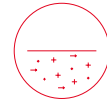
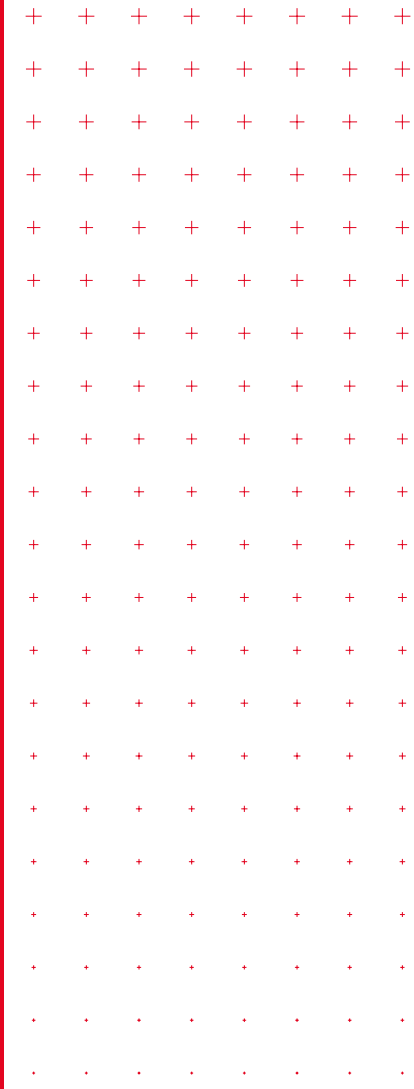




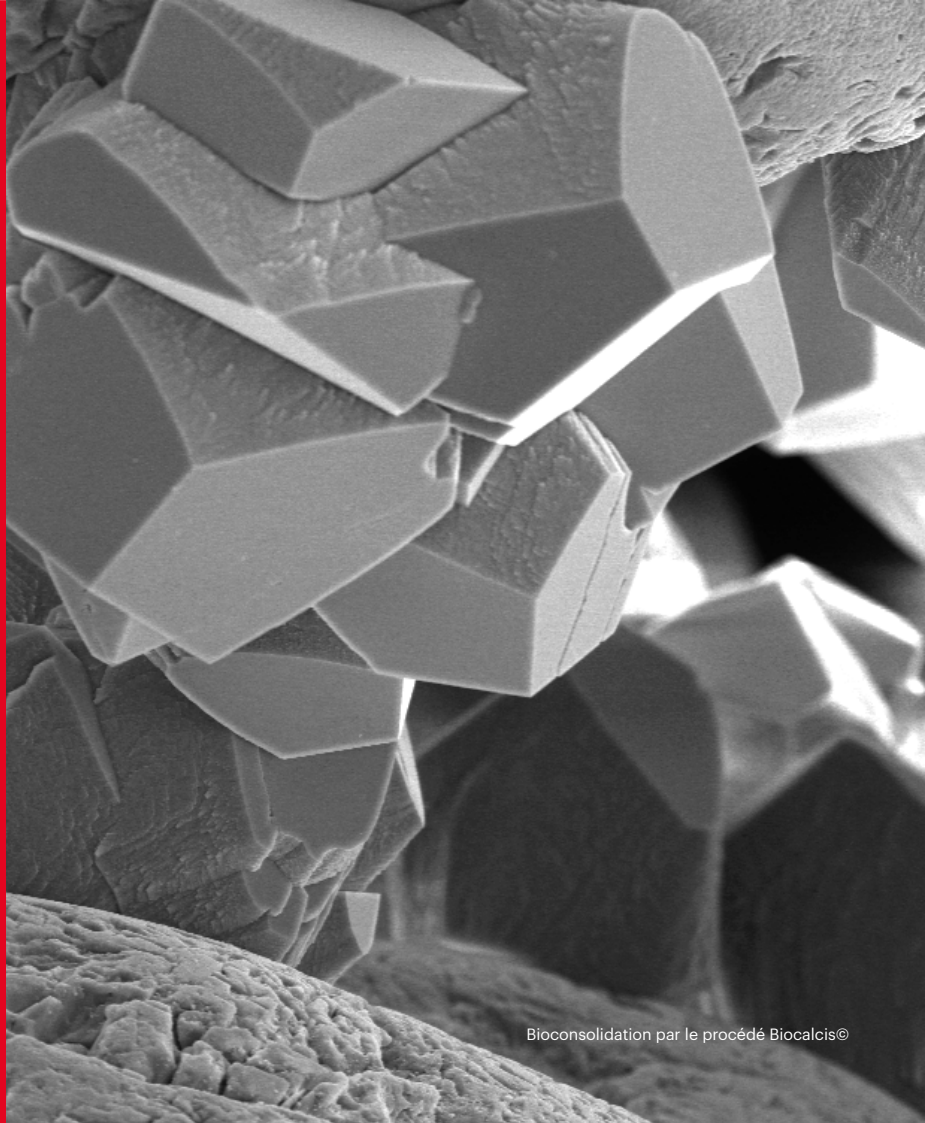
SOLETANCHE BACHY

Biocalcis[®] Patrimoine



Biocalcis[®]
Patrimoine

Traitement de Bioconsolidation
de la pierre



Représenté par :



www.ecp-fr.com
0388799240
info@ecp-fr.com

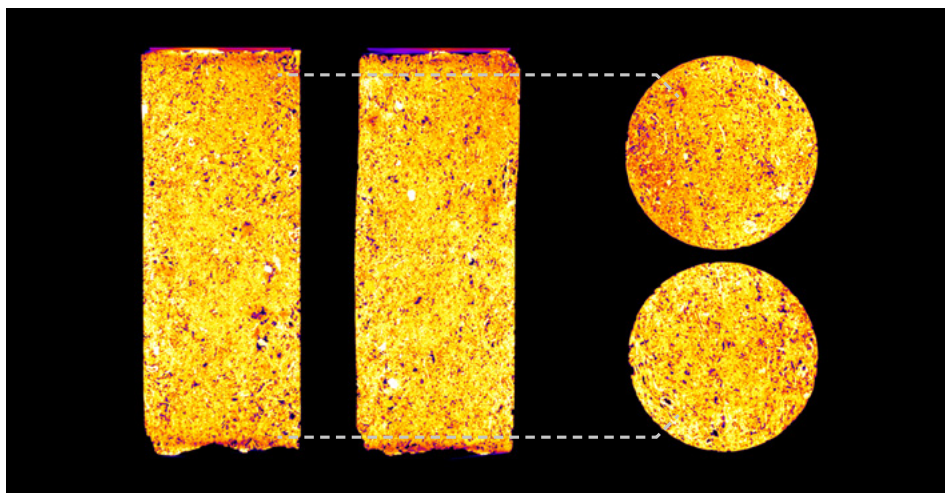
Bioconsolidation par le procédé Biocalcis[®]

Biocalcis® Patrimoine

Origines

Le procédé **Biocalcis®** (brevet Soletanche Bachy) est un procédé industriel de biocalcification obtenu à partir de bactéries naturelles, destiné aux travaux de renforcement des sols en grande profondeur. Le principe repose sur la formation in situ d'un ciment biologique à base de calcite CaCO_3 ,

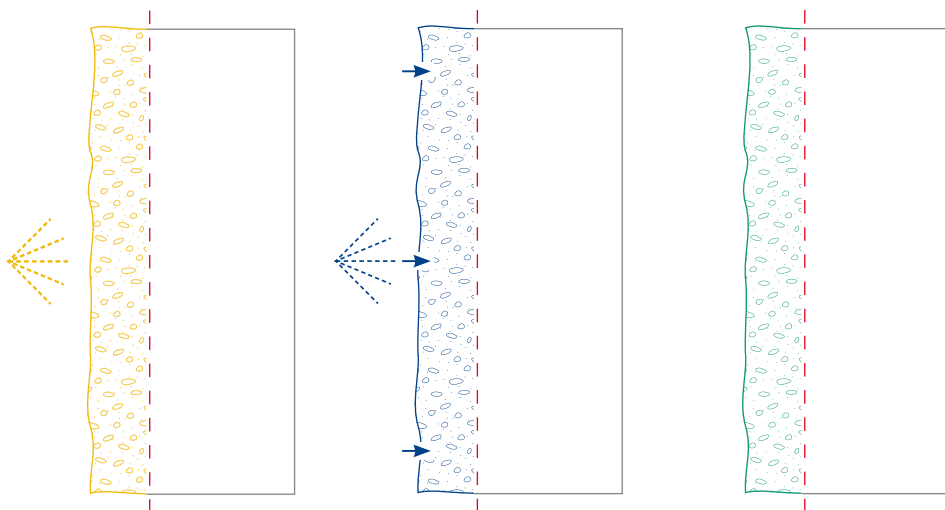
généralisé par voie uréolytique, pour créer des ponts cohésifs entre les grains de sol traité sans en modifier la perméabilité. La quantité de calcite précipitée est réglée en fonction des critères de résistance mécanique recherchés. La réaction est complète au bout de quelques heures.



Bloc de St Emilion traité dans la masse par injection - Tomographie X CT

Le procédé **Biocalcis® Patrimoine** a été développé en 2020 pour des applications de restauration de la pierre, en adaptant la formulation d'origine destinée aux traitements des sols en grande profondeur.

Le procédé consiste à pulvériser un volume prédéterminé d'une suspension bactérienne, de façon à répartir les bactéries sur le volume souhaité et les fixer sur l'épaisseur de la pierre à traiter. Dans un deuxième temps, la pulvérisation d'une solution calcifiante conduira à la précipitation de calcite dans la matrice de la pierre au contact des bactéries préalablement fixées, en formant un nouveau réseau cristallin.



Pulvérisation d'un volume de bactéries pour combler la porosité sur l'épaisseur souhaitée. Les bactéries sont laissées au repos et elles se fixent sur la pierre en quelques heures.

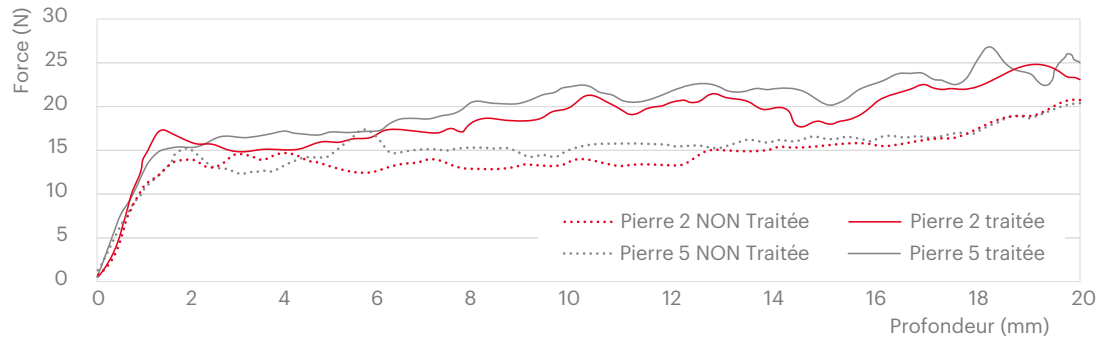
Pulvérisation de la solution calcifiante sur l'épaisseur souhaitée, sur la zone où sont fixées les bactéries. Cette opération peut être répétée une deuxième fois en fonction du taux de calcite recherché.

La réaction de biocalcification conduisant à la précipitation de calcite est complète au bout de 24 h. Elle est obtenue directement dans le volume pulvérisé.

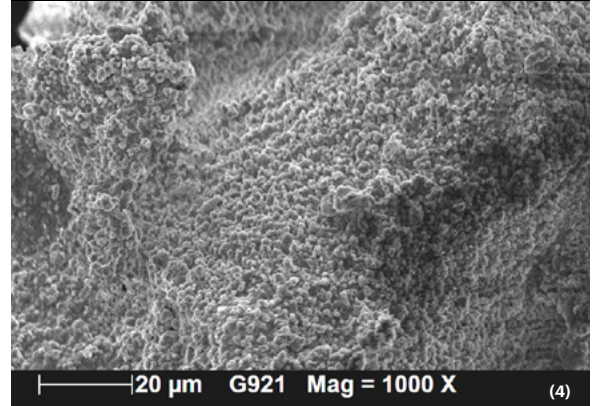
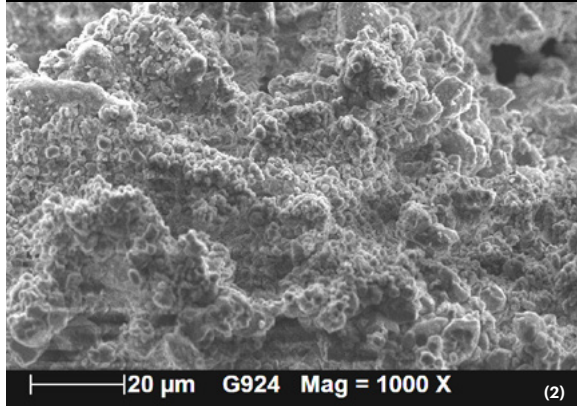
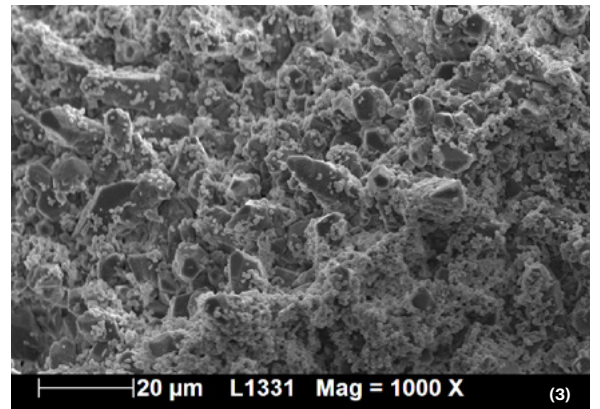
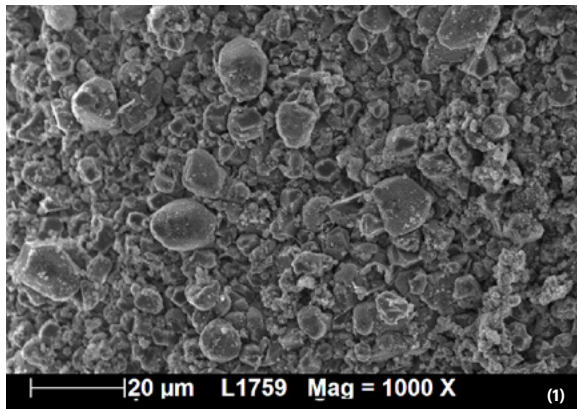
Caractéristiques

Le procédé est proposé dans le domaine de la **protection de surface** de matériaux pierreux pour former une couche minérale protectrice à base de calcite. L'épaisseur de cette couche est maîtrisée au moment de la pulvérisation et peut varier de 5 à 20 millimètres en fonction des besoins définis par rapport à l'état surfacique initial du matériau.

Résistance à l'enfoncement sur Pierres de Tuffeau (86) avant et après traitement Biocalcis
Moyennes des forces (N) en fonction de la profondeur (mm)



A l'issue du traitement, la pierre continue de « respirer » car la calcite ne crée pas d'obstruction massive et sa couleur n'est pas modifiée.



Images MEB sur Pierre de St Emilion, ⁽¹⁾ ⁽³⁾ avant (haut) et après ⁽²⁾ ⁽⁴⁾ (bas) traitement par pulvérisation de surface

Absorption Pipette de Karsten

	A (kg/m ² .sec0,5)		
	Avant	Après	% variation
Tuffeau	0,34	0,27	-21%
St Maximin 1	1,03	0,93	-11%
St Maximin 2	0,43	0,42	-3%
	0,19	0,16	-14%
	0,32	0,27	-16%

Mise en œuvre

La méthode sera déterminée en fonction des objectifs de traitement, des caractéristiques initiales de la pierre et des conditions d'accès. Le principe repose sur une pulvérisation de volumes prédéterminés en fonction de l'épaisseur et de la résistance souhaitées.

La réaction de biominéralisation est obtenue en 2 ou 3 jours et elle n'évolue plus dans le temps.

Un phasage doit être respecté au niveau de l'application des bactéries et de la solution calcifiante ; il sera adapté au cas par cas en fonction de l'application.



Hydratation des bactéries dans l'eau



Pulvérisation en surface



Contrôles DRMS

Jour 1	<ul style="list-style-type: none"> + Application des bactéries + Temps de repos 2 heures + Application de la première dose de solution calcifiante
Jour 2 (option)	<ul style="list-style-type: none"> + Application de la deuxième dose de solution calcifiante
Jour 3	<ul style="list-style-type: none"> + Contrôles

Exemple de phasage **Bioalcis** Patrimoine

La mise en solution des bactéries est effectuée directement sur chantier à l'avancement.

Contrôles

L'efficacité de la biocalcification pourra être déterminée en caractérisant la pierre en place avant et après traitement, en mettant en œuvre les tests suivants :

- + Coefficient d'absorption eau (pipette Karsten)
- + Vitesses des ondes ultrasonores
- + Effet de consolidation : résistance au forage DRMS (Drilling Resistance Measurement System)

Si des prélèvements par carottage sont envisageables, il sera possible de mesurer la densité, la porosité (eau & mercure), la teneur en sels et de réaliser des images MEB pour visualiser la calcite formée.

Ces tests permettront de valider les épaisseurs de calcification obtenue ainsi que la qualité du traitement. Ils pourront facilement être réalisés sur une planche d'essais avant les travaux pour ajuster les paramètres de traitement et comme tests de réception finale.

Références :

- 9 avenue du Président Wilson 75016 Paris ; Maître d'œuvre Chossegros Architecte, Société Broussail
- 5 rue du Cardinal Mercier 75009 Paris ; Maître d'œuvre Cabinet Damien Bourry , Société Chevalier