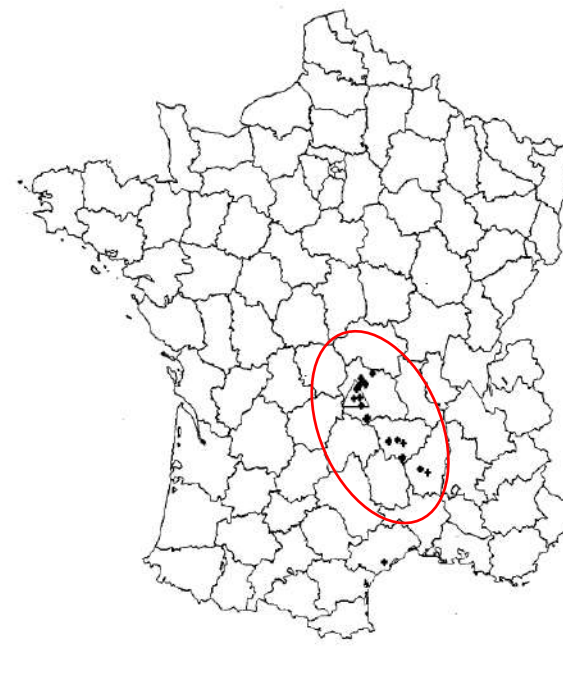
Perspectives

- > Réel intérêt technique
- > Perspectives d'utilisation limitées par le classement de la Chaîne des Puys au Patrimoine mondial de l'UNESCO



Pouzzolane des Dômes

Gisements de pouzzolane (source BRGM)





Les laitiers de haut-fourneau :

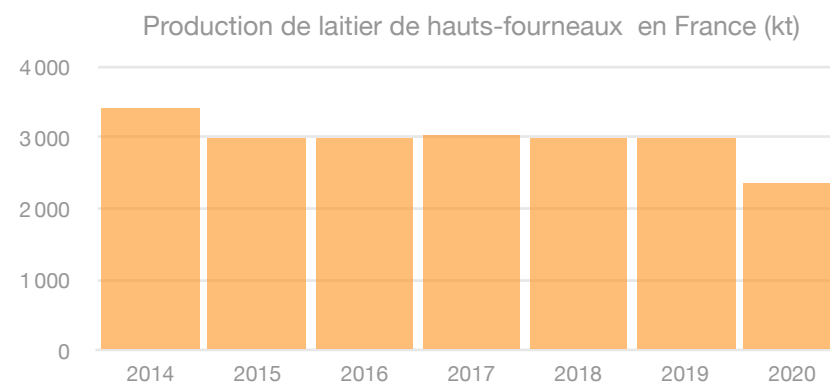
Coproduits de l'industrie de la fonte

Disponibilité

En 2019 :

- > Production de 3 millions de tonnes de laitier
- > Utilisation de 2,5 millions de tonnes de laitier pour la production de ciment et de béton
- > Ecocem est le principal fournisseur en France :
 - Fos-sur-Mer (13)
 - Dunkerque (59)

≈ 100 kg éq. CO₂/t
(dont 83 kg d'affectation économique)



Données CTPL

Perspectives

- > Pas d'évolution majeure de la production attendue d'ici 2030
- > Production de laitier limitée à plus long terme du fait des changements de process dans l'industrie de l'acier pour réduire son impact environnemental (réduction de 30 % des émissions de CO₂ pour la production de l'acier d'ici 2035 et neutralité d'ici 2050)



Les fumées de silice

Coproduits de la fabrication du silicium

≈ 350 kg éq. CO₂ t

Disponibilité

- > Distribution française majoritairement assurée par la société Condensil :
 - 50 000 tonnes par an
 - 5 sites de production (usines de silicium) basés dans le Sud-Est de la France

Perspectives

- > Production liée à celle du silicium dont le marché est très fluctuant et difficile à anticiper à long terme



Produits en BFUP à la fumée de silice (Cerib)



Les cendres volantes :

Coproduits des centrales thermiques

47,5 kg éq. CO₂/t

Disponibilité

- > 2 centrales à charbon encore actives en France
- > Cendres volantes commercialisées par :
 - EDF : 200 000 tonnes par an
 - Surschiste : 400 000 tonnes par an (Gardanne (13), Saint-Avoid (57), Hornaing (59))
- > Cendres provenant essentiellement de stocks



Surschiste

Perspectives

- > Disponibilité maintenue sur les 10 prochaines années grâce aux stocks
- > Augmentation de l'importation (actuellement 20 % d'importation)



Technologies alternatives - Nouveaux liants (liste non exhaustive)

Liants obtenus par activation alcaline (Géopolymères/activation alcaline du laitier)

- > Liant alcali-activé au carbonate de sodium développé par Ecocem et Vinci Construction (évaluation technique européenne obtenue en 2021)
- > Liants Hoffman Green Cement Technologies à base de laitier ou d'argile flashée activés : capacité de production de 550 000 tonnes d'ici 2026
- > Brevets Cerib : liants basés sur l'activation du laitier par le carbonate de sodium

Ciments sulfo-alumineux



Ciments carbonatables (durcissement basé sur l'absorption du CO₂ par carbonatation)

- > Ciment Solidia

Technologie CarbonCure

Liants à base d'oxyde de magnésium

Liants d'hydrosilicate de calcium



Conclusions et perspectives

- La filière béton dispose de nombreux leviers (matériaux, process...) pour relever les défis liés à la transition écologique et climatique.
- La France dispose d'une offre concernant les liants décarbonés couvrant un large panel de solutions.
- Réel intérêt des co-produits industriels (laitiers de hauts-fourneaux, cendres volantes...) dont la disponibilité est liée à l'industrie amont.
- Des ressources importantes sur les territoires de calcaire, d'argile, de pouzzolanes naturelles et de roches siliceuses.
- Des travaux sont en cours au niveau des commissions de normalisation afin d'accroître encore l'utilisation de bétons décarbonés.



Rapport « Ressources minérales pour les liants des bétons décarbonés : disponibilité, perspectives et innovations »
téléchargeable sur le site du Cerib

<https://www.cerib.com/rapport/563e-ressources-minerales-pour-les-liants-des-betons-decarbones/>



Pour tout renseignement complémentaire :
Suzanne Le Thierry
06 12 51 46 55 - s.lethierry@cerib.com





MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Suzanne LE THIERRY

Centre d'études et de recherches
de l'industrie du béton

06 12 51 46 55 - s.lethierry@cerib.com

