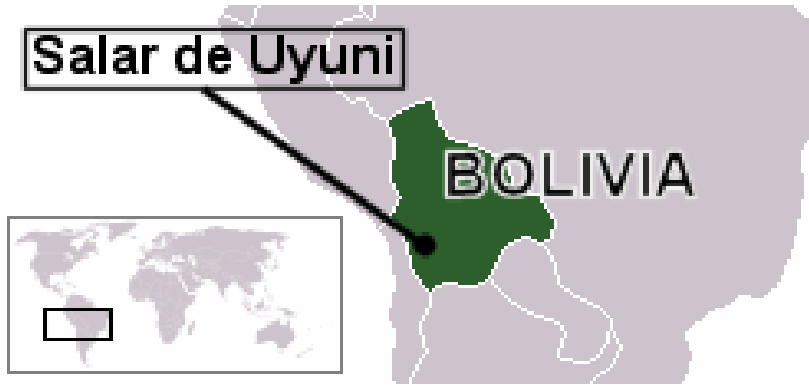


Les Hexagones du salar de Uyuni



G. Montambaux, LPS, Orsay

Salar de Coipasa



Plus grande étendue de sel dans le monde

25 fois le grand lac salé

50-70% des réserves mondiales de Li



$10\ 000\ km^2$





Questions

Pourquoi cotés réguliers

Pourquoi hexagones ? Pourquoi 120° (et pas 90°)

Distribution 5,6,7 ?

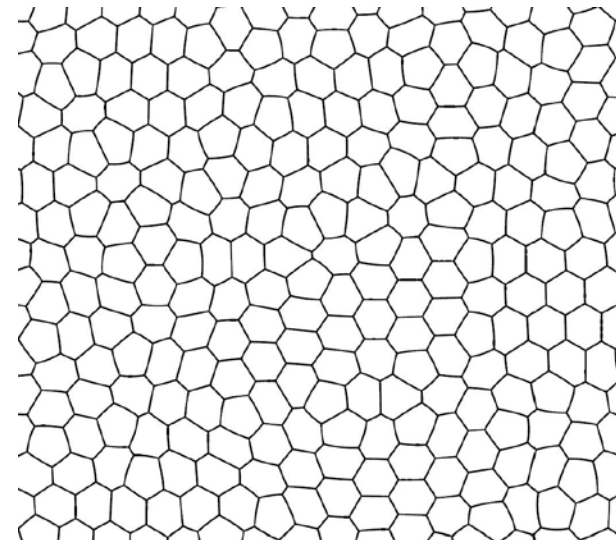
Pourquoi taille typique 1 m

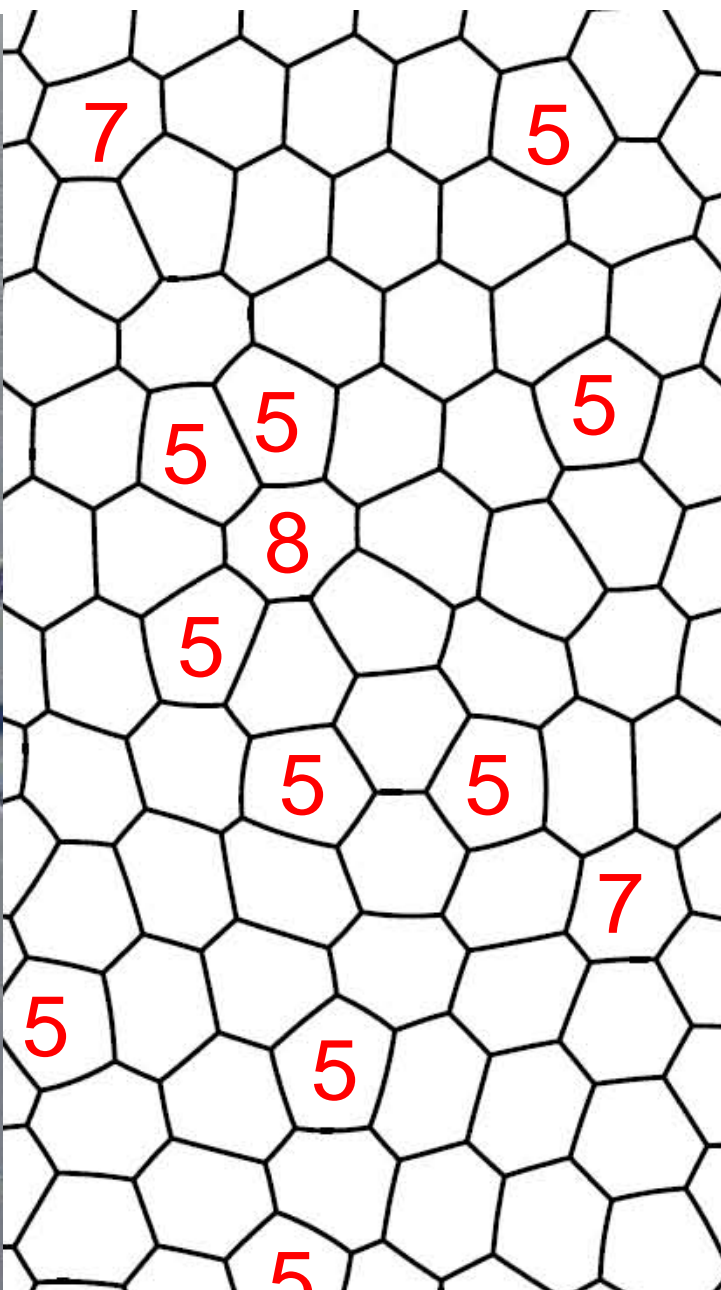
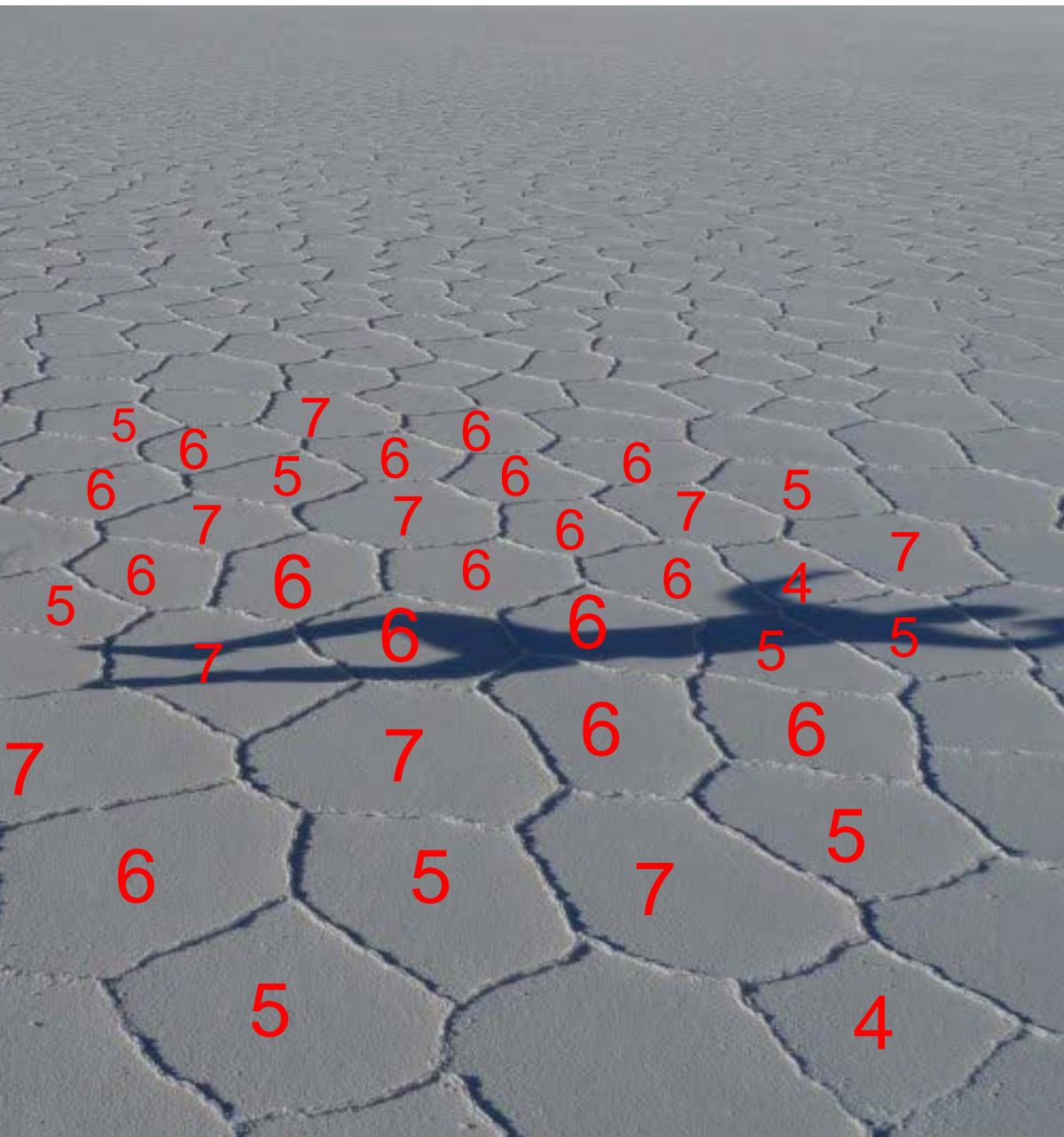
Régularité - profondeur

Particularité : sel

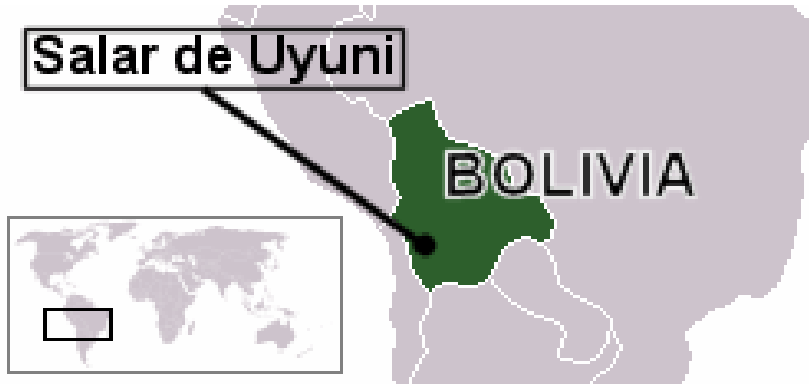
Mécanisme de croissance ?

Autres (Racetrack, Death Valley)





Salar de Coipasa



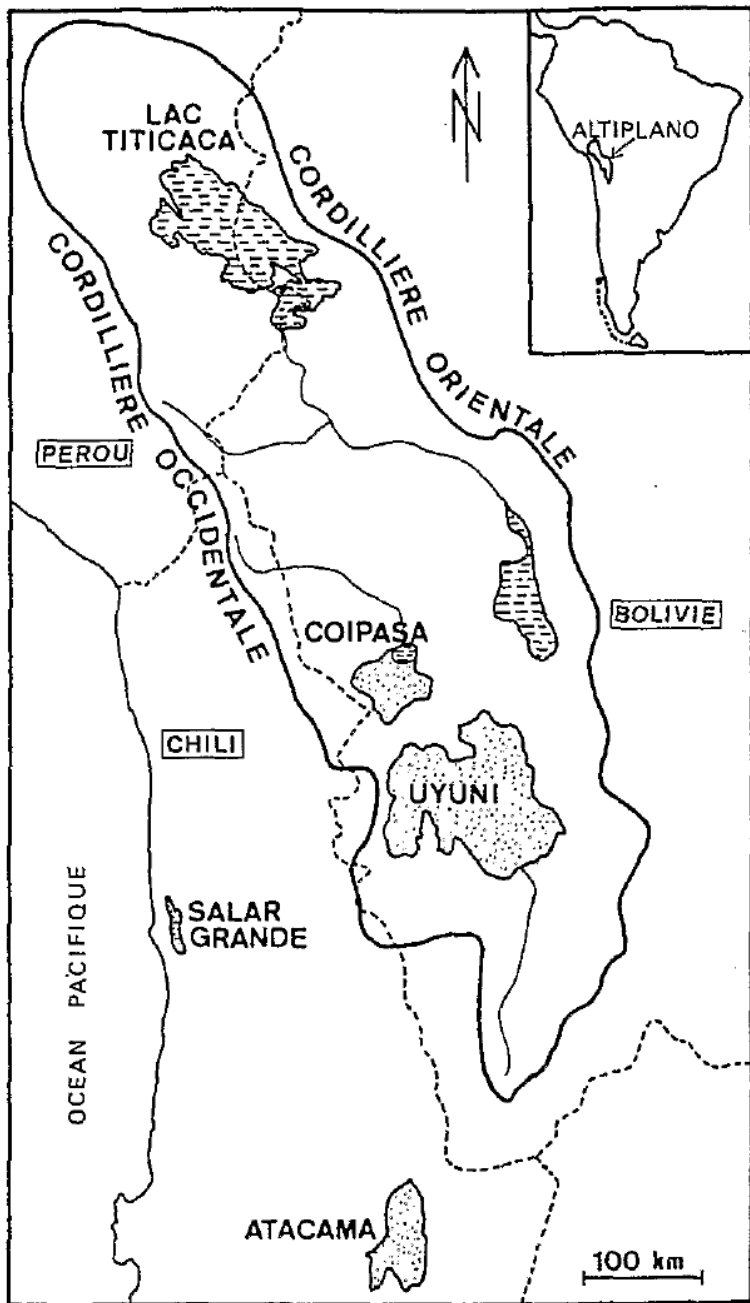
Plus grande étendue de sel dans le monde

25 fois le grand lac salé

50-70% des réserves mondiales de Li



10 000 km^2



La croute provient de l'assèchement, il y a moins de 10 000 ans, d'un immense lac salé, le lac Tauca.

Période d'aridité extrême de 2 000 ans environ, (20mm/an, 200mm/an maintenant)

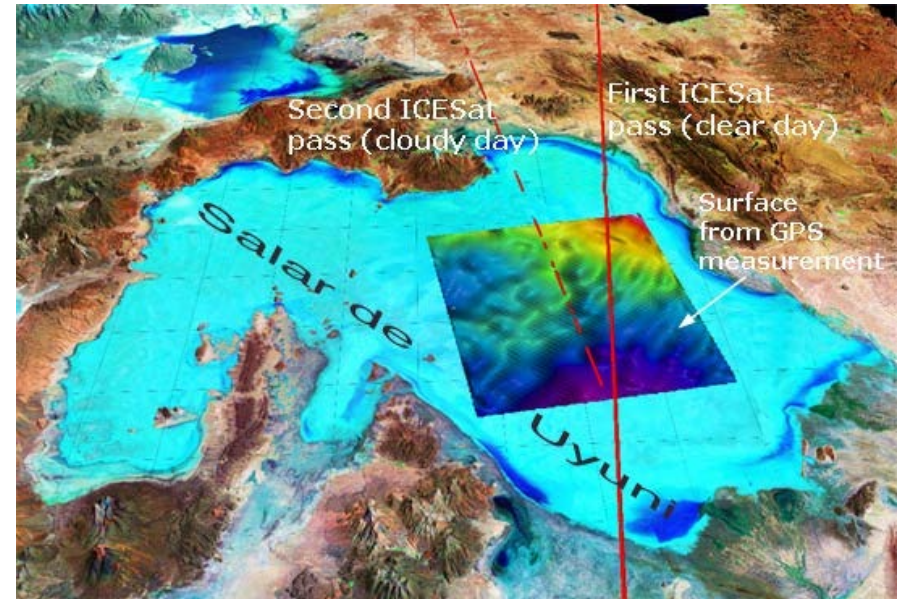
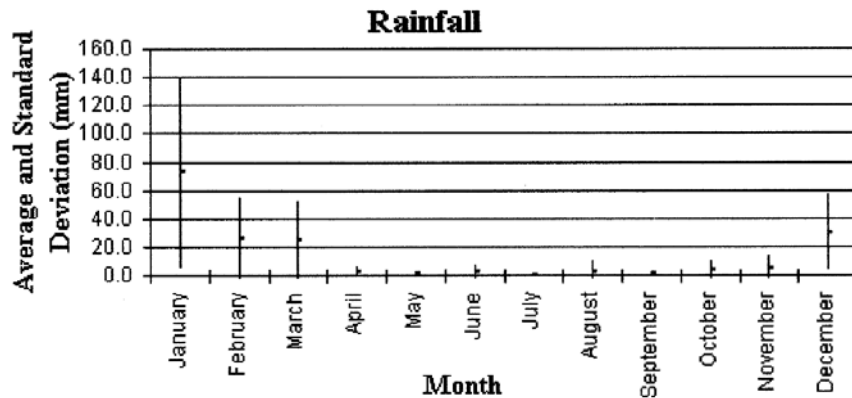
F. Risacher, B. Fritz, CRAS 314 II, 1371 (1992)
Mise en évidence d'une phase climatique holocène extrêmement aride dans l'altiplano central, par la présence de la polyhalite dans le salar de Uyuni

Le salar est parfaitement plat

Parfaitement blanc

Calibration position et radiométrie des satellites

Climat sec



$\Delta h < 1 \text{ m sur } 100 \text{ km}$

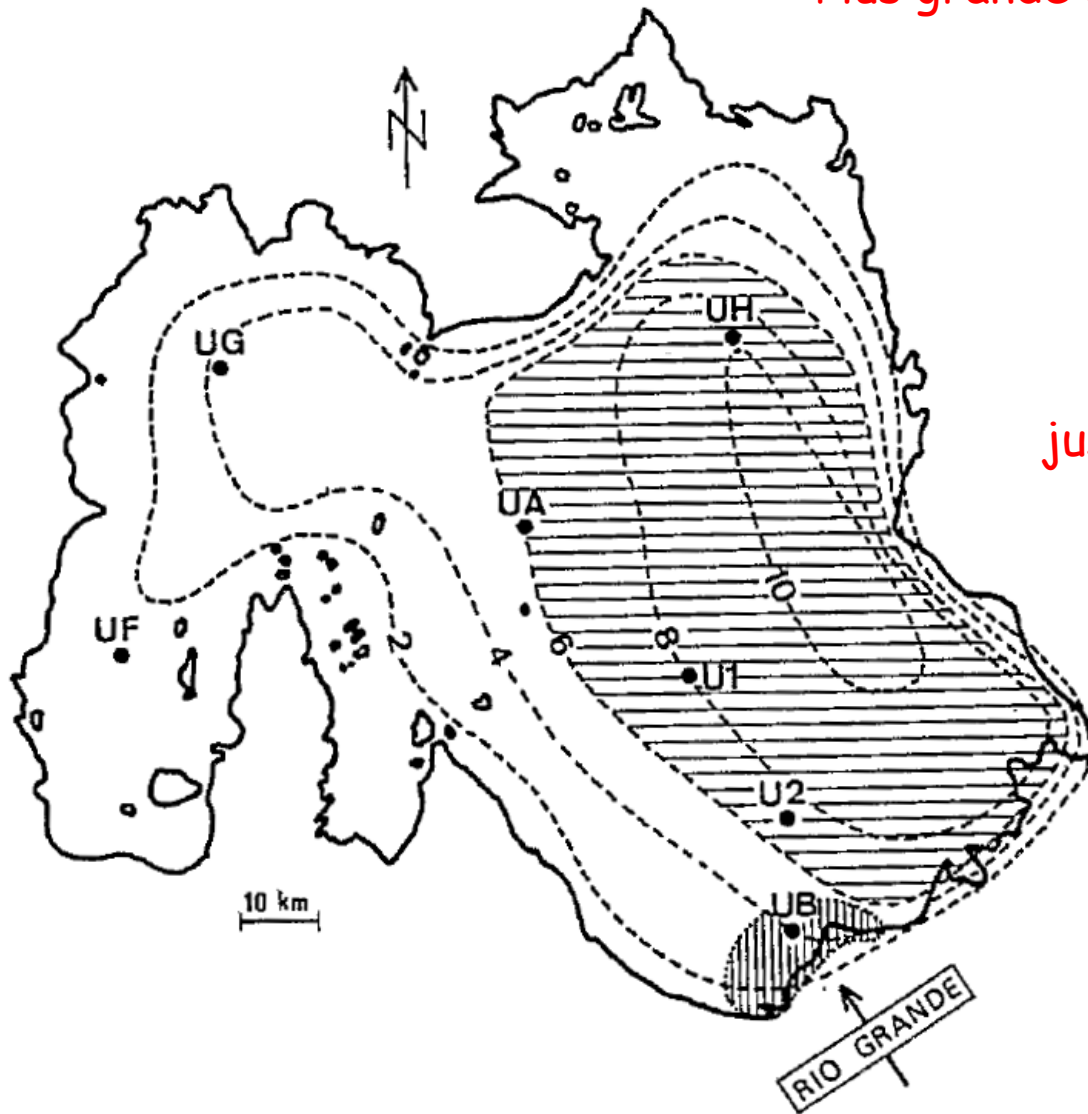
Variations de qqes mms due aux irrégularités de densité des roches sous le salar

Characterization of the Salar de Uyuni for In-Orbit Satellite Calibration

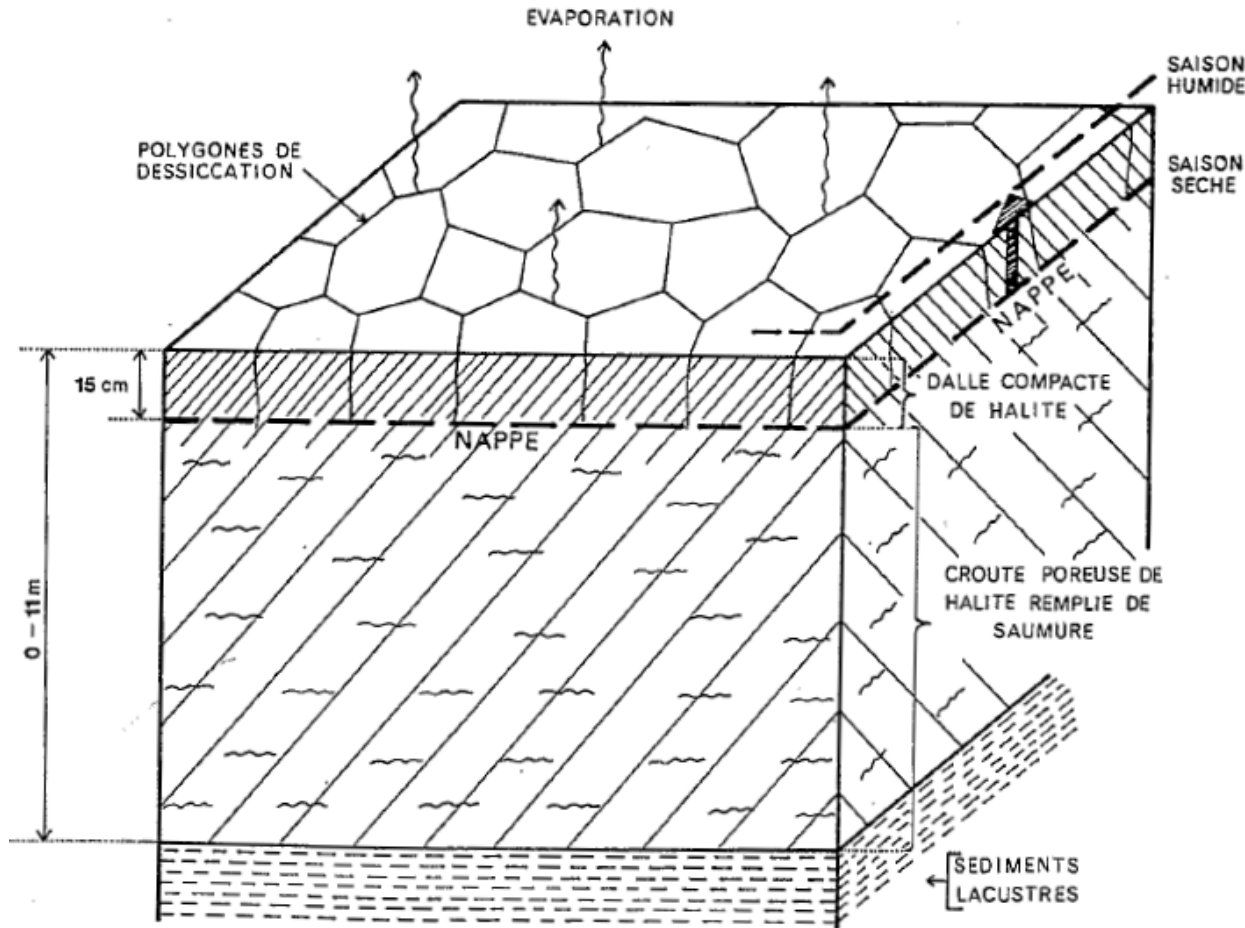
Plus grande étendue de sel dans le monde

10 000 km²

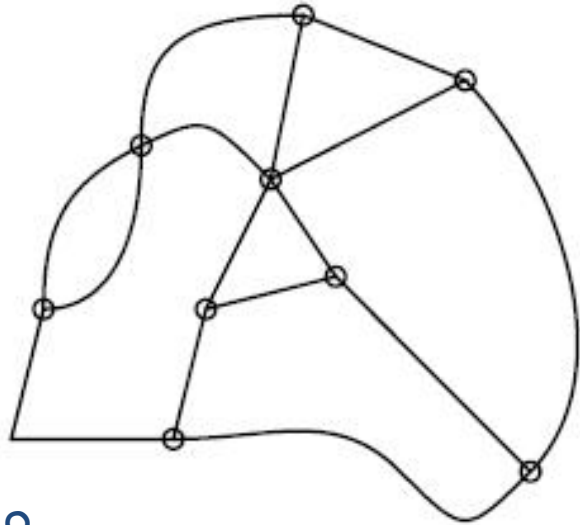
jusqu'à 10 m d'épaisseur de sel



La **halite** est un minéral composé de NaCl avec des traces de (I;Br;F;Fe;O;Si). C'est un composant de nombreuses roches évaporitiques, provenant de l'évaporation de lacs ou mers salés. Elle peut se rencontrer en couches importantes dans les dépôts sédimentaires et en efflorescences en régions arides



Relation d'Euler



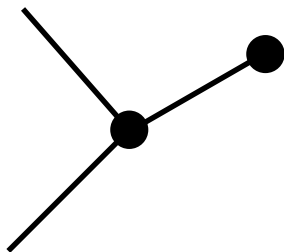
V=9
E=15
C=7

Dans un plan,

$$C - E + V = 1$$

C = nombre de cellules
E = nombre de cotés
V = nombre de vertex

Ici, tous les vertex sont de coordinnance z=3



$$E = 3V/2$$



$$C = E/3$$



Hexagones (en moyenne)

Pas forcément très visible si les angles sont proches de 180°



Pourquoi les angles, ici, sont ils proches de 120° ? Distribution des angles ?

Si tous les vertex sont de coordianance $z=3$, les polygones ont en moyenne 6 cotés.

$$\langle n \rangle = 6$$

Distribution statistique des n ?

$P(n)$? $\mu = \langle n - \langle n \rangle \rangle^2$

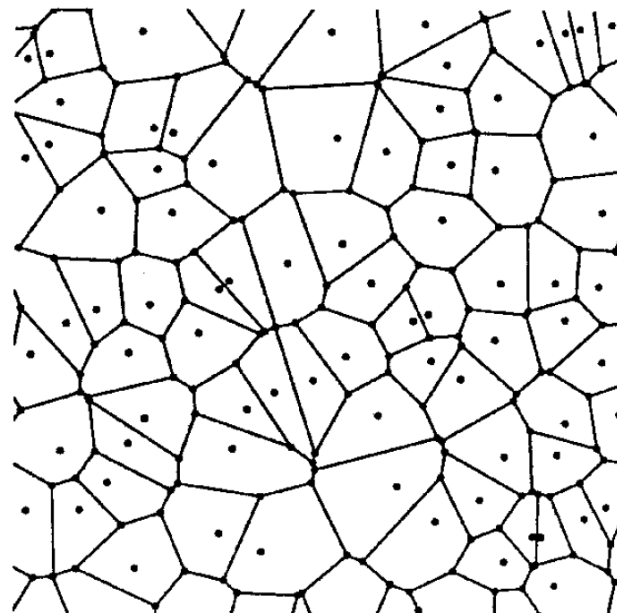
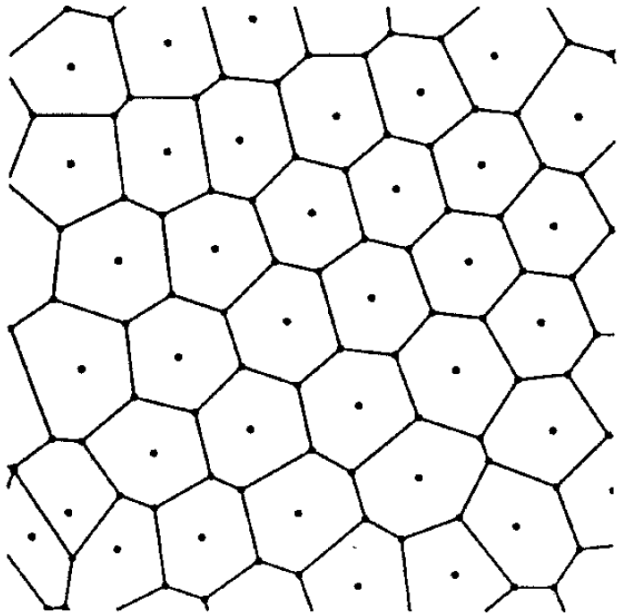


Figure 4. Parts of typical Voronoi tessellations of the plane. Left: relatively ordered structure. Right: randomly distributed generators (Random Voronoi Tessellation).

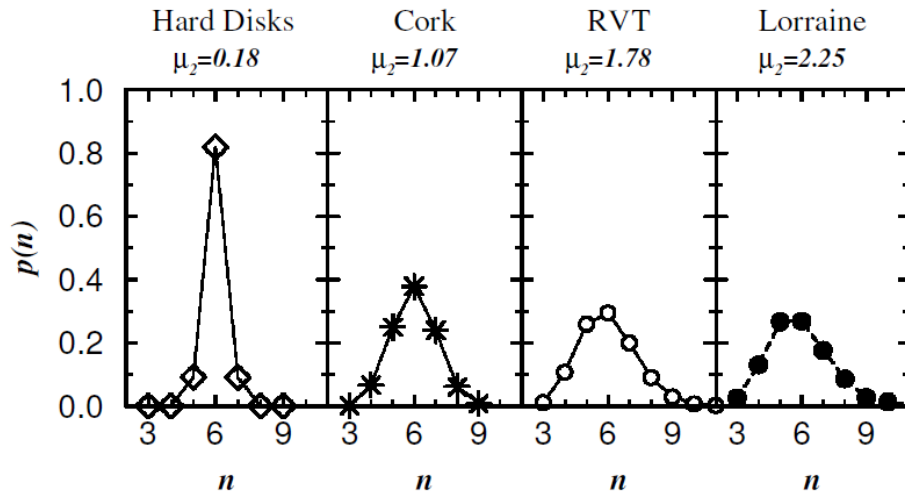


Figure 7. Typical cell shape distributions. From left to right: Voronoi tessellations of simulated hard-disc assemblies with a packing fraction $\eta = 0.712$ [82]; tangential section of cork [11]; Random Voronoi tessellation [45]; administrative division of civil parishes in Lorraine, France [84].

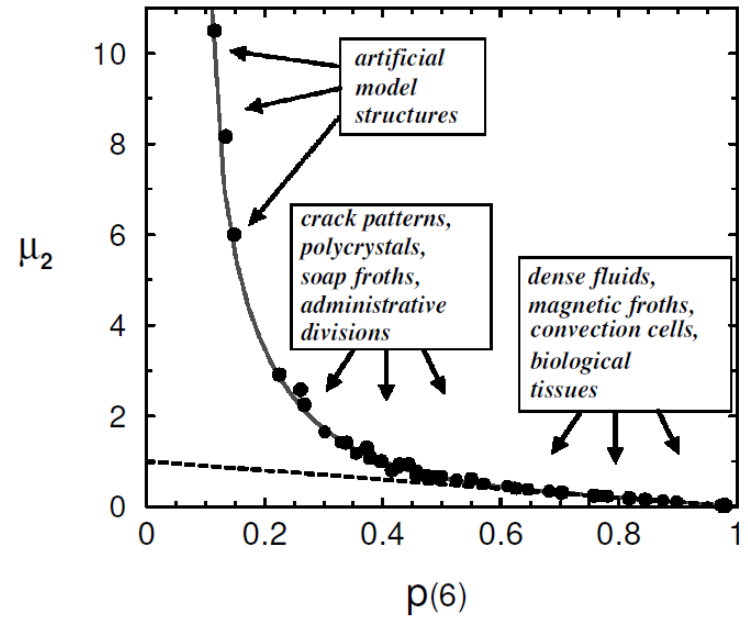


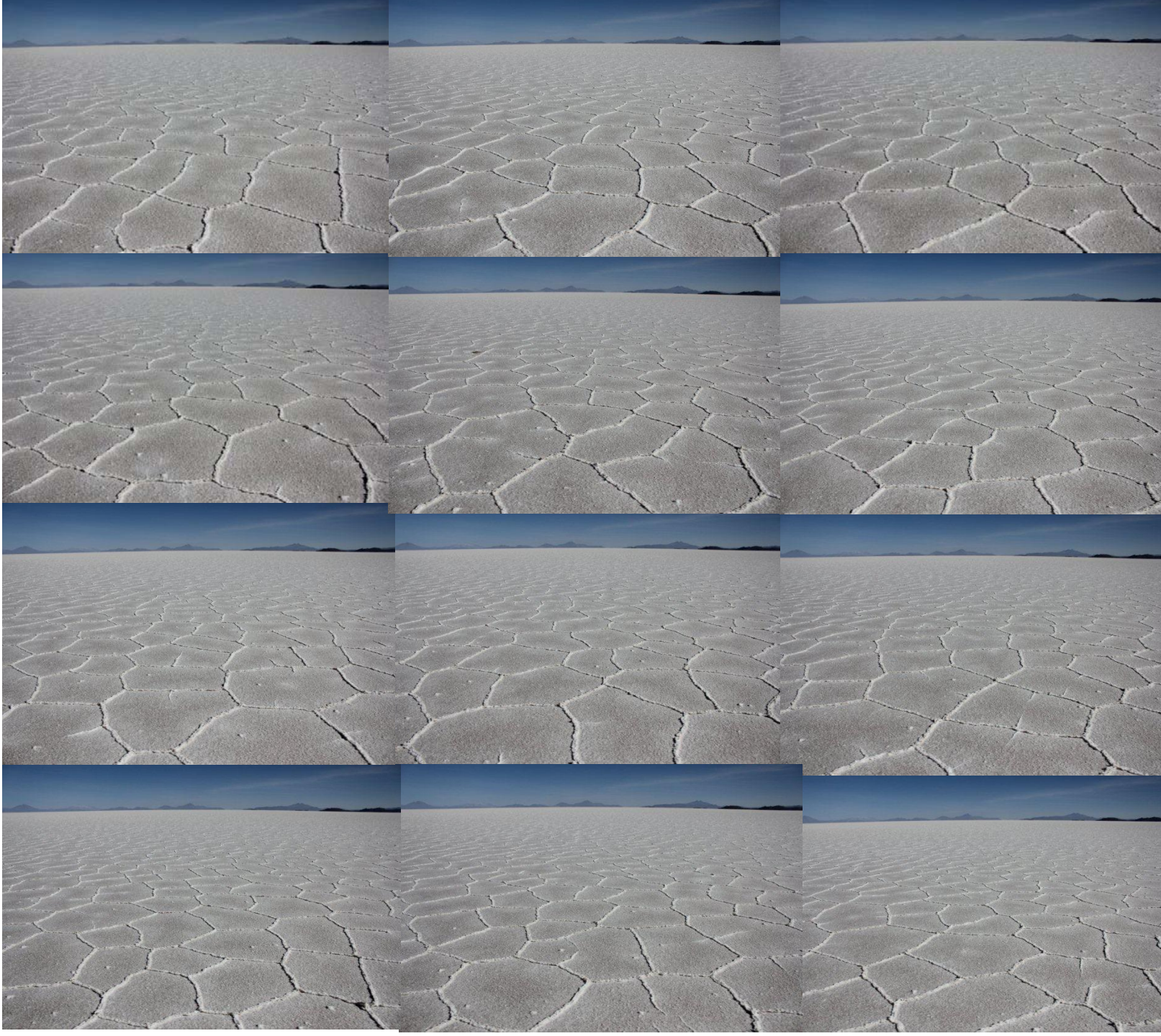
Figure 8. Relation between μ_2 and $p(6)$, Lemaître's law. Circles represent values measured in natural and model structures, the straight line results from expression (5). For $p(6) > 0.7$, μ_2 agrees with the topological defect concentration $1 - p(6)$ (dashed line) reflecting the presence of pentagonal and heptagonal defects alone, cf. equation (4). Part of the data by courtesy of J. Lemaître.

Etude statistique (été 2010)



150

photos



Résultats sur 432 polygones...

$$p(3)=0.005$$

$$p(4)=0.060$$

$$p(5)=0.277$$

$$p(6)=0.479$$

$$p(7)=0.155$$

$$p(8)=0.023$$

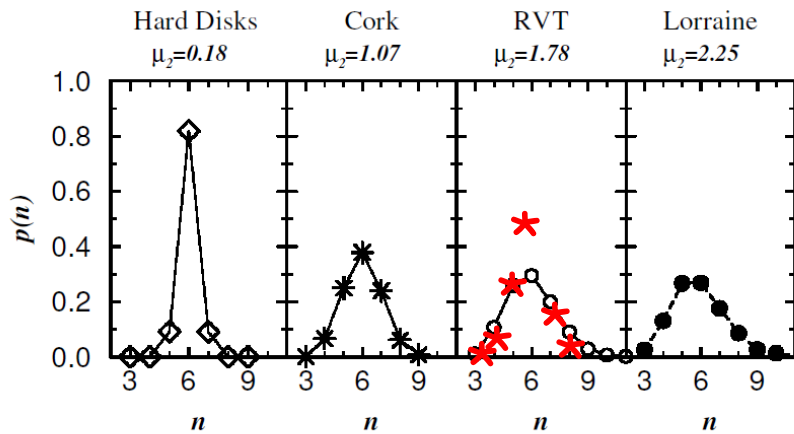


Figure 7. Typical cell shape distributions. From left to right: Voronoi tessellations of simulated hard-disc assemblies with a packing fraction $\eta = 0.712$ [82]; tangential section of cork [11]; Random Voronoi tessellation [45]; administrative division of civil parishes in Lorraine, France [84].

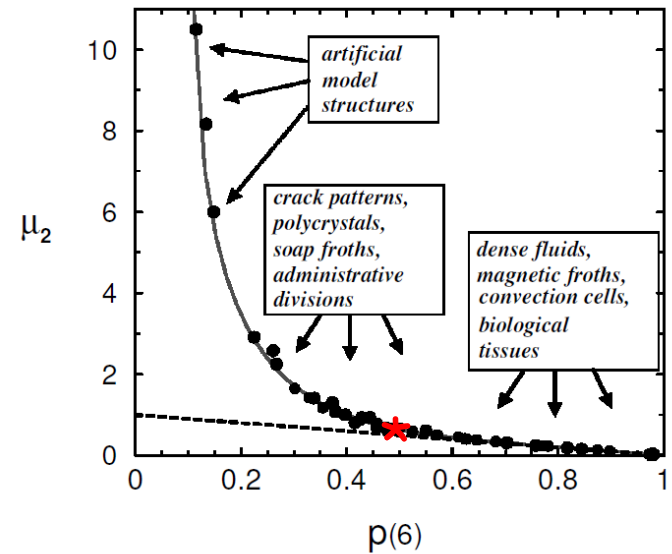


Figure 8. Relation between μ_2 and $p(6)$, Lemaître's law. Circles represent values measured in natural and model structures, the straight line results from expression (5). For $p(6) > 0.7$, μ_2 agrees with the topological defect concentration $1 - p(6)$ (dashed line), reflecting the presence of pentagonal and heptagonal defects alone, cf. equation (4). Part of the data by courtesy of J. Lemaître.

Défauts













Formation et croissance



Formation et croissance, régularité



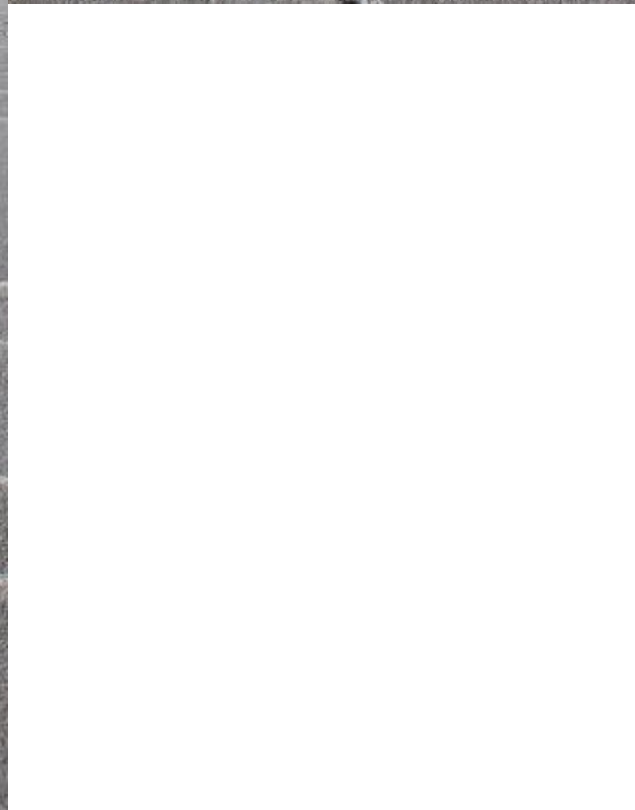
Moins régulier près des cotes

Formation et croissance, régularité









Badwater, Death Valley, USA

8 km x 12 km

épaisseur 10 cm à 150 cm



Même taille typique, mais moins régulier

Bonneville salt flats, USA

400 km²

épaisseur inférieure à 150 cm



Même taille typique, mais moins régulier

Racetrack playa, Death Valley, USA

Boue séchée

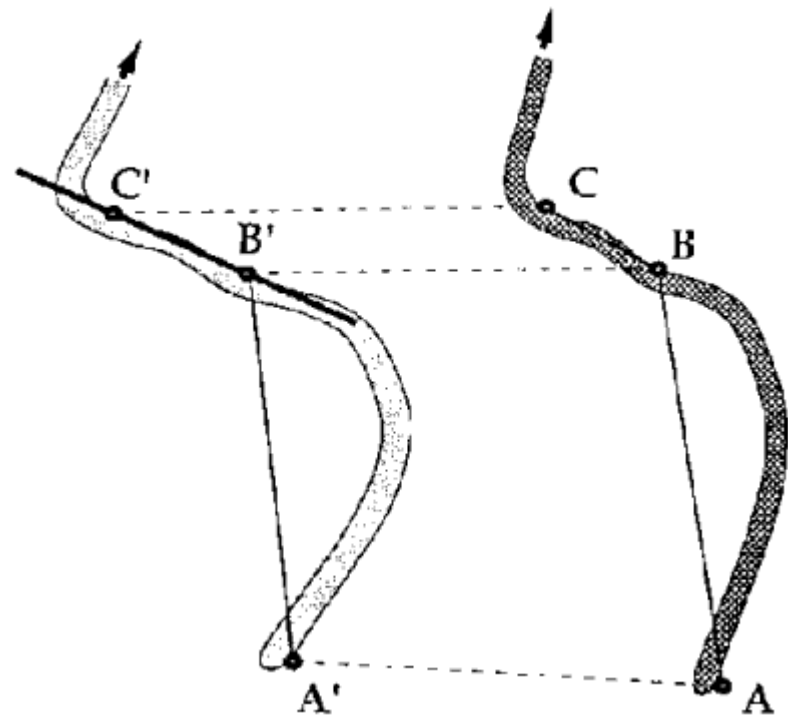
Caractéristique unique au monde

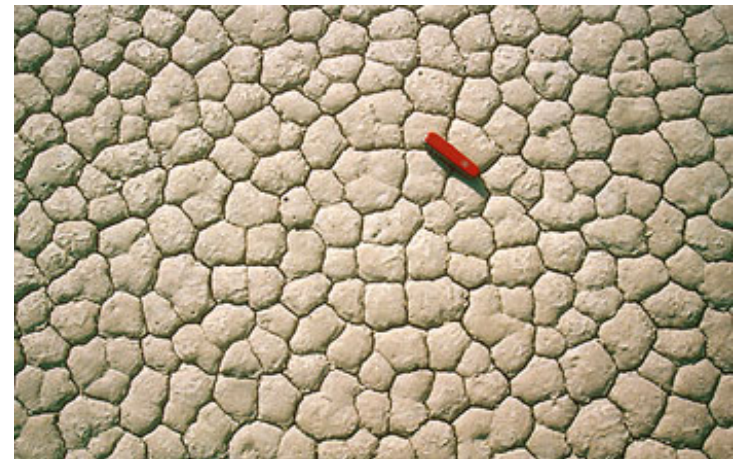
« sailing stones » !!



2 km x 4,5 km

« sailing stones » !!



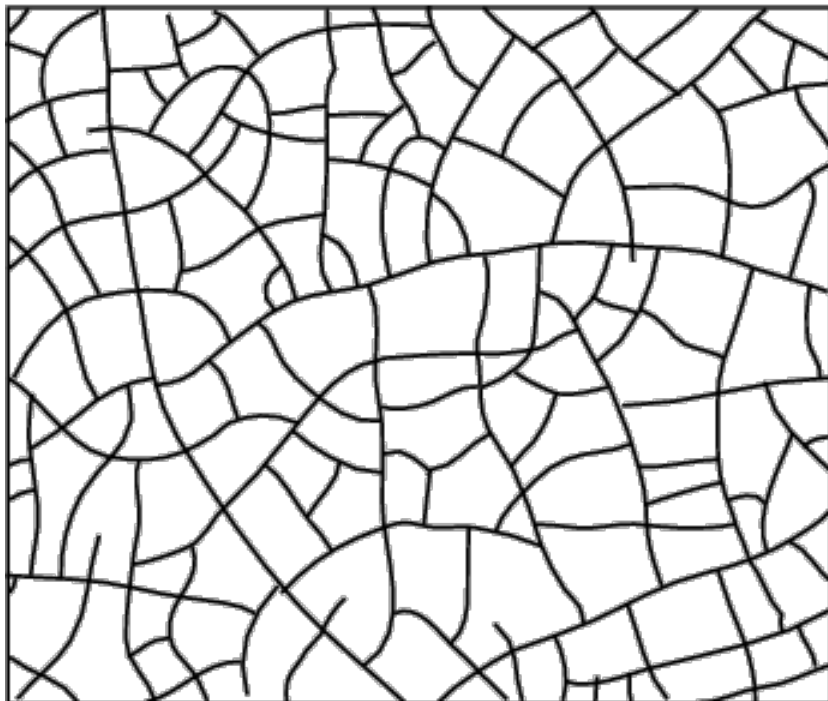


Mais les cotés ne sont pas toujours aussi réguliers.
Autres exemples de boues séchées



Ici, intersections à angle droit -> beaucoup de vertex de coordinnance 4,
et beaucoup de cotés courbes

Peekaboo canyon, USA



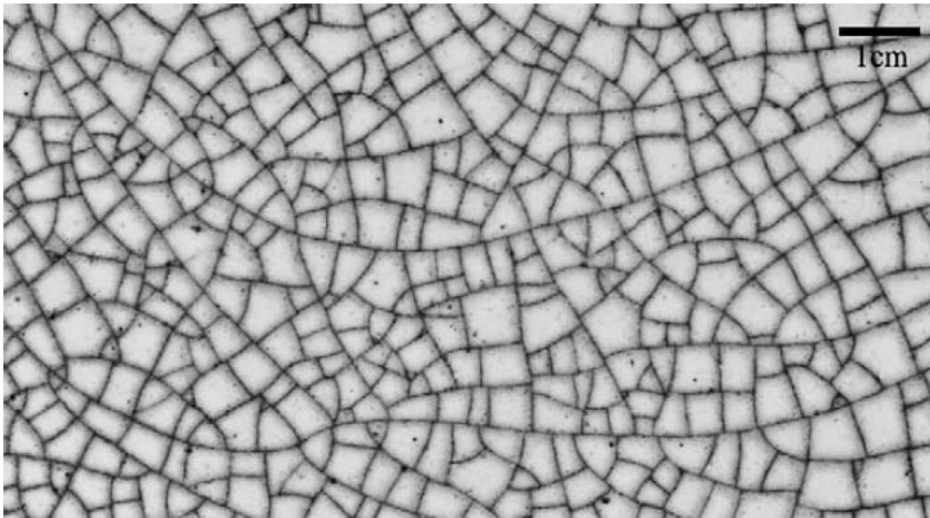
© David Roossien davidroossien.com

The patterns of cracks observed in mud that has been dried by the sun form curves that often [intersect](#) in right angles (Williams 1979, p. 45; Steinhaus 1999, p. 88; Pearce 1990, p. 12).

From Wolfram mathworld (right angle)



Ethiopie



Salar : très différent des cracks de la boue séchée.

Fig. 1. The hierarchical crack pattern in the glaze of a ceramic plate. The pattern is composed of interconnected cracks of different lengths.

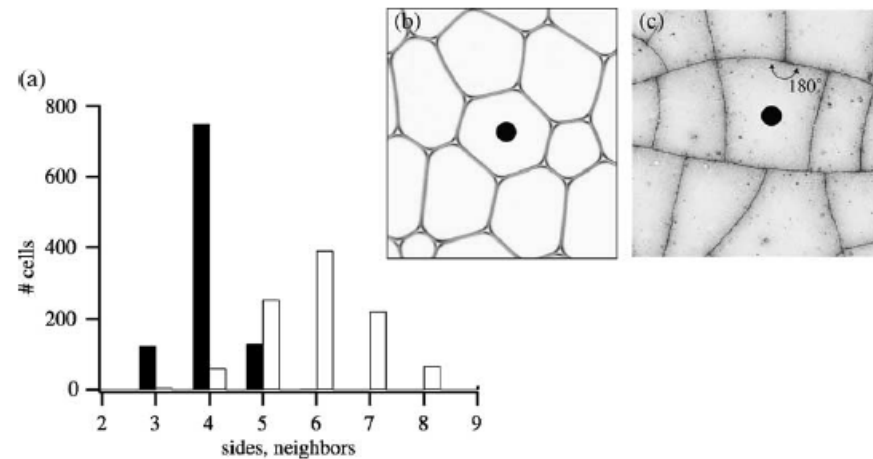


Fig. 5. (a) Histogram of the number of sides (black) and the number of neighbors (white) of 1000 domains in a ceramic crack pattern. (b) A six sided cell in foam. (c) A four sided domain in a crack pattern.

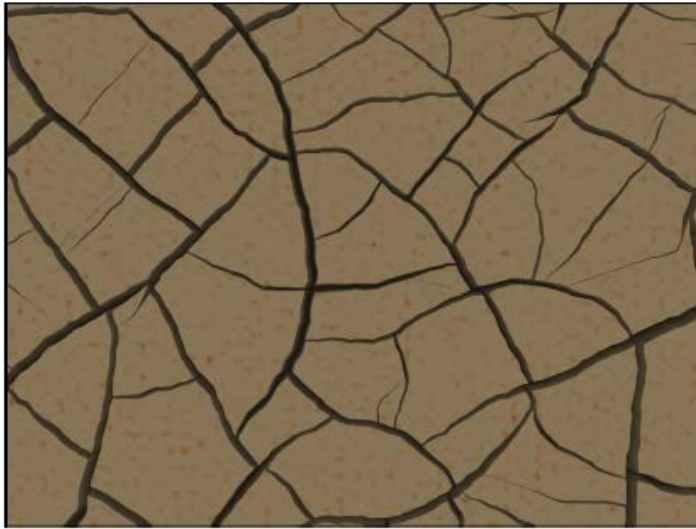
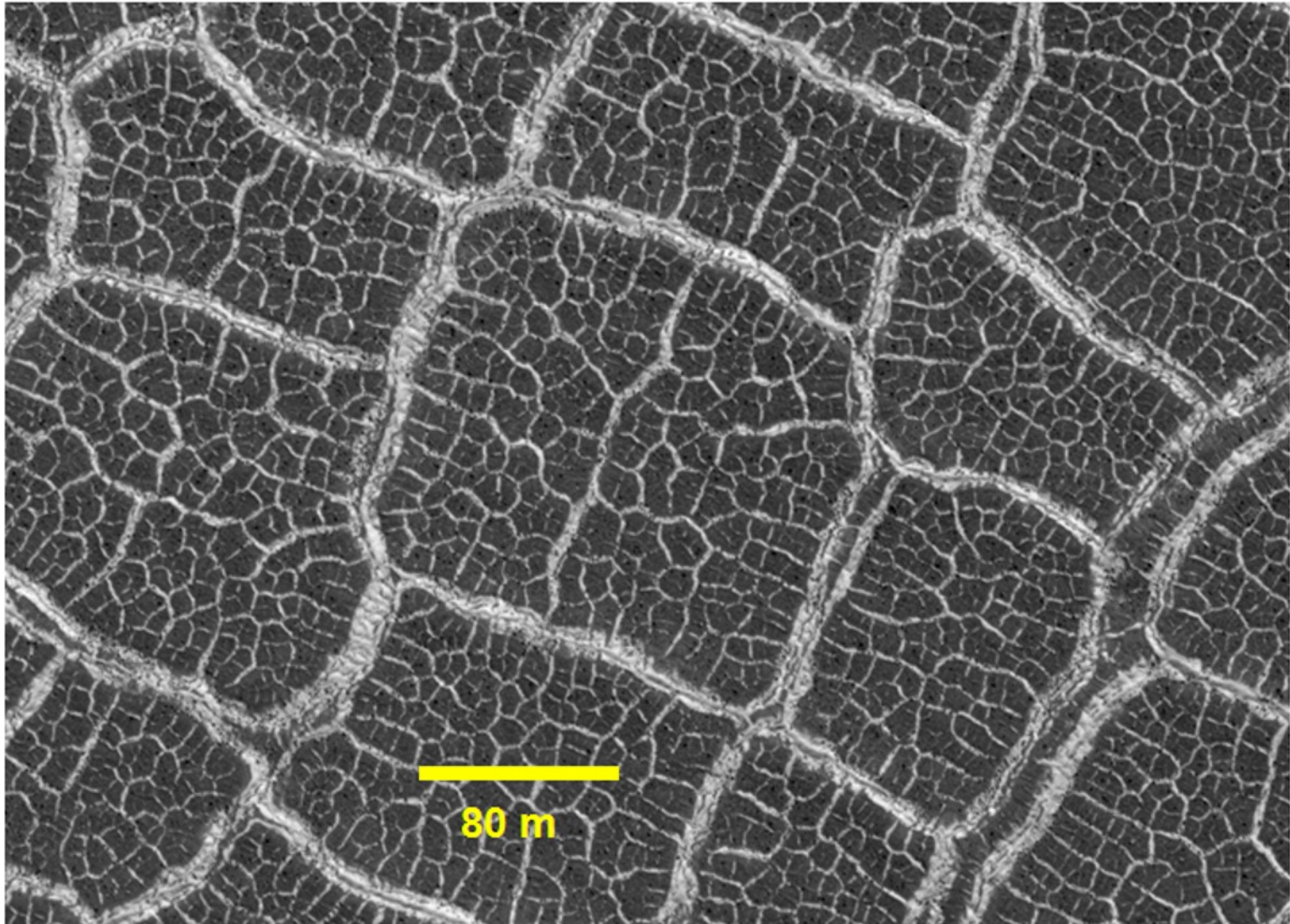


Figure 11: A rendered example of dried mud (left) compared to a photograph (right, copyright 2004 Mayang Adnin). We used uniform shrinkage of the surface and set $\alpha = 0.85$ to propagate the cracks further, requiring 2.7 minutes computation time on a 19,602 triangle input mesh.



Figure 12: A comparison between rendered dried mud (left) and a photograph (right, copyright 2004 Mayang Adnin). As in Figure 11, we used uniform shrinkage of the surface, but changed $\alpha = 0.5$ to demonstrate controlling the crack propagation parameter. Total computation time was 2.0 minutes on a 19,602 triangle input mesh.

Surface de Mars !!!



Libellule

