



FCC, La molasse, une ressource sous-exploitée

STC 2024 | Lucerne, 05 Juin 2024



Sommaire

- Présentation du Concours Mining the Future
- Notre groupement
- Le Projet FCC
- Méthodes et procédés de valorisations de la molasse
- Conclusion



Concours Mining the Future

Concours d'innovation en lien avec l'économie circulaire lancé par le CERN dans le cadre du projet H2020 FCCIS (grant agreement n. 951754) et coordonné par l'université autrichienne Montanuniversität Leoben

Concours pour trouver des solutions de valorisation durable des matériaux molassiques excavés

Douze propositions soumises par des consortiums composés d'universitaires, d'industriels et de chercheurs et jugées par un groupe d'experts reconnu dans le domaine sur les aspects suivants :

⇒ Faisabilité technique / Potentiel d'innovation / Impact socio-économique

4 finalistes retenus dont le groupement « Molasse is the new ore »



Notre groupement : « Molasse is the new ore »



Bureau d'ingénierie civile spécialisé en Infrastructures, Bâtiment et Environnement



Groupe cimentier international et multi local



Filiale de Vicat dédiée à l'économie circulaire



Laboratoire d'essais bétons et matériaux



Groupe cimentier et matériaux Suisse



Solutions & services innovants de préservation de l'eau & de valorisation des sables



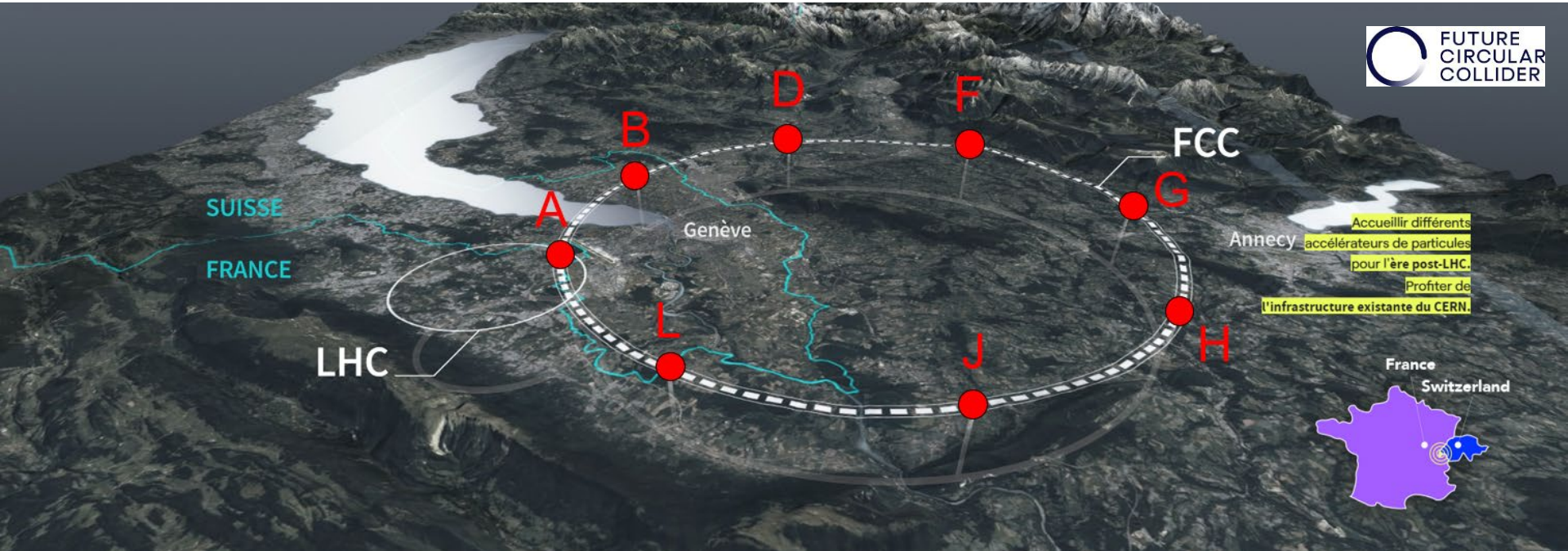
Entreprise suisse de construction



Bureau d'ingénierie civile spécialisé en gestion des matériaux



Le Projet FCC





Le Projet FCC

1. Formations concernées par le projet :
 - Formation du Quaternaire : Moraine
 - Formation du Tertiaire : Molasse
 - Formation du Crétacé inférieur : Calcaire

2. Le projet « en chiffre » :
 - ≈ 6.5 millions de m³ en place (puits, cavernes, tunnels)
 - ≈ 16 millions de tonnes
 - ⇒ Formation molassique en très grande majorité



Prélèvement d'échantillons de molasse



Prélèvement d'un échantillon de molasse sur le site du CERN HL-LHC Point 1

Répartition par tranches granulométriques :

- 36 à 48 % argile $< 15 \mu\text{m}$
- 10 à 15 % limons $15 / 63 \mu\text{m}$
- 10 à 15 % fines $63 / 500 \mu\text{m}$ et sables concassés $0.5 / 4 \text{ mm}$
- 15 à 20 % blocs de grès et graviers de $4 / 20 \text{ mm}$

Présence probable d'hydrocarbures géogènes qui peuvent concerner des couches d'étendues et d'épaisseurs très variables



Méthodes et procédés de valorisations de la molasse

- Analyseurs en ligne
- Processus de séparation des matériaux
- Filières de valorisation envisagées



Intérêt des analyseurs en ligne

1. Prise en compte des contraintes des sites d'extractions
 - Problèmes de place / Cadences d'excavation élevées prévisibles
2. Nécessité de séparer les différentes fractions le plus en amont possible du processus
 - En fonction de la granulométrie / composition chimique et/ou minéralogique
 - En fonction de la présence ou non d'hydrocarbures géogènes
3. Processus de caractérisation, tri, stockage et d'évacuation des matériaux généralement retenu
 - Plan d'échantillonnage avec isolation des lots nécessaire
 - Envoi des échantillons à des laboratoires tiers ou à un laboratoire d'analyse situé à proximité
 - Réception et analyse des résultats
 - Reprise des lots de déblais stockés pour être triés et envoyés dans des stocks différents
 - ⇒ Méthode nécessitant des plates-formes de stockage temporaires d'une capacité importante
4. Intérêt des analyseurs en ligne
 - Augmenter l'efficacité de l'analyse de flux
 - Augmenter les possibilités d'utilisation des déblais produits
 - Évaluation rapide de la filière de récupération appropriée

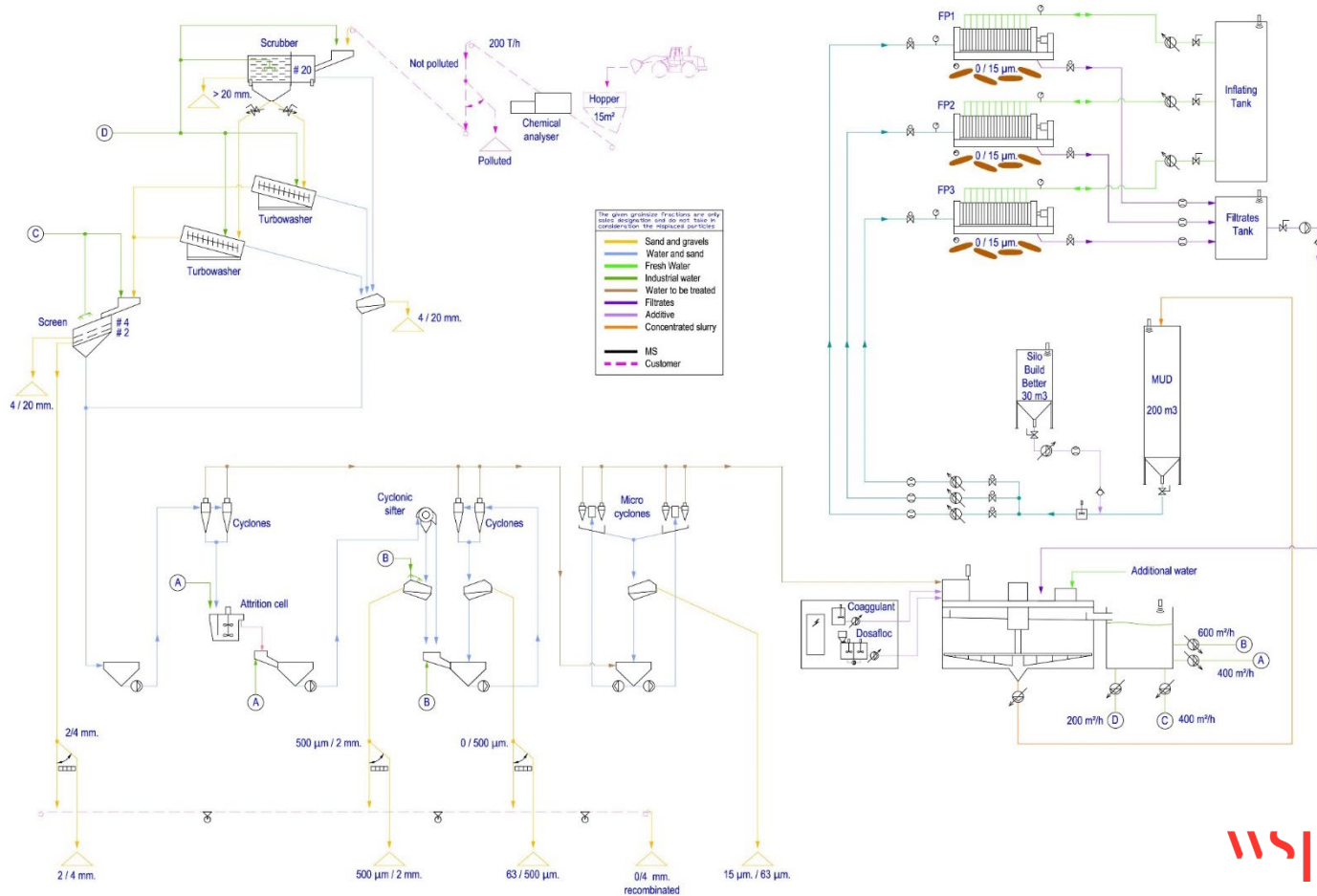


Organisation du processus de tri par analyseurs en ligne

1. Matériaux molassiques issus des fronts d'excavations réceptionnés sur une plateforme intermédiaire de tri et de stockage ;
2. Caractérisation en continu des matériaux d'excavation pour effectuer un pré-tri efficace sur le site :
 - Mise en place d'une chaîne logistique de suivi des flux de production des chantiers ;
 - Série d'analyseurs en ligne installés sur les convoyeurs d'alimentation de la station de traitement pour permettre une identification immédiate des composants pétrographiques.
3. Expérimentation de deux technologies d'analyse en ligne différentes :
 - Analyse PGNAA (« Prompt Gamma Neutron Activation Analysis ») ;
 - Analyse proche infrarouge (NIR) et hyper-spectrale (plus aisée que PGNAA du fait de l'absence de sources de neutrons) ;
 - ⇒ Analyseurs en ligne optimisés par l'intelligence artificielle permettant de réduire les phases de calibration longues et coûteuses, ainsi que le besoin en stockage avant traitement.

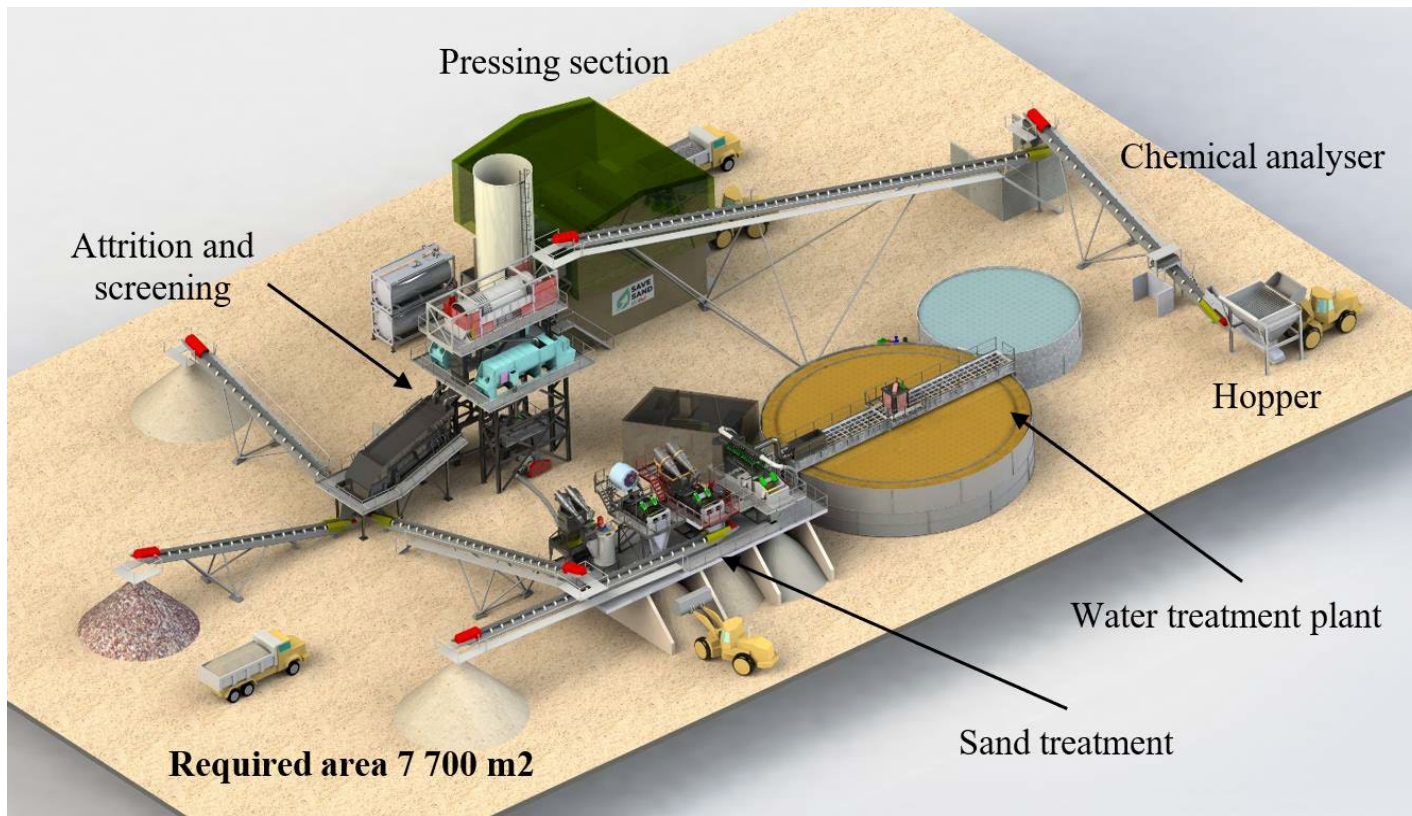


Processus de séparation des matériaux





Vue 3D de l'usine de séparation





Exemple d'usine de séparation



Autre projet



Exemple de limitation des émissions de bruit et poussière



Vieux port de Nice



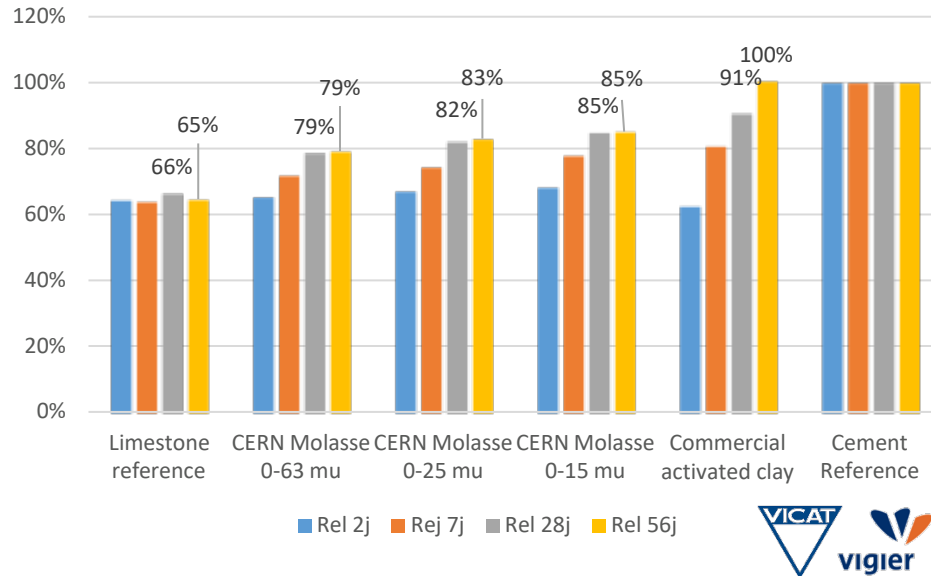
Filières de valorisation envisagées

| Désignation | Part [pour 1 m3] | Quantité [tonnes] | Filières de valorisation |
|---|---------------------|----------------------|---|
| Blocs de grès et graviers 4 / 20 mm | 0.15 | 2'200'000 | Concassés pour générer des grains de sable, et mélangés au sable fin naturel lavé de la molasse pour constituer un sable à béton 0 / 4 mm |
| Sables concassés 0.5 / 4 mm | 0.03 | 65'000 | Recombinés en 0 / 4 mm : Secteur des matériaux granulaires (sable à béton, sable correcteur, sable de filtration, remblai de tranchées, etc.) |
| Fines 63 / 500 µm | 0.12 | 1'750'000 | |
| Limons 15 / 63 µm | 0.12 | 1'750'000 | Secteur des matériaux granulaires (correcteur pour les sables grossiers) |
| Argiles < 15 µm | 0.48 | 7'000'000 | 36 à 48 % de la molasse semble appropriée pour l'activation thermique et la production de ciment bas carbone. Les argiles ne pouvant être activées seront mélangées à des sables 0 / 1 mm pour obtenir un béton de terre crue ou des briques en terre cuite. |
| Molasses polluées | 0.10 | 1'400'000 | Cimenteries, (bioremédiation) |



Résultat des essais d'activation d'argile

Relative compressive resistance



1. L'hydrocyclonage a démontré l'enrichissement de la fraction argileuse :

- A 28 jours, l'activation thermique démontre une réactivité modérée de la molasse ;
- Plus la fraction est fine, plus la résistance obtenue est élevée.

2. Évaluation des volumes et des coûts :

- Consommation de 1 million de tonnes sur 10 ans atteignable ;
- Activation thermique dans un four à calcination ;
- Molasse doit être mélangée à d'autres matériaux plus réactifs ;
- Production d'un ciment bas carbone et vente sur le marché français / suisse.



Vue 3D d'une usine de calcination des argiles



© FLSmidth



Utilisateurs potentiels de correcteur de sable





Conclusion

1. Faisabilité technique :

- Réutilisation possible des argiles (potentiel d'activation démontré) ;
- Réutilisation possible des sables et des sables fins.

2. Organisation :

- Détermination de la taille des installations ;
- Besoin de stockage temporaire (durée de vie des installations, production).

3. Impact sociétal :

- Extrapolation des concepts proposés aux autres projets extrayant également de la molasse :
synergie dans la réutilisation des installations ?
- Économie circulaire ;
- Création d'emplois.



Merci de votre attention