



Les panneaux Bourse 2023

- Un minéral addictif : la calcite
- Carte d'identité de la calcite
- Calcite et industrie
- La calcite dans le grand labo de la nature
- Une géo-curiosité : la calcite Bellecroix
- OPTIONS
 - La fossilisation
 - Du spath d'Islande au dichroscope à calcite

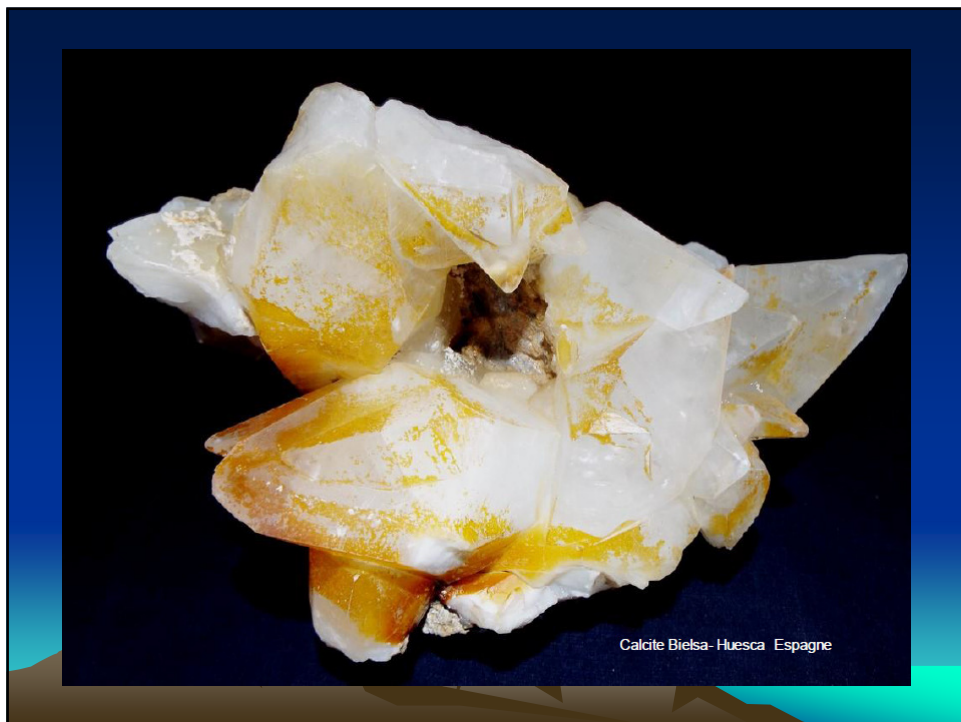
Sources

- https://www.svt-lycee-elorn.ovh/spath_islande.php
- Et l'ALMF A. Ferrage, JL Deville, C. Danes, M. Corazza, T. Bataille,

Un minéral addictif : la calcite



Calcite en boule/Curebourse/Cantal



Calcite de Malmberget

- Les calcites de Malmberget (Suède) sont réputées être les plus belles calcites au monde avec cette couleur jaune dorée liée à des traces de terres rares (cérium, lanthane, ...) qui donnent cette couleur exceptionnelle unique. La poche unique a été trouvée par des mineurs et le collectionneur et collaborateur scientifique du Musée national d'histoire naturelle, Peter Lyckberg (Lux)



Carte d'identité de la calcite

- CaCO_3 , dureté 3, densité 2,7
- Le clark du calcium est de 4,1 %
- Le calcium est lithophile/oxyphile (affinité avec l'oxygène car fortement électropositif comme Al qu'on ne retrouve qu'oxydé dans la nature)
- Le CaS (oldhamite) n'existe que dans les météorites
- Le calcium tend plutôt à former des silicates complexes (grenats, épidote,...) et des tectosilicates (zéolites), la grande taille du calcium peut être neutralisée dans une charpente de tectosilicates

Le clarke des principaux éléments

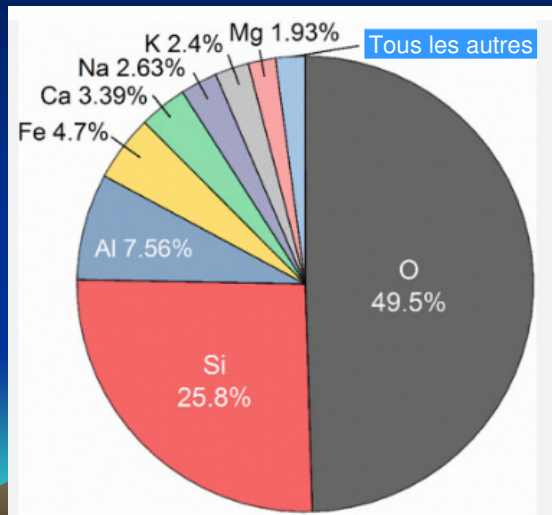


TABLEAU PERIODIQUE DES ÉLÉMENTS

table de Mandeleïv (Dimitri Ivanovitch) savant russe 1834-1907

1

IA

1

1.0079

H

HYDROGÈNE

2

IIA

3

IIIB

4

IVB

5

VB

6

VIB

7

VII B

8

VIII B

9

VIII B

10

VIII B

11

IB

12

IIB

13

IIIA

14

IVA

15

VA

16

VIA

17

VIIA

18

VIIIA

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

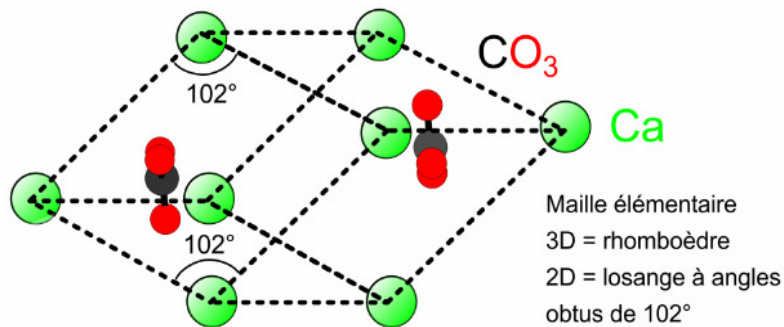
2

3

4

5

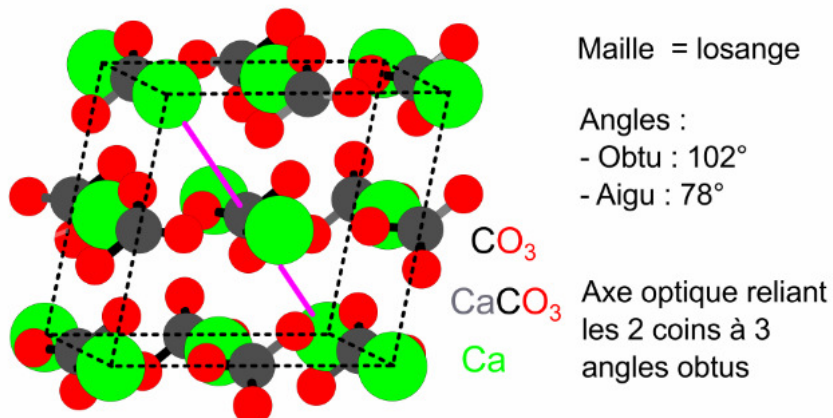
MAILLE ELEMENTAIRE DE LA CALCITE



La maille élémentaire d'un minéral est le plus petit volume de matière cristallisée qui respecte sa composition chimique et conserve toutes ses propriétés physiques et chimiques. On obtient le réseau cristallin par répétition et translation de la maille en 3D.

La maille élémentaire de calcite contient 2 motifs de CaCO_3

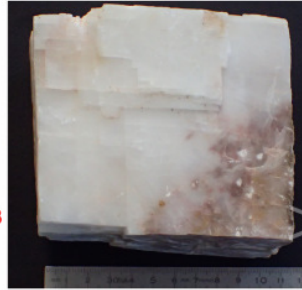
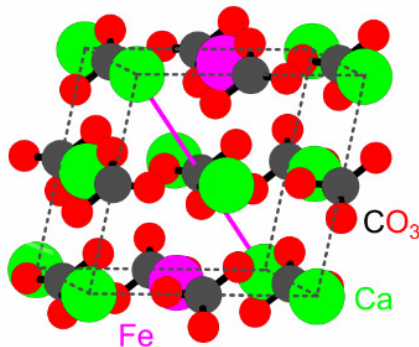
RESEAU CRISTALLIN DE LA CALCITE CaCO_3



La distribution spatiale des atomes de Ca et des groupements carbonates (CO_3) forme en 2D un réseau cristallin de maille losangique (Angles obtus 102°) et en 3D un réseau rhomboédrique

Réseau cristallin rhomboédrique de la calcite et sa maille losangique

SUBSTITUTION Ca PAR CATIONS DIVALENTS



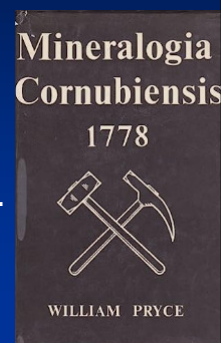
Calcite ferreuse - Brésil

Lors de la précipitation des ions Ca^{2+} et des ions carbonates CO_3^{2-} , en carbonate de calcium CaCO_3 , la substitution atomique d'ions Ca^{2+} par gros cations divalents (Fe^{2+} , Mg^{2+} ...) est fréquente > $\text{Ca (Mg, Mn, Fe, Zn) CO}_3$

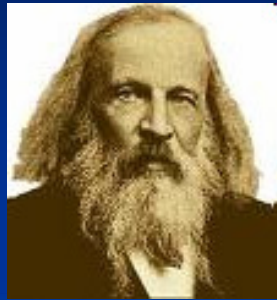
Substitution de Ca^{2+} par de gros cations divalents lors de la précipitation

Pryce ou Haüy ?

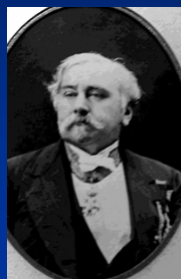
- On a signalé des centaines de formes possibles de la calcite
- c'est en remarquant que toutes donnaient par clivage le rhomboèdre primitif que le médecin cornouaillais W. Pryce (1778, in *Mineralogia Cornubiensis*) entrevit sans y attacher l'importance implicite les bases fondamentales de la cristallographie.
- Ceci fut suivi de la découverte de Haüy (1784)



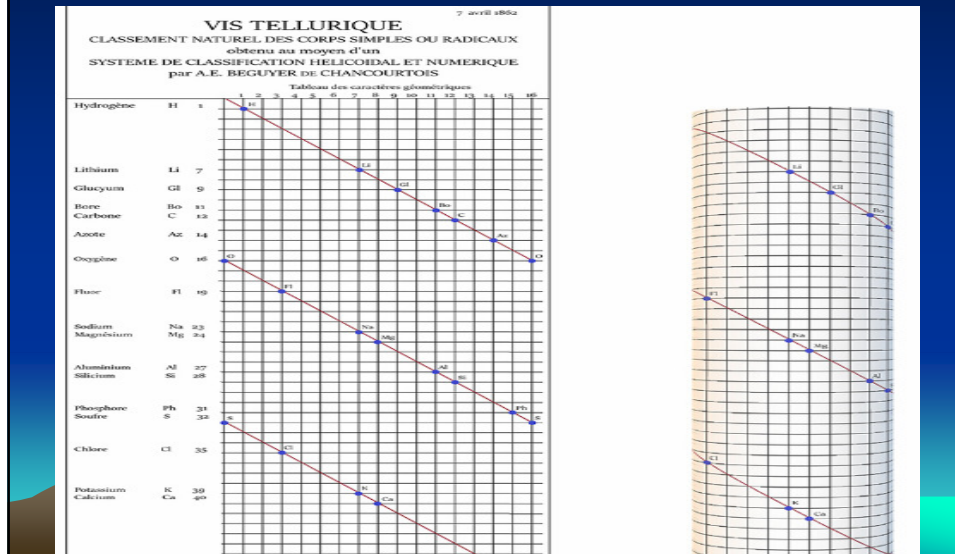
Quizz : qui est ce monsieur ?
(1834-1907)



Quizz : qui est ce monsieur ?
(1820-1886)



La vis tellurique de Champcourtois



Le spath d'Islande

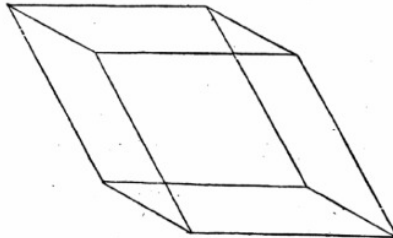
- Le « spath d'Islande » découvert en 1670 par le danois Erasmus Bartholinus, est une roche sédimentaire très présente dans le manteau terrestre de formule CaCO_3 .
- On estime son abondance proche de 250 millions de mètres cubes.

ERASMUS BARTHOLIN VOIT DOUBLE EN 1669

<https://fr.wikipedia.org>



PRincipio, non minus jucunda mihi fuit eximiam atque rara corporis hujus figura, exterius conspicua, quàm olim vel Nivis, vel Salium, vel



D'après O. Hardouin Duparc - CNRS-CEA-X
École polytechnique, Université Paris Saclay

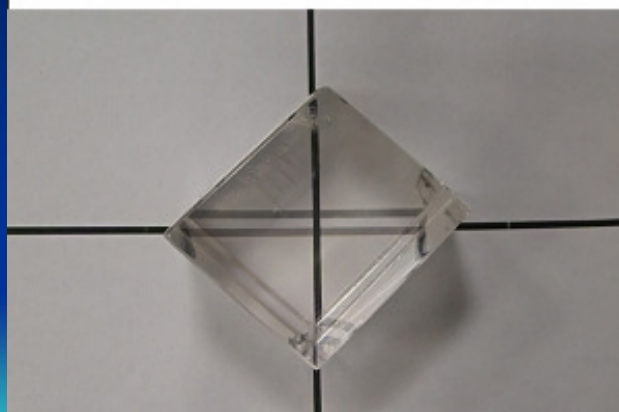
"Lorsque j'examinai plus longuement ce cristal, un Phénomène merveilleux et insolite apparut, l'image des objets vus à travers celui-ci n'était pas unique comme avec les corps transparents ordinaires, mais Double." E. Bartholin, dans son expérience VII

Erasmus Bartholin, médecine danois voit double en 1669 à travers un spath d'Islande

La biréfringence

source https://www.svt-lycee-elorn.ovh/spath_islande.php

DOUBLE REFRACTION DU SPATH D'ISLANDE



Structure de la calcite

- C'est au minéralogiste René Just Haüy, l'un des fondateurs de la cristallographie, que l'on attribue la dénomination calcite.
- La structure de la calcite est rhomboédrique, avec des couches d'ions calcium qui, le long de l'axe c, alternent avec des couches d'ions carbonate, ce qui explique l'aptitude au clivage des cristaux.
- La structure de la calcite diffère de celle de l'aragonite, de structure orthorhombique, puisque dans la première l'ion oxygène est lié à 2 ions Ca^{2+} , alors que dans la seconde l'ion oxygène est lié à 3 ions Ca^{2+} . Sa dureté est de 3 et sa densité de 2,7. La masse moléculaire est $M = 100$.
- Il y a beaucoup de minéraux dérivés de la calcite suivant leur teneur en magnésium, manganèse, fer, cobalt, zinc. Les ions correspondants se substituent à l'ion Ca^{2+} et confèrent alors une grande diversité de colorations aux cristaux. Un exemple typique de substitution est la dolomie $\text{Mg}, \text{Ca}(\text{CO}_3)_2$.
-

Calcite et réfraction

- Par sa structure rhomboédrique, la calcite possède deux indices de réfraction (ordinaire, $\{n_o$ et extraordinaire, $\{n_e$) : les cristaux purs, transparents, montrent cette propriété de biréfringence.
- Cette biréfringence est si grande ($\{n_o - \{n_e = -0,172$) qu'un cristal de calcite placé au-dessus d'un point sur une page indiquera deux images distinctes du point.
- Une de ces images, correspondant à l'indice de réfraction ordinaire, demeurera fixe quand on tourne le cristal. L'autre image -extraordinaire- tournera avec le cristal, traçant un petit cercle autour de l'image ordinaire.

Le dichroscope à calcite

- Il se présente sous la forme d'un tube cylindrique de quelques centimètres de long. La forte biréfringence de la calcite contenue dans le dichroscope permet de séparer très clairement les rayons ordinaire et extraordinaire. On voit apparaître dans l'oculaire deux images côte à côte .



Le pléochroïsme (source la Trouvaille)

- Le pléochroïsme est une caractéristique des minéraux colorés anisotropes. Pour un minéral transparent est incolore, toutes les ondes de lumière entrantes et uniformément affaiblies, et la lumière qui ressort du cristal reste blanche, mais à une intensité réduite.

Toutefois l'absorption de la lumière des cristaux anisotropes change selon la direction, c'est-à-dire qu'elle varie selon l'angle d'observation. Cette propriété, de restituer la lumière ou la couleur différemment selon l'angle d'observation s'appelle le pléochroïsme.

Cela se manifeste par le fait qu'un minéral semble avoir des couleurs différentes selon le sens où il est observé.

Par exemple si vous regardez à travers une tourmaline verte perpendiculaire à l'axe du cristal, le cristal apparaît de couleurs verte et translucide, parallèle à l'axe du cristal la pierre semble noire et opaque.

Avec une Cordiérite orthorhombique on observe différentes couleurs allant du bleu foncé, au bleu, jaune et gris dans les directions parallèles aux trois axes cristallographiques.

Propriété optiques des cristaux

La Trouvaille

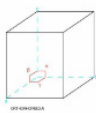
INDICES DE REFRACTION	NATURE	COULEURS											DENSITE	REMARQUES
		Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge	Rose	Blanc	Grise	Noir	Autres		
1,434	FLUORITE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,18	4
(1,420 à 1,460)	OPALE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 à 2,20	6
(1,45)	OPALE SYNTHETIQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1	6
1,46 à 1,70	améthyste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,20 à 1,80	6
1,48 à 1,70	VERRE verre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,80 à 2,50	5 à 6
1,48	calcite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,35 à 2,3	5 à 6
(1,48 à 1,68)	corail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	7
1,48 à 1,50	OBIDIENNE obsidienne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	5
1,50	lapis lazuli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7 à 2,9	5,5
1,50 à 1,65	marbre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7	3
1,50 à 1,70	magadale et dolomite brutes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8 à 3,1	4
1,502 à 1,506	1,508 à 1,512	1,518 à 1,520	PETALITE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	6
1,518	1,524	1,526	ORTHOCLEASE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,56	
1,52 à 1,53	FELDSPATH feldspath	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,56	
1,52	terre de lune	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,58	6,5
1,54	terre de violet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,65	
1,56	labradorite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7	
(1,53 à 1,68)	serie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,66 à 2,78	3,5
(1,54)	ambre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,08	2,5
(1,54)	ivoire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	2,5
(1,54)	os	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2,5
(1,55)	ecaille	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	2,5
1,530 à 1,553	1,535 à 1,561	1,538 à 1,563	CORDIERITE (ROUTE)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,57 à 2,66	7,5
1,538 à 1,544	1,547 à 1,553	QUARTZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,65	7
1,538 à 1,544	1,547 à 1,553	COULET EMAIL QUARTZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,65	7

CALCITE	ARAGONITE
Étymologie	
La calcite est le polymorphe le plus courant du carbonate de calcium. Son nom provient du latin "Calx" qui signifie chaux.	L'aragonite est un polymorphe du carbonate de calcium découvert dans les Grottes de Molina (Espagne – Aragon) en 1775 par un naturaliste allemand du nom de Werner.
Formation	
Le cristal de calcite est l'élément principal constituant les roches carbonatées (tel que le calcaire). Il est aussi l'élément constituant les concrétions habituelles des cavités. La calcite se forme par précipitation du carbonate de calcium.	Les cristaux d'aragonite se forment dans les roches métamorphiques et sédimentaires, dans des grottes de la région calcaire, ou bien dans des filons minéraux et autour des sources chaudes.
Aspect	
La calcite est souvent bien cristallisée en prismes. Mais elle peut aussi prendre des formes de tablettes, macles (plus de mille formes et combinaisons cristallines existent pour la calcite !). Son faciès souterrain est souvent celui d'une stalactite, stalagmite, colonne ou scalénoèdre.	Les cristaux prismatiques allongés sont souvent orientés différemment. Enchevêtrés, ils prennent des formes pseudos-exagonales. Le faciès peut également être en colonne, stalactites, stalagmites, fibreuses ou bien disposés en rond comme du corail (ils sont appelés "Fleurs de Pierre").
Couleur	
La couleur de la calcite varie. Elle prend souvent une teinte blanche, incolore, avec toutes les nuances de blanc, incolore, grise, jaunâtre, verte, bleue, violette, jaune tirant sur le brun, les bleus et et les verts. Sa couleur provient d'inclusion d'impureté ou d'oxydes entre les cristaux de calcite. Elle est souvent transparente à translucide avec un éclat vitreux.	La couleur de l'aragonite varie. Elle peut prendre une teinte blanche, incolore, grise, jaunâtre, verte, bleue, violette, jaune tirant sur le brun, les bleus et et les verts. Sa couleur provient d'inclusion d'impureté ou d'oxydes entre les cristaux de calcite. Elle est souvent transparente à translucide avec un éclat vitreux.
Classe chimique	
Carbonates	Carbonates

Source : gouffre d'espas

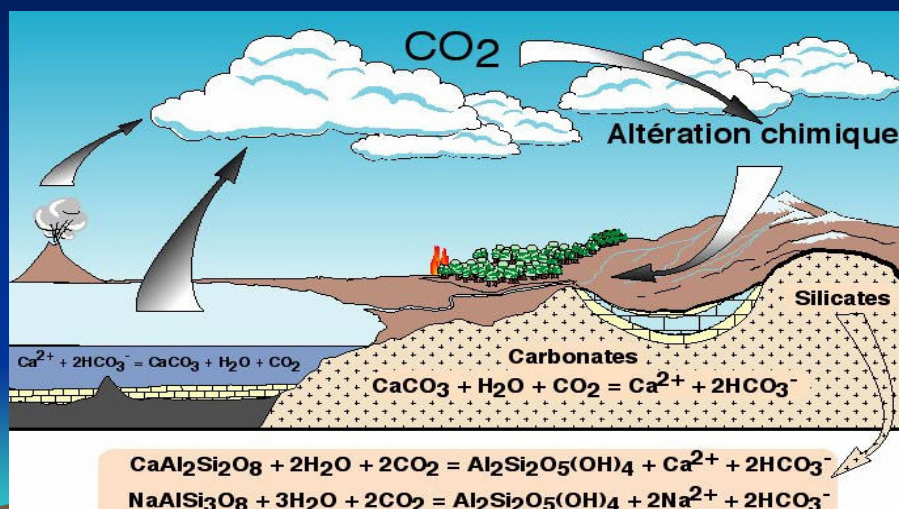
Sous-classe chimique	
Carbonates anhydres sans anion étranger	Carbonates anhydres sans anion étranger
Groupe	
Calcite	Aragonite
Formule chimique	
CaCO ₃	CaCO ₃
Système	
Rhomboédrique	Orthorhombique
Dureté	
3 (moyenne)	3,5 – 4 (moyenne)
Densité	
2,6 à 2,8 / 2,6 à 2,8 T/m ³	2,9+ / 2,9 T/m ³




La calcite dans le grand labo de la nature

© 2000 Jérôme Gaillardet, IPGP



Calcaire et CO₂

- Lorsque les rivières emportent à l'océan leurs produits d'altération dissoute, la calcite précipite, principalement grâce aux êtres vivants.
- La réaction de précipitation du carbonate océanique est exactement l'inverse de celle d'altération des carbonates sur les continents. Si bien, qu'à suffisamment longue échelle de temps, le CO₂ atmosphérique qui est prélevé de l'atmosphère par altération des carbonates est libéré dans l'océan par la réaction de précipitation des carbonates.
- Or l'océan et l'atmosphère, à l'échelle géologique, sont en équilibre. Tout excès de CO₂ dans l'océan provoque un flux de CO₂ de l'océan vers l'atmosphère et vice-versa.
- On dit donc qu'à l'échelle géologique (pour des durées de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'années), la réaction d'altération des calcaires ne sert à rien pour la régulation du CO₂ atmosphérique.
- NB : Par contre, certains auteurs pensent que l'altération des carbonates joue un rôle important à plus petite échelle de temps. Pour ceux-là, la teneur faible du CO₂ dans l'atmosphère lors du dernier maximum glaciaire serait due pour partie au fait que la baisse du niveau marin a provoqué l'altération chimique des sédiments marins carbonatés, déposés sur les Plats-Formes continentales auparavant.

Calcaire et CO₂

- Par contre, l'altération d'un silicate de calcium (reprenez la réaction d'altération de l'anorthite écrite plus haut) consomme sur le continent 2 mol de CO₂, mais une seule est libérée par la précipitation de la calcite dans l'océan.
- L'altération des silicates de Ca (et aussi de Mg, car on précipite des calcaires magnésiens) est donc un mécanisme capable à long terme de pomper efficacement du CO₂ atmosphérique.

Calcite et dureté de l'eau

- La calcite est soluble dans l'eau à hauteur de 60 à 80 ppm à température ordinaire. C'est l'ion Ca^{2+} qui apporte la dureté à l'eau. Le titre hydrotimétrique, Th, exprime la dureté de l'eau : 1° correspond à 10mg d'ion Ca^{2+} par litre. En dessous de 18°, on dit que l'eau est douce, au-dessus de 30°, elle est dite dure. Cela n'est pas sans influence sur l'entartrage des canalisations, ballons d'eau chaude, et autres machines à laver, car l'ion calcium en solution réagit avec le dioxyde de carbone dissous :
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
 $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Calcite et dureté de l'eau

- Le carbonate de calcium précipitera d'autant plus facilement que l'eau est chaude.
- Les eaux de ruissellement dissolvent également les ions calcium présents dans le sol et peuvent rejoindre des rivières souterraines ou s'écouler dans des cavités où le goutte à goutte précipite le carbonate de calcium en faisant des stalactites et stalagmites.

Calcite et industrie

- Production de chaux (calx)
- Ciments hydrauliques
- Revêtement des hauts fourneaux
- Purification de l'acier pour former des scories
- Agriculture
- Traitement des eaux
- Fabrication de papier
- Réducteur pour l'élaboration de l'uranium métal à partir de son hexafluorure (calciothermie)

Calcite et industrie

- Le calcaire broyé et chauffé fournit la chaux
- On se sert aussi du carbonate de calcium pour la fabrication du verre et la chaux intervient dans la fabrication du ciment ainsi qu'en métallurgie
- L'eau du robinet contient du calcaire qui contribue aussi à la ration calcique dans l'alimentation humaine. Une eau trop douce ou trop dure est impropre à la consommation.
- Le carbonate de calcium a donc de multiples utilisations : moellon, pierre de construction, marbre lorsqu'il est métamorphisé, corail synthétisé par les microorganismes, nacre fabriquée par les coquillages du genre {Trochus, perle huître précieuse, les multiples facettes du carbonate de calcium envahissent notre quotidien.

La calcite en Bretagne (L. Chauris)

- Filons et amas des calcaires sédimentaires du Dévonien (Roscanvel) et du Carbonifère (Saint Aubin d'Aubigné) Nombreux fours à chaux
- Cipolins (calcaires métamorphiques) Saint Nazaire
- Roches volcaniques / Crozon : les pillows lavas ordoviciens sont entourés de calcite blanche
- Filons métallifères : Pontpéan, Huelgoat

Ploemeur / Pseudomorphoses de scalénoèdre de calcite en quartz



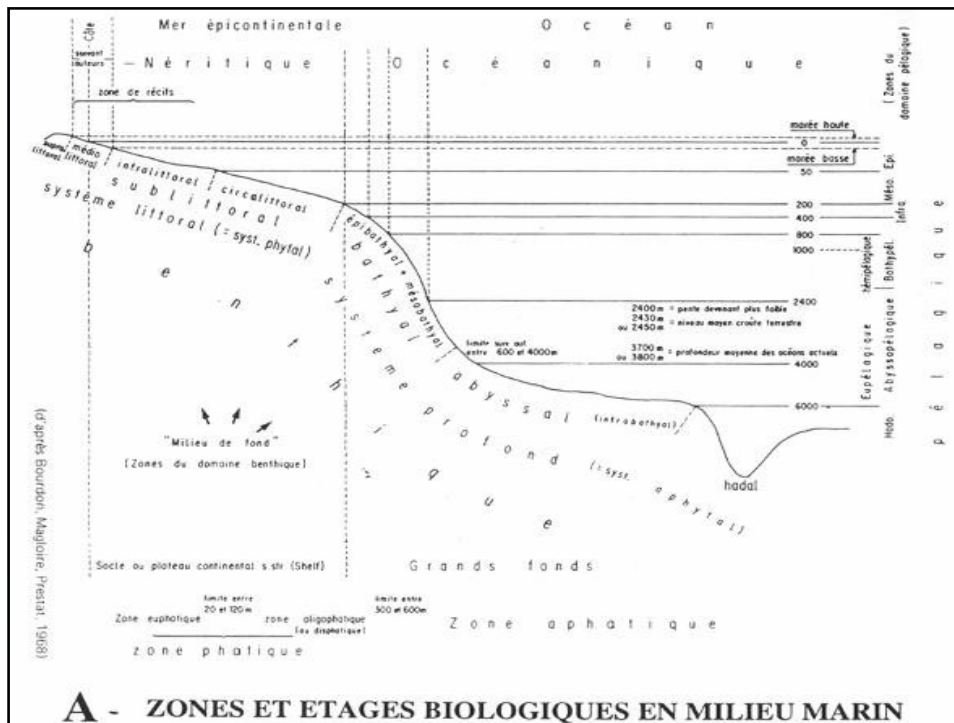
La Mine 2 Tout

TAPHONOMIE

Etude des processus de
fossilisation

Sédimentologie

- 3 « principaux » domaines de sédimentation
 - Domaine à sédimentation détritique où dominent les facteurs hydrauliques et topographiques (continentaux et sous/marins) / deltas
 - Domaine à sédimentation chimique où dominent les facteurs climatiques et la chimie du milieu / lagune
 - Domaine à sédimentation biochimique où dominent les facteurs bio. et climatiques



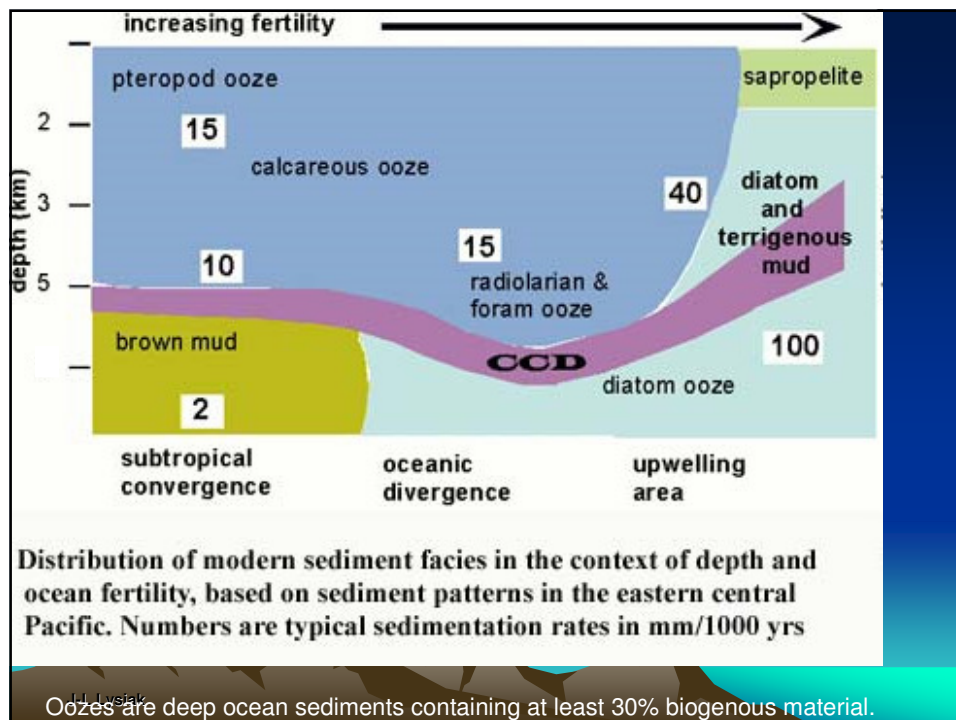
Lysocline et CCD

- La **lysocline** est la profondeur dans l'océan à partir de laquelle la solubilité du calcaire augmente fortement.
- Les eaux marines de surface sont généralement sursaturées en calcaire CaCO_3 .
- Quand les organismes marins à test carbonaté (en calcite, ou son polymorphe l'aragonite) meurent, ils auront tendance à tomber sans se dissoudre.
- La pression augmentant avec la profondeur dans la colonne d'eau, la saturation de l'eau de mer en calcite diminue, et la coquille commence à se dissoudre. À la lysocline, la vitesse de dissolution augmente rapidement.

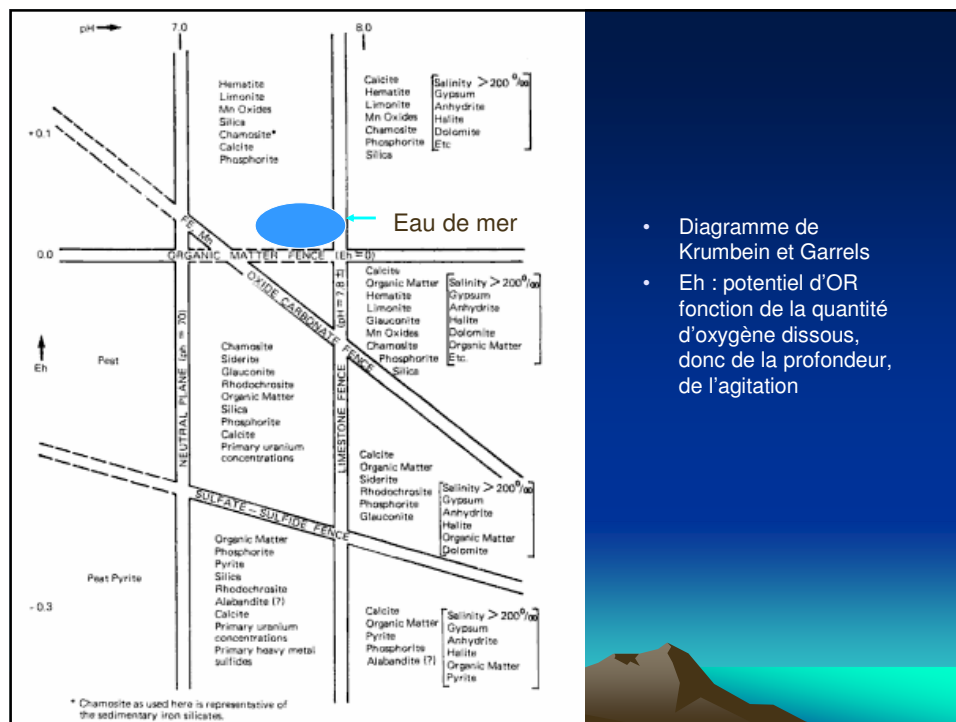
Lysocline et CCD

- En dessous, il existe une profondeur connue comme niveau de compensation des carbonates (CCD : Carbonate Compensation Depth), à partir de laquelle les conditions de pression et de température rendent les carbonates instables, aussi aucun n'est déposé.
- C'est l'équivalent de la limite de la neige en montagne.
- Le niveau de compensation des carbonates n'est pas à une profondeur constante dans le temps ni l'espace. Il varie en fonction de la composition chimique et de la température de l'eau de mer et était beaucoup plus haut du Crétacé à l'Eocène.

J-L Lysiak



Oozes are deep ocean sediments containing at least 30% biogenous material.



- Diagramme de Krumbein et Garrels
- Eh : potentiel d'OR fonction de la quantité d'oxygène dissous, donc de la profondeur, de l'agitation

« Les coccos »

- Les coccolithophores, sont des algues unicellulaires donnant à l'océan une teinte de couleur verte (cf. [Chlorophylles](#)) et caractérisées par les écailles microscopiques ou coccolithes qui les recouvrent.
- Ce sont ces exosquelettes de calcaire, dont la fonction n'est pas encore bien établie qui, précipités au fond des océans et recristallisés sous la pression au cours des âges, forment la sédimentation marine.
- On estime qu'annuellement, 1,5 Mt de poussières d'aragonite se déposent sur le fond des océans (en consommant 1 Mt de CO₂).

Exemple de coccos

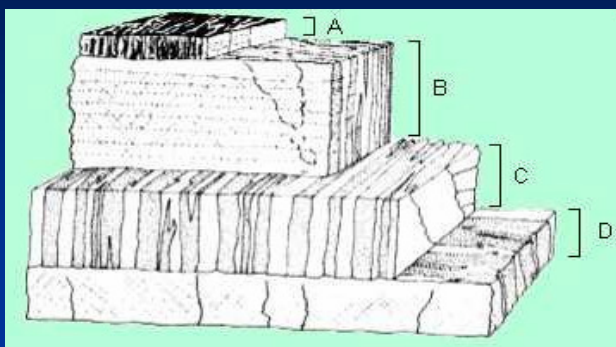


Coquillages et crustacés...

- Les gastéropodes et les coquillages ont aussi la faculté de transformer le calcium dissous en carbonates.
- Le calcaire se dissout dans le sang des gastéropodes à travers le tube digestif ; il est transformé en phosphate de calcium puis un enzyme le retransforme en carbonate qui précipite au niveau du manteau de l'animal et forme la coquille.

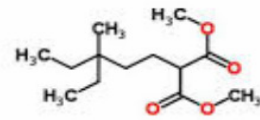
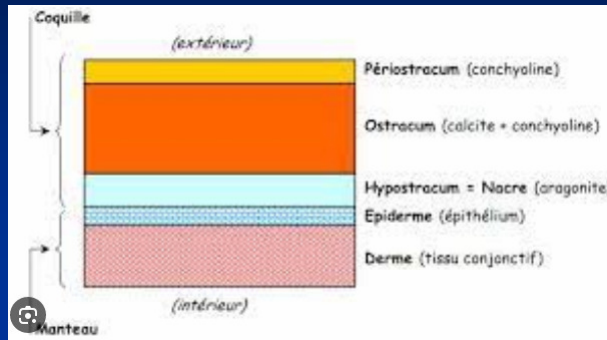
- Les ammonites, les coquillages, les huîtres ont cette même faculté, d'où l'accumulation de calcaire venant des coquillages dans les couches sédimentaires.
- L'huître fabrique un composite naturel en sécrétant un polymère, la conchioline, sur lequel se dépose la couche d'aragonite et donne la structure feuilletée de la coquille.

Structure de la coquille



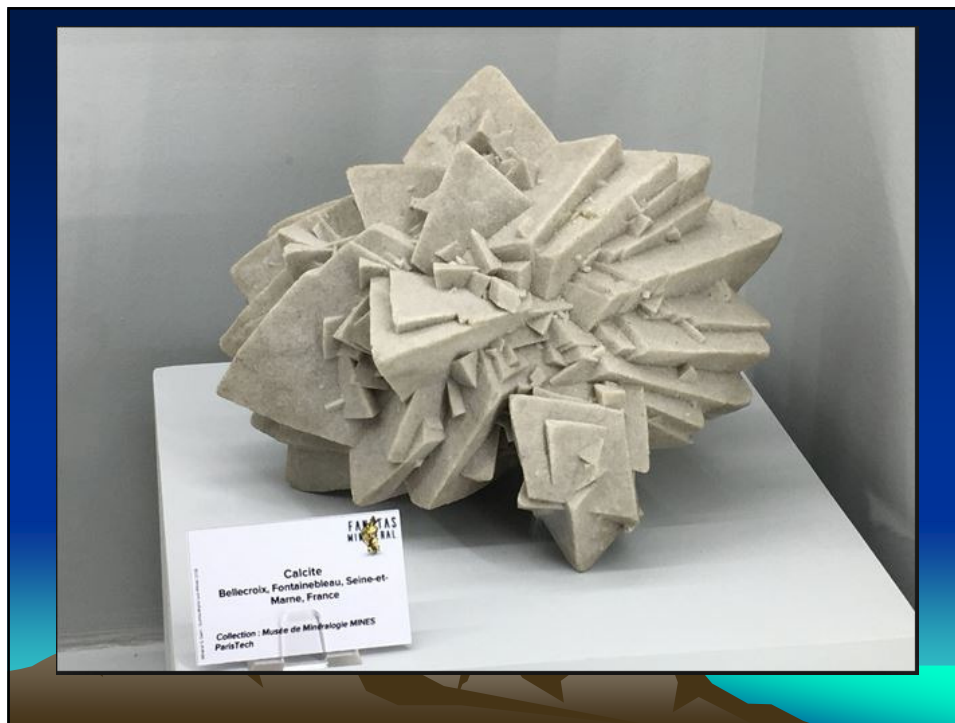
- le **péριοstracum** ou **cuticule** (A): sorte de vernis très résistant sécrété par un sillon glandulaire du bord du manteau = conchyoline, substance azotée à consistance cornée,
- l'**ostracum** ou **couche des prismes** (BC): sécrétée par le bord du manteau, cette couche moyenne, plus ou moins épaisse est, comme son nom l'indique, constituée de prismes hexagonaux de calcite empilés en colonnes, disposés
- la **couche lamelleuse** ou **nacre** : (D) sécrétée par toute la surface dorsale du manteau, elle résulte de l'empilement régulier de lames de conchyoline et de lames calcaires constituées par des paillettes cristallisées d'aragonite

La conchyoline



La calcite Bellecroix(AF, JLD)





Une gogotte (JLD)





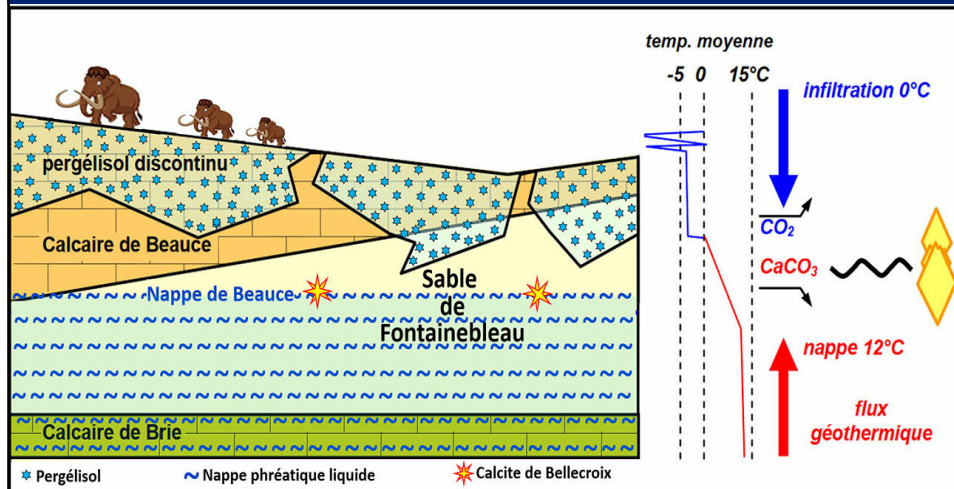
Schéma Pierre Thomas

Genèse des calcites de type Bellecroix

- (1) Sable de Fontainebleau imbibé par l'eau (tiède) de la nappe de Beauce.
- (2) Arrivée d'eau froide saturée en Ca^{2+} et en HCO_3^- . Des cristaux de calcite commencent à précipiter.
- (3) et (4) Croissance des cristaux qui grandissent en englobant les grains de sable.
- (5) Baisse du niveau de la nappe phréatique. Les cristaux cessent de croître.
- (6) Érosion et mise à l'affleurement des calcites gréseuses.

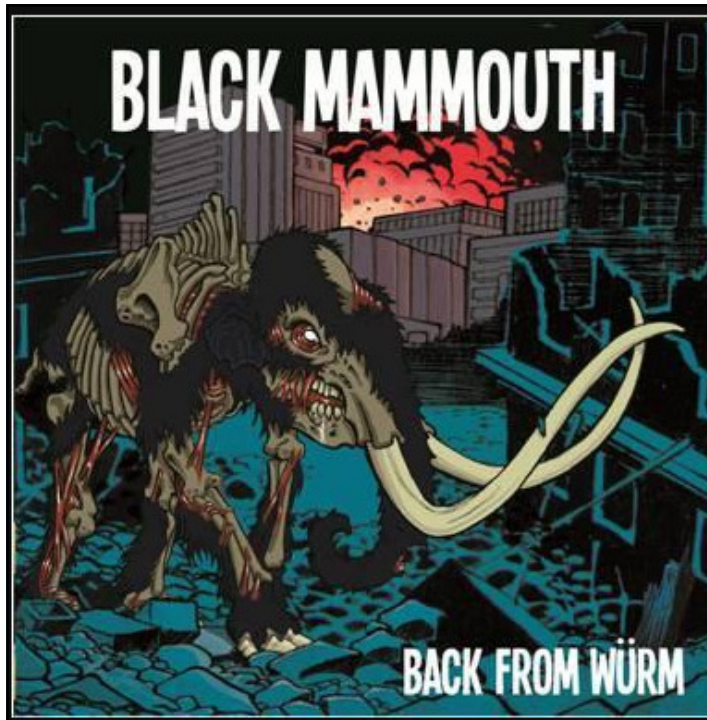
La Beauce au Würm

- Arrivée d'eau froide saturée en Ca^{2+} et en HCO_3^- et se réchauffant en arrivant dans la nappe de Beauce



L'âge de la Bellecroix

- Les âges de ces calcites de Fontainebleau sont regroupés en deux groupes principaux : de -30 000 à -50 000 ans, et autour de -300 000 ans. Les calcites de Puiset ont été daté de $-323\,000 \pm 20\,000$ ans par la méthode uranium-thorium. Ces calcites contenues dans des sables oligocènes sont donc très récentes (pléistocènes).
- Ces deux groupes d'âges correspondent respectivement aux glaciations du Würm et au début de celle du Riss. Ces calcites ont donc cristallisé dans les Sables de Fontainebleau, sous les calcaires de Beauce, en site et climat périglaciaire (à 400 km au Sud de front des glaciers qui atteignaient Londres et Cologne). Au Würm et au Riss, le sol et le sous-sol du Bassin Parisien étaient gelés en permanence sur plusieurs mètres d'épaisseur.



- Merci pour votre attention
- Exemple de panneau Bourse

Fossilisation

- Fossilisation des parties molles (M.O.)
 - Congélation
 - Momification
 - Inclusion
 - Empreintes
 - Minéralisation

Empreintes de feuilles



J-L Lysiak

Fossilisation (2)

- Fossilisation de la partie dure
 - Conservation morphologique telle quelle : Coquille, test, ossement, dent, frustules, exine pollinique...
 - Moules internes
 - Moules externes
 - Cristallisation secondaire
- Traces d'activités :
 - Terriers, pistes, coprolithes, œufs...

*

La frustule est une coque siliceuse entourant certains [diatomées](#) (*Bacillariophyta*), algues unicellulaires microscopiques

J-L Lysiak

Processus de fossilisation 1

- Conditions nécessaires à la fossilisation
 - Inhérentes au «fossile» : M.O. ; squelette...
 - Milieu anoxique favorable à :
 - un retard de la décomposition de la M.O.
 - la pyritisation
 - une phosphatisation précoce
 - Lysocline* et C.C.D.
 - Dissolution et corrosion des squelettes CaCO_3
 - Fence diagram

J-L Lysiak

Transport

- Rôle destructeur
- Dispersion
- Démantèlement
- Accumulation (favorable : lumachelles)
- Changement de milieu

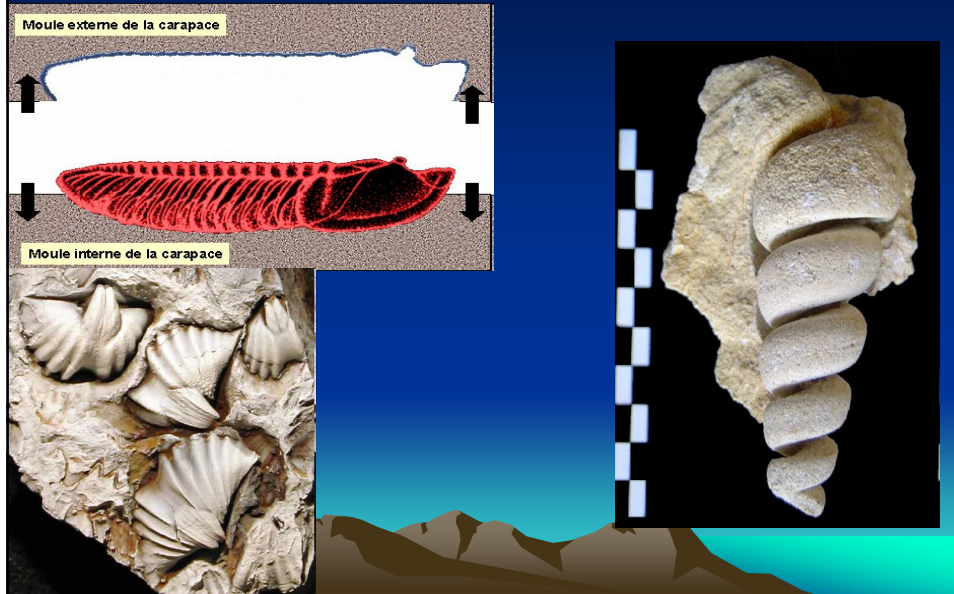
J-L Lysiak



Sédimentation

- Remplissage sédimentaire
 - Moule interne
 - Moule externe
- Granulométrie des sédiments
 - Sédiments grossiers = mauvaise conservation
 - Sédiments fins = bonne conservation
 - Empreintes de bonne qualité
 - moindre oxydation

Moules internes



Moules externes

