

Voyage d'un grain de Sable

Patrick De Wever & Francis Duranthon



Voyage d'un grain de sable

Patrick De Wever & Francis Duranthon



Dans la même collection :

La valse des continents, P. De Wever et F. Duranthon, 2015, ISBN : 978-2-7598-1182-3.

L'eau de la vie, P. De Wever, 2015, ISBN : 978-2-7598-1189-2.

**COLLECTION « LA TERRE À PORTÉE DE MAIN »
DIRIGÉE PAR PATRICK DE WEVER**

Cette collection, dont les textes sont ponctués d'anecdotes, de petites questions et richement illustrés, est destinée à un très large public. Elle a pour vocation de présenter et de donner des notions très abordables en géologie sur les phénomènes et constituants de notre planète.

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-1183-0

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier toutes celles et tous ceux qui les ont aidés à l'élaboration de cet ouvrage : François Baudin, Marie-Madeleine Blanc-Valleron, Patrick Cabrol, Laurent Carpentier, Dominique Chabard, Berangère Clavé-Papion, Michel Colombe, Annie Cornée, Claire Dramas, Marie-Claire Fontebasso, Brigitte Gonzalez, Laurence Le Callonec, Jean-Claude Plaziat, Jean-Yves Reynaud, Jean-Marie Rouchy, Alain Trentesaux, et en particulier Jean-Claude Daniel, président du musée du Sable pour toutes les photos de sables.

Nous avons bénéficié de la relecture de François Baudin et de Dominique Carpentier

Les dessins sont l'œuvre d'Alexandre Lethiers aussi efficace que compétent.



Sommaire

Introduction : Voyage d'un grain de sable	7
1 Origine du sable	11
D'où vient le sable ?	11
Comment se dégradent les roches ?	15
Comment définir le sable ?	17
De quoi sont constitués les sables ?	19
Est-ce que tous les minéraux se retrouvent dans le sable ?	21
Qu'appelle-t-on l'altération ?	22
L'échelle de dureté des minéraux	24
Qu'est-ce que le quartz ?	25
N'y a-t-il que des minéraux dans le sable ?	27
De quand date le plus ancien sable qui se soit répandu à la surface de la Terre ?	28
2 Transport et sédimentation du sable	29
La sédimentologie du sable	29
Le transport par l'eau	29
<i>Les glaciers</i>	29
<i>Ruisseaux, fleuves et rivières</i>	31
<i>Mer et océans</i>	32
<i>Les dunes hydrauliques</i>	32
Le transport par le vent	35
<i>Tempêtes de sable</i>	35
<i>Les dunes littorales</i>	38
<i>Les dunes du désert</i>	40
<i>Morphologie des dunes</i>	41
Le granoclassement	45
3 Les usages du sable	46
Le sable des constructions	46
Le sable du verre	47
Le sable des filtres	50
Autres usages	52

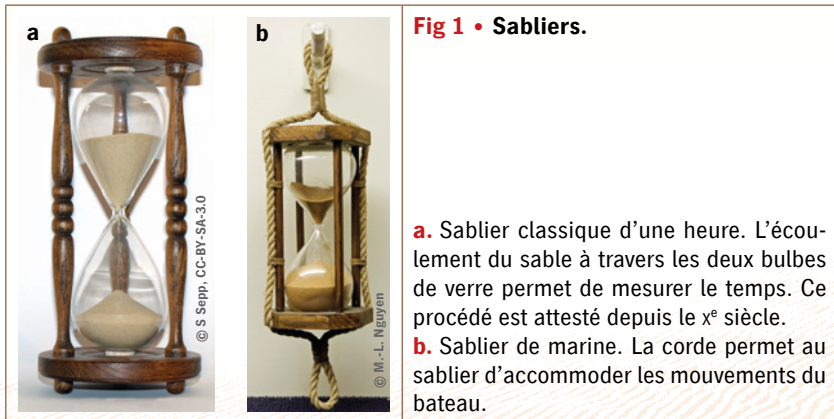
4	Le Quartz et l'Homme	53
	La montre à quartz	53
	Production de feu	53
	Le quartz dans les légendes traditionnelles	54
	Quartz modifié - mysticisme	56
	Croyance sur l'absorption des « ondes néfastes »	56
	Le quartz et les technologies de pointe	57
5	Le sable réservoir	59
	La porosité	59
	Sables bitumineux	60
	Sables aquifères	61
6	La physique du sable	64
	Pente d'équilibre	64
	Sable contre éponge	65
	Un « grain » de place !	67
	Effet de voûte	67
	Sable dur comme du béton	68
	La ségrégation des grains	69
	La liquéfaction des sols sableux	71
	Sable mouvant	74
7	La vie dans le sable	76
	Dans le sable de nos plages	76
	Dans le sable des déserts	78
	Marcher sur le sable	80
	Nager dans le sable	81
	Le sable, dangereux pour la santé ?	81
8	Le sable demain	83
	Va-t-on manquer de sable ?	83
9	Proverbes, dictons et citations	85
	Glossaire	89
	Bibliographie sommaire	91
	Index	92
	Livres des mêmes auteurs	94

Introduction :

le voyage d'un grain de sable

Parler du sable évoque immédiatement des images : une plage en été avec les baigneurs, ou une plage immense bordée de cocotiers, les dunes dans le désert, des pâtés de sable dans un jardin public, sans oublier le sablier qui marque le temps qui passe (*Fig. 1*)...

Le sable est aussi riche d'émotion que de dictons. Il est familier et pourtant généralement bien mal connu. En fait, un seul nom regroupe des compositions, des propriétés physiques et chimiques multiples. Le sable est un mélange de roches, peu favorable à la vie apparemment, et pourtant un milieu riche de vie. Il est tellement varié que les géologues ont utilisé ces sédiments pour trouver une composition moyenne de la croûte terrestre. Et pourtant une même baie peut receler des sables très différents, comme celle du Mont-Saint-Michel. Après l'air et l'eau, le sable est la troisième ressource la plus exploitée sur Terre, ce qui en souligne l'importance et justifie la question de la dernière partie. Mais « être sable » ne représente qu'un état transitoire, plus ou moins long, dans l'histoire de la vie d'une roche... Résumons l'histoire d'un grain de sable...



Quelque part, au sommet d'une montagne africaine, le gel fait éclater une roche. Des particules de matière sont libérées, formant des grains plus ou moins gros. S'ils ne restent pas coincés dans une faille ou dans la

fissure d'un rocher où ils peuvent attendre des décennies avant d'être à nouveau libérés, ils entreprennent lentement la descente, sous l'effet de la gravité. C'est le début du voyage, un très long périple qui va peut-être durer des décennies, des siècles, voire des milliers ou des millions d'années et durant lequel des milliers de kilomètres pourront être parcourus. De longues périodes d'attente suivies d'accélération et de déplacement intenses, ce voyage est une épreuve et une école de patience. Et comme tout départ, celui-ci n'est pas forcément facile... Nos grains cherchent leur voie. Chacun aura la sienne. Ralentis tout au long de leur descente par de gros blocs de rochers, qui les contraignent au contournement, freinés par moment par une rare végétation, coincés sous une pierre au milieu du périple, ils peuvent aussi profiter d'un orage pour s'embarquer comme passager clandestin des ruissellements, rebondissant sur la pente, roulant sur le fond au gré des écoulements pour atteindre enfin un ruisseau.

C'est là que débute véritablement l'aventure. Pour ce premier voyage, l'épreuve est difficile. Projetés contre des rochers, malmenés par les rapides du ruisseau devenu torrent de montagne, retournés, roulés sans trêve ni repos, voici que l'un d'entre eux trouve enfin un instant de quiétude entre les racines d'un arbre avec quelques-uns de ses congénères... Mais la pause est de courte durée. Voici notre grain de sable repris par la montée furieuse des eaux qui arrive avec la fonte des neiges. Arraché à son havre de paix, il repart, entouré de centaines, de milliers de ses frères. Poussé, bousculé, il se fracasse contre les rochers, se casse, perd de la matière. Ce combat titanesque au milieu des flots impétueux laisse des traces qui se marquent par des arêtes vives, tranchantes. Mais la fin du premier voyage arrive. Voici la rivière, aux eaux plus calmes.

Ce second voyage est plus paisible, même s'il a encore de nombreux obstacles à franchir. Il pause un moment au fond d'un lac de barrage avant qu'une opération de vidange ne lui rende sa liberté. Le morceau de pierre brute qu'il était autrefois se transforme lentement. Il est doucement roulé sur le fond, ses arêtes s'émousent, son profil s'arrondit (*Fig. 2*). Il séjourne quelques dizaines d'années au creux d'un méandre avant de repartir. D'un méandre à l'autre, il se déplace, descend vers l'aval. S'il a perdu assez de matière, s'il est devenu suffisamment fin, voilà même qu'il entre en suspension, qu'il flotte en quelque sorte entre deux eaux, parcourant les kilomètres. Devenu lisse et brillant, il n'hésite pas à s'arrêter au creux des racines d'un arbre, en compagnie de quelques-uns de ses compagnons de voyage parfois nés au sommet d'autres vallées, amenés là par d'autres chemins d'eau. Puis il repart, s'arrête à nouveau, repart. Il arrive enfin à l'embouchure et découvre la mer. Il est là, avec des centaines de millions d'autres grains de sable.

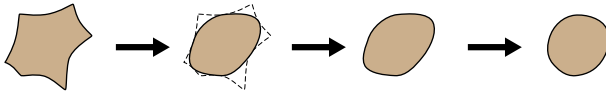


Fig 2 • Modification de forme.

Les grains anguleux au début de leur voyage (dans les rivières) deviennent progressivement arrondis (sable de plage).

Les vagues du rivage les empoignent, les brassent les uns contre les autres, les malaxent doucement leur faisant bien vite perdre leur éclat. Les plus fins d'entre eux sont poussés loin vers l'extrémité de la vague. Les autres sont triés, ordonnés, baladés, étalés par les courants marins qui les déposent sur le fond de l'océan. Des milliers d'années s'écoulent. Ils sont comprimés les uns contre les autres, entourant parfois des restes d'animaux. L'eau qui circule encore entre eux dépose quelques-uns de ses minéraux en solution, solidifiant l'ensemble, formant une nouvelle roche que les géologues nomment un grès. Notre grain est à l'étroit, emprisonné entre ses congénères dans un bloc de grès. Il ne peut plus bouger. Est-ce la fin du voyage ? Pour certains oui. Pour lui non. Quelques millions d'années plus tard, la mer se retire, mettant cette nouvelle roche à nu. Voici que les hommes arrivent pour l'exploiter. Il va être transporté jusqu'au chantier. Taillée, débitée en énormes blocs, cette roche va leur servir à construire des monuments pour honorer leurs dirigeants défunts. Voici le bloc intégré à une pyramide (*Fig. 3*) quelque part en Égypte.



Fig 3 • Pyramide de grès.

Les pyramides du plateau de Dahchour, près du Caire ont été édifiées entre 2450 et 2670 avant J.-C. Elles sont formées d'un assemblage de blocs de grès à ciment calcaire.

La roche aussi va être soumise à la pluie, aux écarts de températures, au vent... et enfin, libérer à nouveau notre grain de sable. Emporté par le vent qui le pousse, le voici parcourant le désert saharien, formant parfois des dunes avant de repartir. Ce troisième voyage éolien laisse des traces spécifiques. Notre grain devient de plus en plus rond, opaque, dépoli. Il erre sur ces vastes espaces sans obstacles où rien ne l'arrête. Emporté par un alizé, le voici qui survole l'océan Atlantique avant de pénétrer au cœur de la forêt amazonienne à la faveur d'une pluie tropicale qui le précipite à nouveau au sol. Il rejoint la rivière, regagne l'océan, y participe à nouveau à la formation d'un nouveau grès. Enfoui profondément, ce grès va se transformer pour former une autre roche, la quartzite (Fig. 4). Comprimé, compressé, notre grain de sable a changé. Le voici redevenu constituant d'une roche...

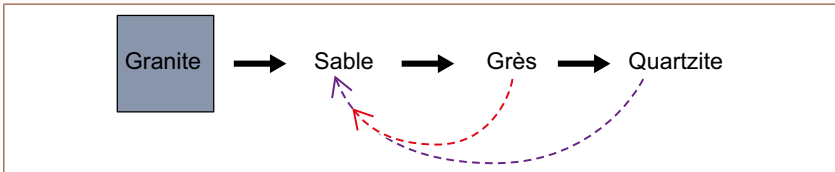


Fig 4 • Itinéraire d'un grain.

Le granite s'altère et libère des grains de sable. Le sable s'indure parfois et donne un grès. Encore plus cimenté, cristallisé, ce grès devient un quartzite. Mais à chaque étape, il se peut que la roche s'altère, s'érode et redonne un sable.

1 Origine du sable

D'où vient le sable ?

Le sable est le produit de la dégradation des roches. Classiquement, les géologues distinguent trois grands types de roches.

Les premières sont qualifiées de **roches magmatiques**.



Fig 5 • Piton magmatique.

Cette roche en pain de sucre qui émerge en bordure de cette route du Mozambique est un piton de granite, une roche magmatique intrusive.

Elles constituent la majeure partie des roches continentales et océaniques. Elles se forment lors du refroidissement d'un magma, d'une lave. Elles se décomposent en deux grands ensembles : les roches **plutoniques**, qui refroidissent lentement sous la surface (*Fig. 5*), à des profondeurs plus ou moins importantes, et les roches **volcaniques** qui refroidissent très rapidement en surface lors d'une éruption, au contact de l'atmosphère ou de l'eau. Plus leur vitesse de refroidissement est lente, plus les grains qui la composent sont gros. Granites et basaltes sont les roches les plus courantes de cette catégorie.

GRANITE ET GRANIT

On rencontre les deux orthographes. Le granite (avec e) est un terme de géologue. Il est défini par une texture grenue (avec des grains) et une composition minéralogique précise (quartz + feldspaths + micas).

Le granit (sans e) est un terme de marbrier. Il définit toute roche, quelle que soit sa composition, qui une fois polie montre des grains. Ce peut être un granite, mais aussi un calcaire, un grès.

De la même façon, le **marbre** des géologues est un calcaire (carbonate de calcium) métamorphique, alors que le marbre du marbrier correspond à toute roche qui, une fois polie, ne montre pas de grain.

Dans les cas de refroidissements particulièrement rapides, les grains n'ont pas le temps de se former et on obtient des verres naturels, comme l'obsidienne par exemple (*Fig. 6*).



Fig 6 • Coupe-papier en obsidienne.

Une lave refroidie très vite donne un verre appelé obsidienne. Ce coupe-papier mexicain, semi-transparent laisse apercevoir quelques niveaux plus sombres d'impuretés : de tous petits minéraux regroupés en fins lits.



Fig 7 • Blocs de grès.

a. Un « champignon » de grès dans le désert libyque, la forme résulte ici de l'altération éolienne.

La deuxième catégorie est constituée par les roches dites **sédimentaires**. Elles se forment par l'accumulation de couches de matériaux à la surface de la terre ou dans les océans. Ces matériaux, appelés aussi sédiments, proviennent en fait de la dégradation des autres types de roches. Le grès ou le calcaire font partie de cet ensemble.

Le grès (*Fig. 7*), roche sédimentaire détritique, résulte de l'accumulation de grains de sable



Fig 7 • Blocs de grès.

b. Une concrétion de grès en forêt de Fontainebleau, appelée « gogotte ». La forme résulte de la cimentation.

(généralement du quartz). La circulation de fluides soude parfois ces grains. Le sable devient alors un grès. Selon la qualité de la cimentation, le grès est plus ou moins dur. Quand le grès est pur, il est blanc. Selon le type et la quantité de pigments inclus (oxyde de fer...), il prend une couleur jaunâtre, rouille...

LES GRÈS : PIF, PAF, POUF



Fig 8 • Pavage de rue en grès.

Dans les rues d'Étampes, le grès de Fontainebleau a été utilisé. Selon la qualité du grès, la roche est plus ou moins perméable et donc plus ou moins humide. Les roches humides, parce que moins bien cimentées sont plus vite endommagées que les autres.

Le sable insaisissable (sous forme de poudre) est devenu un grès solide. Selon la qualité de la cimentation, le grès est plus ou moins dur, et plus ou moins imperméable.

Les carriers définissent la qualité d'un grès par le son que produit le marteau sur la roche. Un grès « PIF » (son aigu) est de bonne qualité, bien cimenté et idéal pour l'utilisation. Un grès « POUF » (son creux, évoquant l'effondrement du matériau sous le marteau) n'est pas assez cimenté, il est poreux et perméable. Il présente de grands risques de se fissurer au cours du temps et, friable, de rapidement s'éroder. Ce type de grès n'est pas utilisé. Un grès « PAF », intermédiaire, présente quelques risques de fissures bien qu'il soit de meilleure qualité qu'un grès « POUF ». Sa très légère porosité a tendance à retenir l'eau. Il apparaît souvent humide alors que les grès « PIF » sont secs.

La troisième catégorie est celle des roches **métamorphiques** (Fig. 9). Elles résultent de la transformation par la chaleur et/ou la pression des deux catégories de roches précédentes. Des phénomènes de recristallisation donnent alors naissance à d'autres types de roches. Ainsi, parmi les roches sédimentaires, un calcaire se métamorphose en marbre, un grès en quartzite, tandis que chez les roches magmatiques, un basalte se transforme en amphibolite et un granite en gneiss. La nature de la roche initiale influe donc sur la composition du sable.



Fig 9 • Roche métamorphique de la montagne Noire (Gorges d'Héric).

On comprend son appellation de gneiss œillé à cause de ses yeux de feldspath (en clair sur l'image).

LA MEULIÈRE

La meulière (Fig. 10) est une roche de couleur beige à rouille, plus ou moins caverneuse, formée entièrement de silice (SiO_2). C'est une roche secondaire, c'est-à-dire qui s'est formée aux dépens d'une formation pré-existante. La meulière résulte en général de la silicification d'un calcaire lacustre. Elle tire son nom des meules qui étaient taillées dans ce type de formation pour les moulins. Elle était utilisée pour les meules car elle ne laisse pas s'échapper de grains à l'usure, à la différence du grès. Elle est un excellent matériau de construction car elle est à la fois extrêmement solide, insensible à l'altération de l'eau de pluie, imperméable et poreuse. Elle constitue de ce fait un isolant phonique et thermique. >

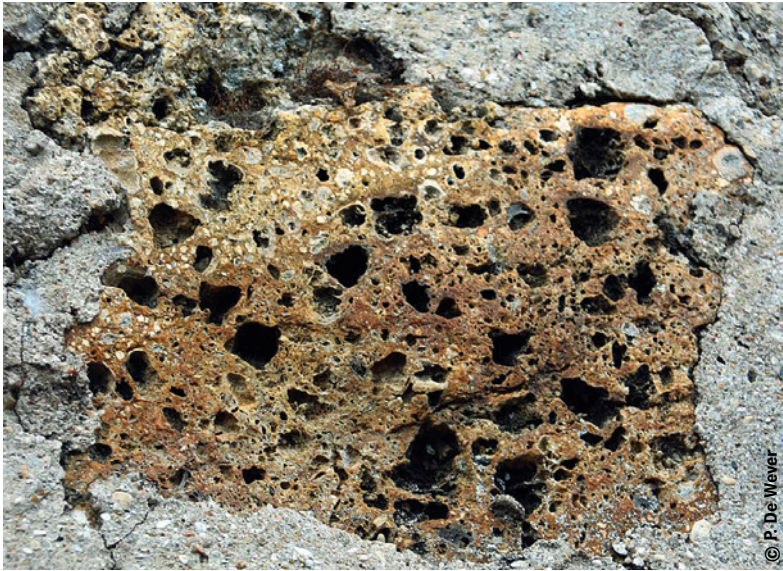


Fig 10 • Meulière utilisée dans la construction, sud de la région parisienne (Soisy-sur-Seine).

La structure est caverneuse et les pores de la roche sont isolés les uns des autres.

Comment se dégradent les roches ?

Dès qu'une roche est présente à la surface du globe, elle est l'objet d'une désagrégation, d'une fragmentation reposant à la fois sur des processus chimiques (connus sous le nom d'altération) et physiques regroupés par les géologues sous le terme d'érosion. Soumise à l'action du vent, du gel, à l'alternance journalière du chaud et du froid, de la pluie, voire du choc répété des vagues, les roches se disloquent, se fissurent, se cassent, se fragmentent en rochers anguleux, aux arêtes vives et tranchantes. L'eau joue un rôle essentiel dans ces mécanismes. Elle se caractérise par deux grandes propriétés. Tout d'abord, l'eau est un solvant. Pour s'en persuader, il suffit par exemple de mettre une pincée de sel dans un verre d'eau. Le sel est un minéral (l'halite). Il va très rapidement se dissoudre dans l'eau, disparaissant complètement. Mais le sel n'est pas le seul minéral à se dissoudre ainsi. La composition chimique des eaux minérales que nous achetons dans le commerce en témoigne. Les étiquettes (*Fig. 11*) nous donnent leur teneur en calcium, sodium magnésium, sulfates, nitrates...

Eau Minérale Naturelle Gazéifiée

Source Bron Montfrais

Autorisée par le Ministère de la Santé le 28/04/05.

Toelating door het Ministerie van Volksgezondheid sinds 28/04/05.

Minéralisation caractéristique

Calcium	Ca ²⁺	96,00 mg/l
Magnésium	Mg ²⁺	6,10 mg/l
Sodium	Na ⁺	10,60 mg/l
Potassium	K ⁺	3,70 mg/l
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	297 mg/l
Sulfate	SO ₄ ²⁻	9,30 mg/l
Nitrate	NO ₃ ⁻	<2 mg/l
Chlorure	Cl ⁻	22,60 mg/l

Résidus secs à 180°C = 349 mg/l
Droogresten op 180°C = 349 mg/l

Fig 11 • Étiquette d'une bouteille d'eau. La composition chimique est détaillée.

Tous ces éléments chimiques en solution dans l'eau proviennent des roches à travers lesquelles l'eau a circulé et des minéraux qu'elle a dissous. Ainsi, par sa capacité à mettre en solution, l'eau modifie les propriétés physico-chimiques des constituants des roches et donc celles des roches elles-mêmes. Certes son pouvoir varie en fonction de sa température, de son acidité, du climat, de la nature des roches, de leur degré de fracturation. Mais d'une manière générale, elle les rend moins cohérentes, ce qui facilite leur désagrégation. C'est le processus d'altération (*Fig. 12 et 13*). Cependant, son rôle ne se limite pas à cela. L'eau est aussi un fluide visqueux. Par sa capacité de transport, elle déplace,

à l'état solide (glaciers) ou liquide (fleuves, rivières, courants marins) sur des distances considérables, des blocs parfois volumineux qui s'entrechoquent, se cassent...

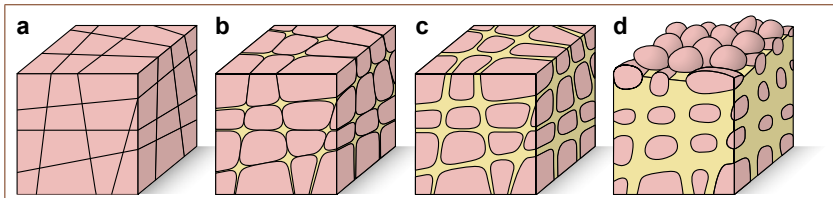


Fig 12 • Altération d'un massif de granite.

De simples fractures (a) permettent à l'eau de circuler et d'altérer tout doucement la roche (b et c). Seuls subsistent les grains de quartz (en jaune). Les arrêtés des blocs s'émoussent. Des blocs arrondis semblent reposer les uns sur les autres (d).



Fig 13 • Bloc de granite.

La Peyroclavado est une curiosité géologique du massif granitique du Sidobre (Tarn) provoquée par l'altération en boule du granite. L'arène granitique (le sable) a été enlevée par la pluie et le ruissellement.

Comment définir le sable ?

Quelle que soit la nature des roches initiales, toutes sont vouées à se transformer en sable. Mais point n'est besoin d'être géologue pour observer que les morceaux détachés des roches massives qui forment montagnes et falaises sont de tailles variées. Les termes de blocs, galets, cailloux, graviers nous sont familiers et ils correspondent à des tailles ou des formes différentes. D'où la nécessité de bien les définir. Plusieurs géologues se sont attachés à calibrer précisément la taille du sable. Chester Keeler Wentworth (1891-1969), un géologue américain, Nikolai Mikhailovich Strakhov (1900-1978), un géologue russe et André de Cayeux de Senarpont, dit André Cailleux (1907-1986), un géologue français, se sont particulièrement dédiés à cette entreprise. Chacun d'eux a proposé de définir des classes granulométriques basées sur un diamètre minimal et un diamètre maximal des grains. Il s'agit bien sûr d'une convention qui doit être adoptée par l'ensemble de la communauté des chercheurs. La classification unanimement acceptée aujourd'hui est celle de C.K. Wentworth (*Fig. 14*). Publiée en 1922,

elle indique que le terme de sable doit être réservé à des grains dont le diamètre varie entre 1/16 mm et 2 mm. Cet intervalle de classification, qui regroupe des sables très fins à des sables très grossiers, porte le nom d'arénites (voir encadré « arènes »). Au-delà, on a affaire à des graviers, en deçà, à des silts.

Pour résumer, un sable est défini par une taille des grains, une granulométrie et non par une composition.

Dimension en mm de la limite inférieure de la classe	Sédiments ou roches meubles	Classe	Roches consolidées
256	Bloc	RUDITES	Conglomérats
32	Grave		
4	Cailloux - galets		
2	Granule (gravillons)		
1	Sable très grossier	ARÉNITES	Grès
0,5	Sable grossier		
0,25	Sable moyen		
0,125	Sable fin		
0,0625	Sable très fin	PÉLITES ou LUTITES	Siltites
0,0312	Silt grossier		
0,0156	Silt moyen		
0,0078	Silt fin		
0,0039	Silt très fin		Argilites
0,0006	Argile		
	Pré-colloïdes		

Fig 14 • Classes granulométriques.

La classe des arénites regroupe tous les sables, des plus fins (> 1/16 mm) aux plus grossiers (< 2 mm).

DES ARÉNITES DANS LES ARÈNES

Dans les arènes, du sang était souvent répandu, absorbé ou masqué par le sable. C'est justement le sable qui a donné le nom à ces lieux de combat puisque en latin *arena* = sable. De la même façon, l'arène granitique désigne le sable qui résulte de l'altération du granite. Finalement les arènes sont de grands bacs à sables.

De quoi sont constitués les sables ?

Nous avons vu qu'ils sont le produit de l'érosion, de la fragmentation des roches. Ces dernières sont composées d'un assemblage de minéraux, qui en constituent en quelque sorte les grains élémentaires. Certaines, comme le calcaire, sont formées d'un seul minéral, la calcite. D'autres, comme les roches plutoniques, sont formées d'un assemblage de minéraux comme le quartz, le feldspath, les micas... Chaque minéral possède une composition chimique précise. Le quartz est du dioxyde de silicium et sa formule chimique s'écrit SiO_2 . La calcite est du carbonate de calcium, de formule chimique CaCO_3 . D'une façon générale, les minéraux se présentent sous la forme de solides cristallins : ce sont des cristaux, même s'ils ne possèdent pas, dans la plupart des cas, les belles formes caractéristiques que l'on peut observer dans les vitrines des musées. Les sables sont ainsi constitués de minéraux de nature variée, parfois aussi de tous petits morceaux de roches. Leur diversité est extraordinaire et parfois très surprenante (*Fig. 15, 16 et 17*).



Fig 15 • Un sable bien humain.

La plage de *Glass beach*, près de Fort Bragg en Californie contient un sable très particulier. Pendant des décennies, elle a servi de dépotoir. Les vagues et le mouvement incessant de la mer ont cassé les bouteilles de verre qu'elle refermait, créant ainsi un sable de verre tout à fait particulier, issu des activités humaines. Les fragments sont millimétriques.

Livres des mêmes auteurs

- **DE WEVER P.**, DE WEVER M.-J. & DUCLOS J.-L. (1990). *Ormoy-la-Rivière. Un village de l'Étampois*. CAHOR, Ormoy-la-Rivière, 408 pages.
- **DURANTHON F.** (1998). *Minéraux du monde*. Éditions Milan, 48 pages.
- **AUBOURG C.**, **DANIEL J.-Y.**, **DE WEVER P.** et al. (2000). *Problèmes résolus des Sciences de la Terre et de l'Univers*. Vuibert, 360 pages.
- **DE WEVER P.**, **DUMITRICA P.**, **CAULET J.-P.**, **NIGRINI C.** & **CARIDROIT M.** (2001). *Radiolarians in the sedimentary record*. Gordon & Breach Science Publ., 534 pages.
- **AVOUAC J.-Ph.** & **DE WEVER P.** (2002). *Himalaya-Tibet : Le choc des continents*. CNRS-MNHN Ed., 192 pages.
- **DE WEVER P.** coord. (2002). *Le temps mesuré par les sciences, l'homme à l'échelle géologique*. Vuibert/MNHN Ed., 130 pages.
- **DE WEVER P.** et al. (2003). *Le volcanisme, cause de mort & source de vie*. Vuibert/MNHN Ed., 344 pages.
- **DURANTHON F.** (2003). *Roches et minéraux*. Éditions Milan, 32 pages.
- **DURANTHON F.** (2004). *Histoires de Dinosaures*. Éditions Bréal, 192 pages.
- **DURANTHON F.** (2004). *Les dinosaures et leurs cousins*. Éditions Milan, 32 pages.
- **DE WEVER P.**, **GUIRAUD M.** & **CORNEE A.** (2004). *Des collections en sciences de la Terre, pour quoi faire ?* OCIM-MNHN Ed., 166 pages.
- **DURANTHON F.** (2005). *Fossiles d'Europe*. Éditions Milan, 40 pages.
- **DURANTHON F.** (2005). *CD Histoires de Dinosaures*. Éditions De vive Voix.
- **DURANTHON F.** (2006). *Histoires de Mammifères*. Éditions Bréal, 224 pages.
- **DE WEVER P.**, **LABROUSSE L.**, **RAYMOND D.** & **SCHAAF A.** (2006). *La mesure du temps dans l'histoire de la Terre*. SGF-Vuibert Ed., 132 pages.

- **DE WEVER P., LE NECHET Y. & CORNEE A.** (2006). *Vade-Mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique*. SGF, mém. HS n°12, 162 pages.
- **BILLET G., BONNEFOY B., DE WEVER P., HOUSSAYE A. & MERLE D.** (2008). *Promenade géologique à Étampes*. MNHN-Biotope-BRGM Ed., 28 pages.
- **DURANTHON F.** (2009). *Minéraux, roches et fossiles*. Éditions Milan, 64 pages.
- **DE WEVER P., DAVID B. & NERAUDEAU D.** (2010). *Paléobiosphère : regards croisés des sciences de la vie et de la Terre*. MNHN-Vuibert-SGF Ed., 816 pages.
- **DE WEVER P., MERLE D., BONNEFOY B. & BILLET G.** (2010). *Promenade géologique à Milly-la-Forêt*. MNHN-Biotope-BRGM Ed., 28 pages.
- **EGOROFF G., DE WEVER P., MERLE D. & MÉTIVIER B.** (2011). *Promenade géologique à Dourdan*. MNHN-Biotope-BRGM Ed. , 28 pages.
- **DE WEVER P.** (2012). *Carnet de curiosité d'un géologue*. Ellipses, 360 pages.
- **DE WEVER P.** (2012). *Temps de la Terre, temps de l'Homme*. Albin Michel, 216 pages.
- **MAURIAUD P., BRETON P. & DE WEVER P.** (2012). *Faim de pétrole*. EDP Science, 224 pages.
- **DE WEVER P.** (2013). *Carnet de curiosité d'un géologue et autres brèves de laboratoire*. Ellipses, 354 pages.
- **DE WEVER P.** (2014). *Le beau livre de la Terre*. Dunod, 416 pages.
- **DE WEVER P., DURANTHON F.** (2015). *La valse des continents*. EDP Sciences, coll. Terre à portée de main, 88 pages.
- **DE WEVER P.** (2015). *L'eau de la vie*. EDP Sciences, coll. Terre à portée de main, 80 pages.
- **DE WEVER P. & DAVID B.** (2015). *La biodiversité de crise en crise*. Albin Michel, 310 pages.