

Grains de sable dans le système

Collège Pierre Loti de Rochefort



Avec la participation de :

Mathile, Marius, Merlin, Gabriel, Cannelle, Juliette, Alice, Aziyadé, Sabelle, Romane, Nils, Anthony, Mathilde

Encadrés par leurs professeurs d'arts plastiques, sciences physiques, SVT, Mathématiques : Marion Griffoulière, Catherine Besserer, Marion Girardeau, Laurent Bassard, et aidés pas Anne Sophie Château et Claudine Baudon.

CgENial

Fondation pour la culture scientifique et technique

Sciences à l'École



académie
Poitiers

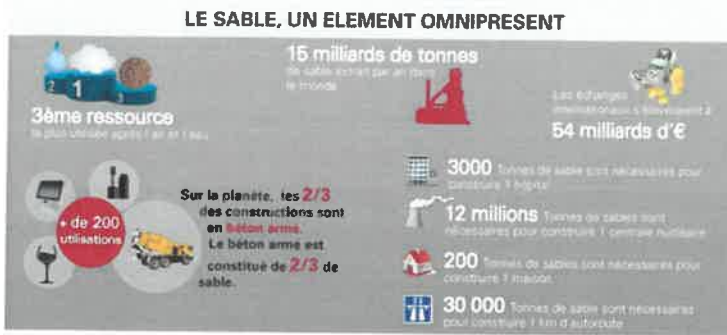
MINISTÈRE DE
L'ÉDUCATION NATIONALE

MINISTÈRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE



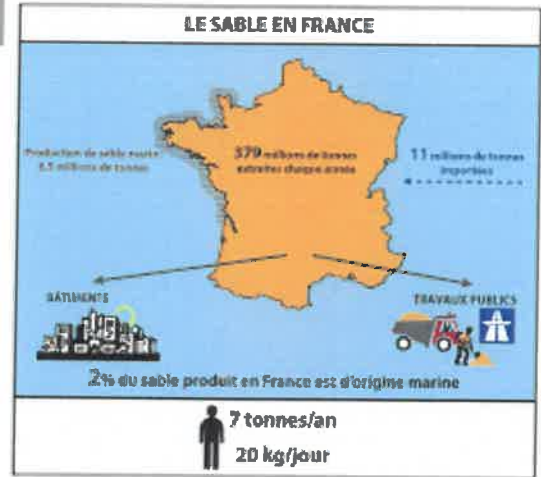
Introduction :

I. Problématique :



Le sable est la troisième ressource la plus utilisée dans le monde après l'eau et l'air. Il entre dans la constitution de matériaux tels que le verre, le béton, certains plastiques et est utilisé pour la fabrication de moules, pour ses effets abrasifs, pour la filtration de l'eau ...

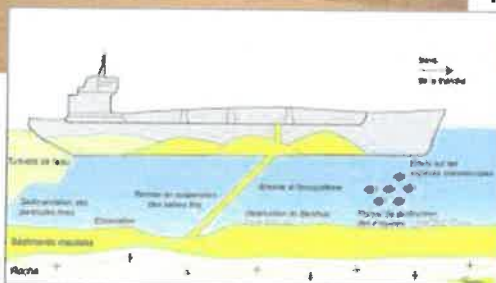
Il est exploité de manière intensive car nos besoins sont immenses. Ainsi, rien qu'en France, nous exploitons 379 millions de tonnes de sable, soit environ 20kg de sable par personne et par jour. Le secteur qui utilise le plus de sable est le secteur du bâtiment (fabrication du béton) et ces besoins sont croissants. Il faut ainsi 3000 tonnes de sable pour construire un hôpital, 30000 tonnes pour une autoroute.



Le problème est que le sable n'est pas une ressource renouvelable.



Le sable de carrière, surexploité est aujourd'hui remplacé par le sable rivière ou de mer. Si celui-ci présente l'inconvénient de devoir être lavé pour éliminer le sel, il est la seule alternative au sable de carrière, le sable du désert étant impropre à la fabrication du béton (trop fin).



Modes d'extraction du sable

L'exploitation du sable de rivière ou du sable marin n'est pas sans conséquence sur l'environnement : augmentation du risque de crue, érosion des plages, impact sur certaines

espèces marines à cause de la destruction des fonds marins, disparitions d'îles (en Indonésie notamment).

Nous nous proposons de remplacer le sable dans la composition du béton par des matériaux issus de bio-déchets comme les coquilles d'huitre, les coquilles d'œuf. Notre problématique est donc d'étudier les bétons fabriqués à partir de poudres de coquilles d'huitre ou de poudres de coquilles d'œuf et de comparer les propriétés mécaniques et chimiques de ces bétons avec du béton dit « standard », fabriqué avec 2/3 de sable.

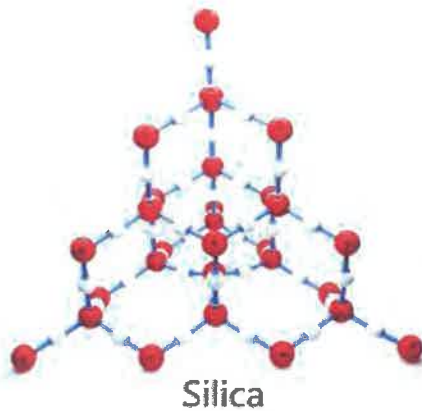
II. Notre démarche :

1. Recherche bibliographiques sur la structure du sable

Le sable est essentiellement issu de roches ou de débris de coquillages. Il est composé de silicates, de formule chimique SiO_2 .



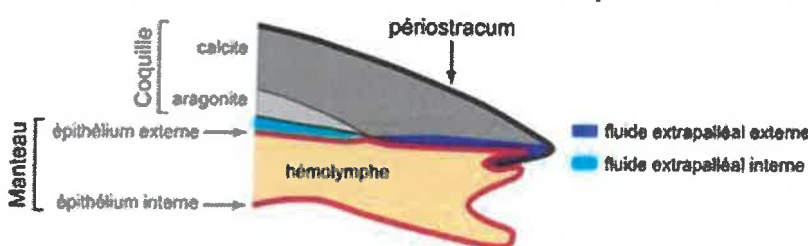
Grains de sable, au microscope



Dans le sable, les silicates sont liés par liaison covalente (liaisons très solides), pour former des structures cristallines comme indiqué dans la figure ci-contre. Les grains de sable ont une structure anguleuse et rugueuse.

2. Recherche bibliographiques sur la structure de la coquille d'huitre

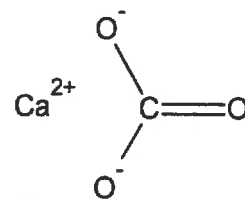
La coquille d'huitre est formée de deux parties : le manteau (à l'intérieur) et la coquille (à l'extérieur) ;



La coquille est constituée de carbonate de calcium de formule chimique $CaCO_3$

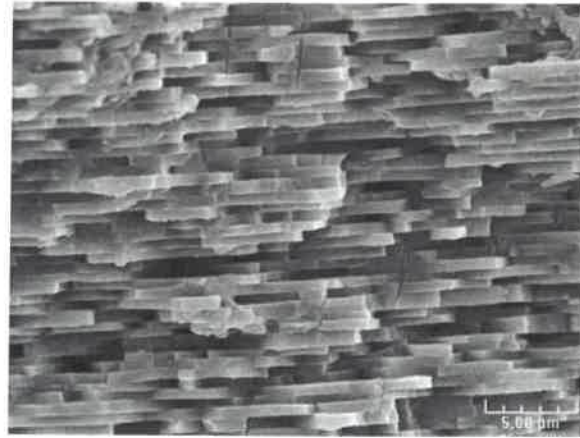
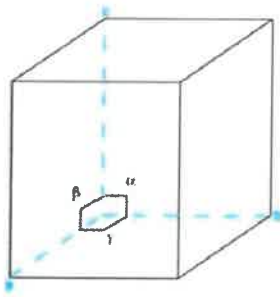
Schéma de coupe de la coquille d'huitre

Le carbonate de calcium a une structure ionique.



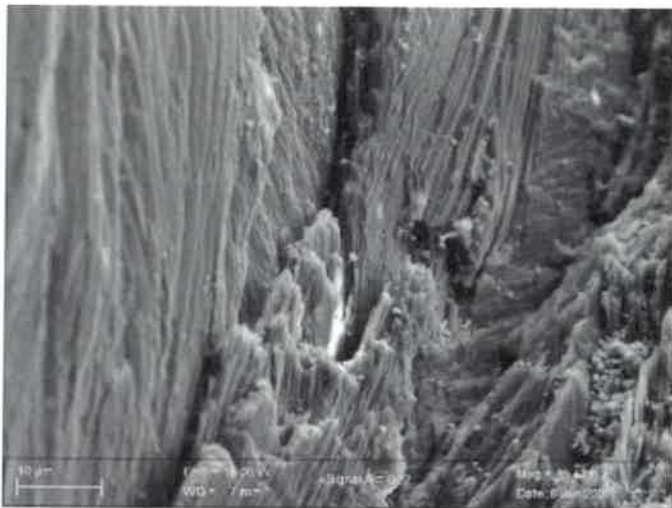
Le carbonate de calcium s'assemble en structures cristallines.

- L'aragonite

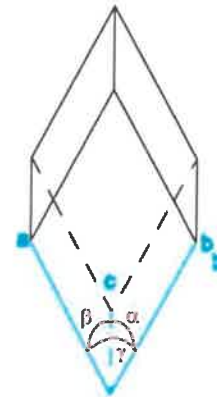


Forme orthorhombique de l'aragonite

- La calcite

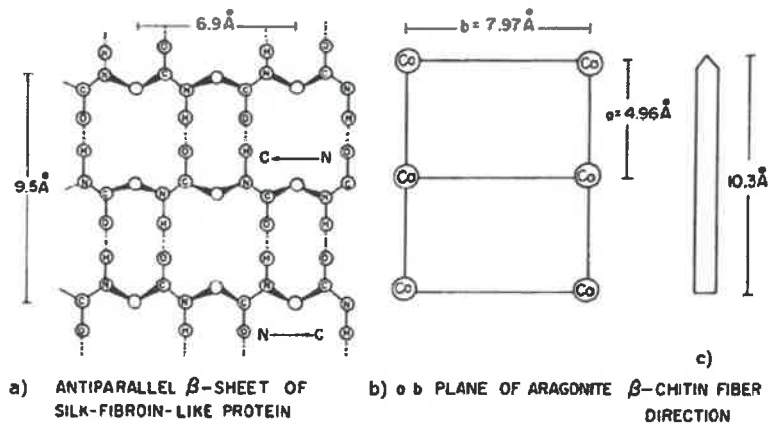


Calcite au microscope

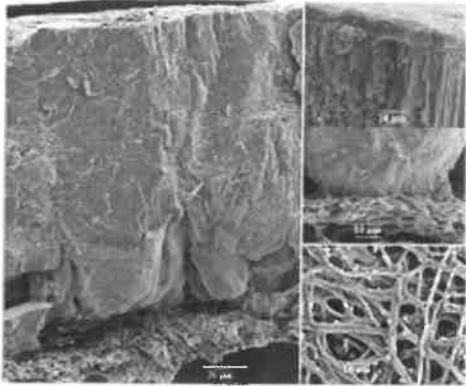


Dans ces deux structures, seule la forme de cristallisation change. La composition chimique est la même. Les molécules de carbonate de calcium sont liées entre elles par liaisons ioniques, beaucoup plus fragiles que les liaisons covalentes des silicates.

Par contre, les couches de briques de carbonates de calcium sont entourées de matière organique (protéines comme les glycoprotéines ou des polysaccharides). Cette structure permet une très grande résistance aux coquilles d'huitre.



3. Recherche bibliographiques sur la structure de la coquille d'œuf



La coquille d'œuf est constituée à 95% de carbonate de calcium amorphe.

Coupe d'une coquille d'œuf, microscope électronique à balayage.

4. Recherche bibliographiques sur la composition et la structure du béton

Le ciment est le liant hydraulique par excellence. Ce dernier est généralement composé de calcaire et d'argile. Il fait partie des principaux composants du béton, liant ses constituants entre eux, et lui conférant certaines caractéristiques essentielles telles que sa résistance.

L'eau de gâchage permet d'hydrater le ciment, ce qui libère ses capacités de liant

Les granulats, d'origine naturelle ou artificielle, sont des grains minéraux de dimensions variables. En tant que principaux composants du béton, ils lui transmettent certaines caractéristiques techniques et esthétiques, notamment sa résistance. On distingue différentes sortes de granulats : les fillers, les sables, les graves, les gravillons et les ballasts.

Les adjuvants sont des produits chimiques ajoutés lors du malaxage du béton et faiblement dosés lors de la préparation (moins de 5% de la masse du béton). Ces produits offrent la possibilité d'améliorer certaines caractéristiques du béton telles que son temps de prise ou son étanchéité.

Les réactions chimiques se déroulant lors de la prise du béton sont complexes.

Au cours de l'hydratation :

Silicate tricalcique + eau → Calcium silicate hydrate + hydroxyde de calcium +



Dicalcium silicate + eau → Calcium silicate hydrate + hydroxyde de Calcium + chaleur



Les photos suivantes illustrent ce qui se passe lors de l'hydratation du ciment : formation de cristaux partant de chaque grain de ciment et formant un réseau de plus en plus dense de liens.

l'agglomération des modules
juste après le gâchage



faible surface de contact - faible module



quelques contacts entre
grains de ciment

pendant la prise et le durcissement

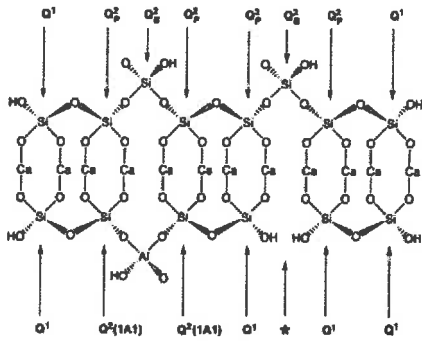


grande surface de contact - grand module

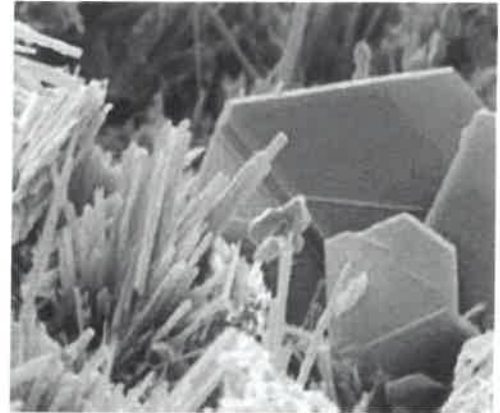


la réaction chimique
d'hydratation remplace les
grains anhydres par
petites particules
d'hydrates





Vues au microscope électronique à balayage de béton.



Le béton est constitué en général de 2/3 de sable et d'1/3 de ciment plus de l'eau.

Certains tests sont réalisés pour mesurer la résistance du béton :

- Résistance à la compression

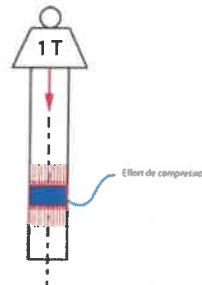


Schéma d'un béton soumis à un effort de compression - © Brice Canteneur

- Traction

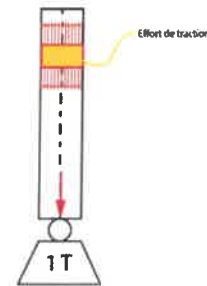


Schéma d'un béton soumis à un effort de traction - © Brice Canteneur

- Flexion

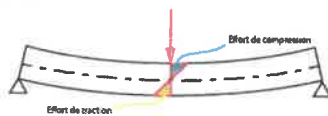


Schéma d'un béton soumis à un effort de flexion - © Brice Canteneur

III. Nos travaux expérimentaux

1. Fabrication des bétons

Pour la fabrication des bétons, nous avons utilisé du sable, des gravillons de granulométrie inférieure à 5mm, du ciment blanc du commerce et de l'eau du robinet ainsi que de la poudre d'huître (coquilles d'huîtres que nous avons broyées puis tamisées, coquilles d'œuf broyées et tamisées ou poudre d'huître offerte par la société OVIVE, Périgny).

Tas d'huître, OVIVE, Périgny



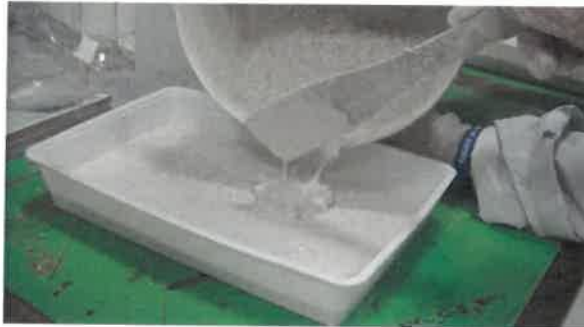
Nous avons fabriqué des plaques en béton selon les « recettes suivantes » :

Béton « standard » : 250 g de ciment, 400mL de sable, 800mL de gravier, 300mL d'eau

Béton à base de poudre d'huître : 250 g de ciment, 400mL de poudre d'huître , 800mL de gravier, 300mL d'eau

Béton à base de poudre de coquille d'œuf : 250 g de ciment, 400mL de poudre d'œuf , 800mL de gravier,, 300mL d'eau

Les plaques de bétons sont d'épaisseur 5mm et de différentes dimensions.



2. Construction de 3 boîtes en béton

Pour les tests d'isolation thermique, nous avons fabriqué trois boîtes en béton de mêmes dimensions.



3. Tests d'isolation thermique



Gen	T	T1 (inter)	T2 (ext)
1 (min)	°C	°C	°C
1	0,000	22,226	21,750
2	01,007	22,519	21,834
3	1,00-238	23,070	21,856
4	103,001	23,100	21,943
5	244,079	23,056	21,894
6	305,091	24,000	22,002
7	366,103	24,530	22,040
8	427,150	24,547	22,100
9	488,142	24,604	22,179
10	549,102	24,540	22,112

4. test de résistance à la flexion





5. test de résistance à la compression
(écrasement de plaques de béton en exerçant des forces identiques)

6. Tests chimiques

action d'un acide sur le calcaire, sur la poudre d'huître, sur les bétons



7. Tests de colonisation des bétons par la faune et la flore marine

Le béton peut éventuellement servir pour la construction d'ouvrages de protection de type digues ou récifs artificiels en mer. Il est intéressant de voir si le béton à base de poudre d'huître permet une meilleure colonisation de ces ouvrages. Des plaques de béton ont été déposées au fond du port de plaisance de La Rochelle au mois de janvier.



IV. Nos résultats

Nos premiers résultats montrent une moindre résistance à la compression du béton à base de poudre d'huître par rapport au béton standard. Ceci est certainement dû à la différence de structure du sable, très solide (liaisons covalentes) et de la poudre d'huître (lamelles de carbonate de calcium, liaison fragile, ioniques).

Le béton à base d'huître est également moins résistant à la flexion, pour les mêmes raisons.

Les mesures d'isolation thermique sont par contre plus favorables pour le béton à base d'huître. Il y a moins de déperdition de chaleur dans la boîte faite en béton à base de poudre d'huître ; les résultats sont encore à approfondir.

V. Ce qui nous reste à faire :

Nous devons encore finaliser tous nos tests et exploiter les résultats. Par ailleurs, nous allons visiter l'entreprise OVIVE, à Périgny, près de La Rochelle. Cette entreprise est spécialisée dans la récupération des coquilles d'huître par broyage. Les poudres sont pour l'essentiel destinées à l'alimentation animale (poules).

Nous avons contacté différents laboratoires universitaires pour obtenir de l'aide dans la réalisation des tests de résistance mécanique des bétons. Nous espérons pouvoir les réaliser à l'université de La Rochelle, au laboratoire LaSIE (sciences de l'ingénieur pour l'environnement) qui nous a donné une réponse favorable.

Conclusion :

Faire du béton à base de poudre d'huître permettra d'obtenir une alternative au béton classique qui nécessite une grande quantité de sable, ressource en tension. Cependant, la valorisation des coquilles d'huître reste très limitée en quantité et le béton à base de poudre d'huître semble plus fragile que le béton classique. Il est cependant peut-être intéressant de fabriquer ce type de béton, car il permet l'élimination de déchets pour l'instant peu valorisés et le béton à base de poudre d'huître pourrait avoir des applications spécifiques telles que la construction de récifs artificiels, la construction de structures éphémères ...



le 12.03.2019