

TUE 122 - TP 1 Granulométrie

Mélanie Noury
ISerre bureau 364
melanie.noury@ujf-grenoble.fr

Classification des roches en fonction de leur granulométrie

- **La granulométrie** est l'étude de la distribution des grains dans une roche ou un sédiment en fonction de leur taille.
- **Les classifications** permettent d'ordonner et de nommer les particules dont la taille varie de quelques microns (*argile*) à plusieurs mètres (*bloc*).

La taille des particules

Plusieurs échelles granulométriques existent, elles permettent de **classer** les sédiments non-consolidés en fonction de la taille de leurs grains.

Par exemple, l'échelle de Wentworth comprend 7 classes granulométriques différentes

Echelle de Wentworth

Diamètre du grain		Sédiments Non consolidés Catégorie de Wentworth
GROSSIER	256 mm	Blocs
	64 mm	Gros cailloux
	4 mm	Graviers
	2 mm	Granules
MOYEN		Sables
	0.063 mm	
FIN	0.004 mm	Silts (limons)
		Argiles

La taille des particules

Les échelles comprennent aussi des classes granulométriques qui s'expriment en unités AFNOR (a) ou Phi (f) avec :

$$\phi = -\log_2(d) \text{ (d = taille du grain en mm)}$$

RAPPEL

- Logarithme en base 2 :

$$\log_2(x) = \log_{10}(x) / \log_{10}(2) = \ln(x) / \ln(2)$$

« le logarithme de 8 en base 2 est 3 car $8 = 2^3$ »

Si $\phi = -\log_2 d$, alors $d = 2^{-\phi}$

MOYEN D'ÉTUDE	AFNOR α	UNITÉS		CLASSIFICATION			
		Φ	Wentworth	Cailleux			
mesure directe		mm					
	-24	250-256	-8	BLOCS (BOULDERS)	RUDITES	BLOCS	
	-18	63-32	-5	GRAVE (COBBLE)		GALETS	
	-6	4	-	CAILLOUX (PEBBLE)		GRAVILLONS	
	-3	2	1	GRANULES			
	microscope binoculaire tube de sédimentation tamisage	-2	1.6		TRÈS GROSSIER	ARENITES (SANDS)	SABLES
		1	0.8		GROSSIER		
		2	0.63				
		3		1			
		5	0.315	2			
pipette microscope électronique			0.25	2		LUTITES (SILTS)	SABLONS
		-12	0.625-1/16	4	TRÈS FIN		
		-14	0.04		GROSSIER		
		-17	0.02	5	MOYEN		
		-20	0.01	6	FIN	LUTITES (CLAYS)	LIMONS
	-24	0.004-1/256	8	TRÈS FIN			
			0.00006	14			PRE COLLOIDES

Unité AFNOR (α) ou Phi (ϕ)

$$\phi = -\log_2 d$$

(d= taille du grain en mm)




0.06

La taille des particules

Les roches sédimentaires (consolidées) peuvent être nommées en fonction de la taille de leurs particules (grossier, moyen ou fin) et indépendamment de leur composition chimique.

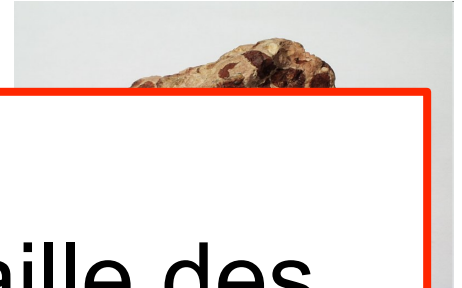
On parle alors de RUDITES, ARENITES et de LUTITES.

Echelle de Wentworth

Diamètre du grain		Sédiments Catégorie de Wentworth	Roches	
GROSSIER	256 mm	Blocs	RUDITES	
	64 mm	Gros cailloux		
	4 mm	Graviers		
	2 mm	Granules		
MOYEN		Sables	ARÉNITES	
	0.063 mm			
FIN	0.004 mm	Silts (limons)	LUTITES	
		Argiles		

Echelle de Wentworth

Diamètre du grain	Sédiments Catégorie de Wentworth	Roches
ER 256 mm	Blocs	

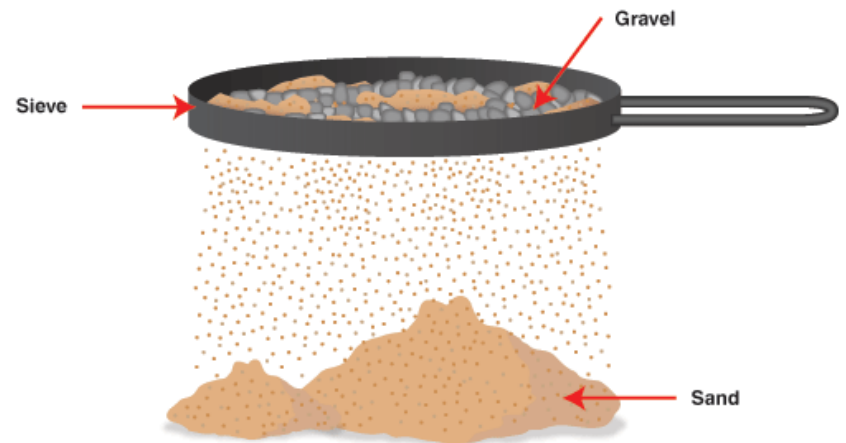


C'est bien mais...
Comment déterminer la taille des grains ???

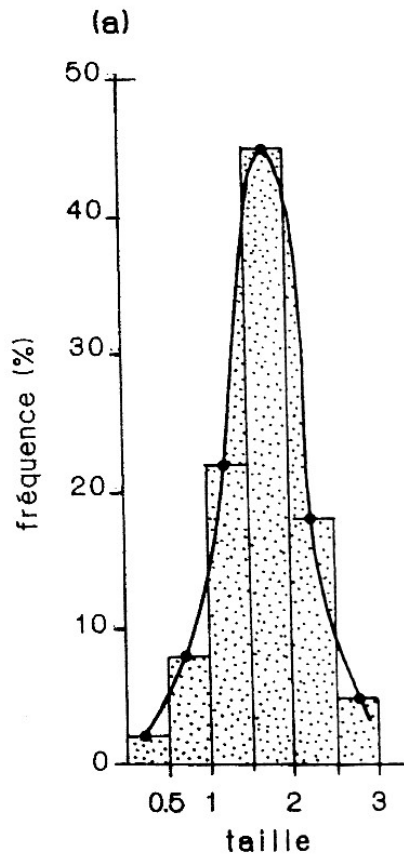
MO	0.063 mm		
FIN	0.004 mm	Silts (limons) Argiles	LUTITES



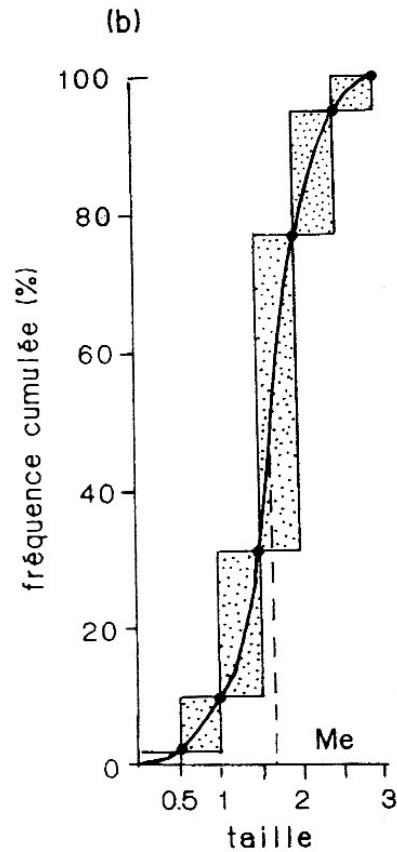
Tamisage



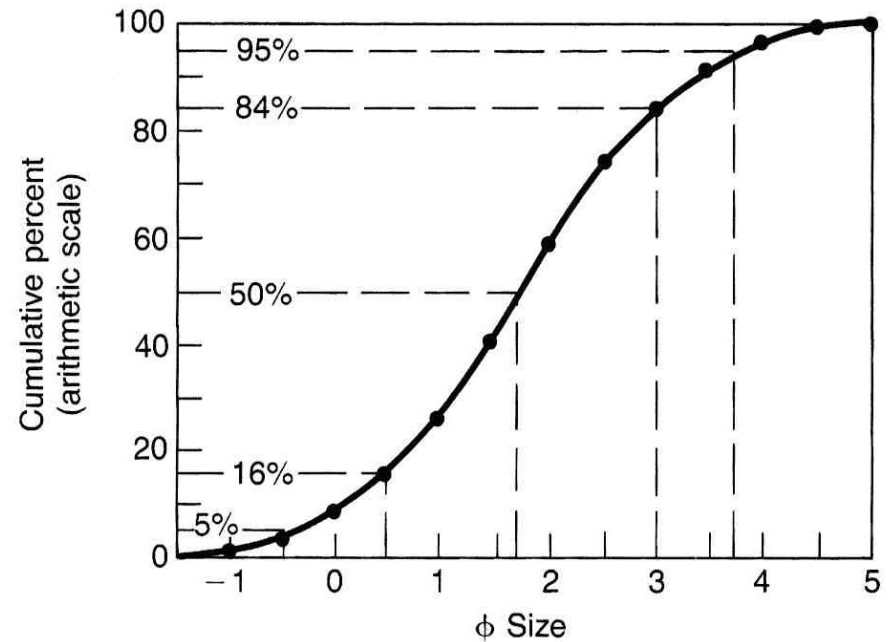
Différentes représentations d'une granulométrie



Histogramme et
courbe lissée



Courbe cumulative



Courbe cumulative

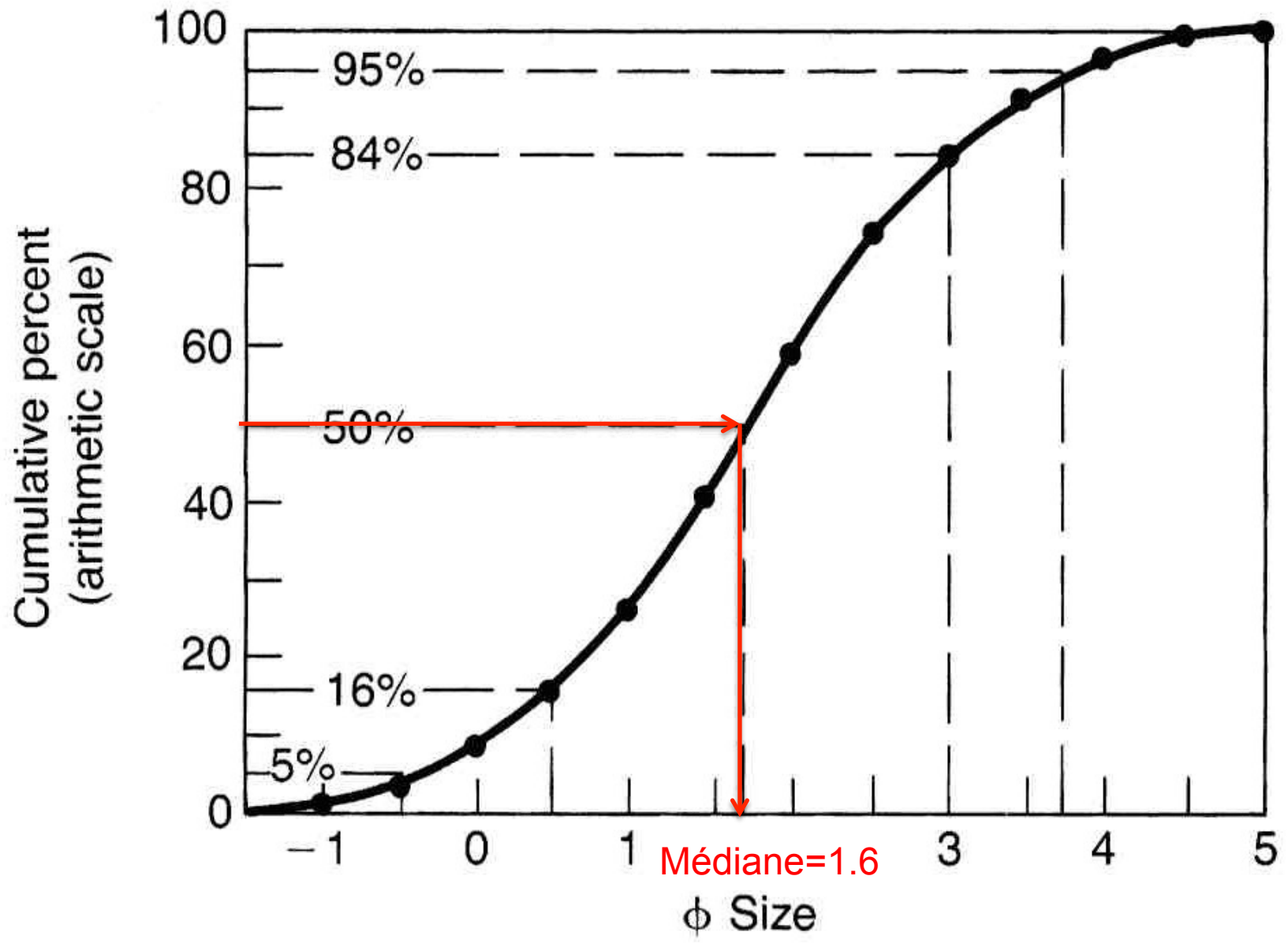
Paramètres granulométriques les plus usités

A partir de la distribution de la taille des grains d'un échantillon donné, il est possible de calculer différents « paramètres granulométriques ».

Ces paramètres nous renseignent sur le mode de dépôt de l'échantillon. Et donc sur « l'environnement de dépôt » (par exemple une plage, une rivière...).

Paramètres granulométriques les plus usités

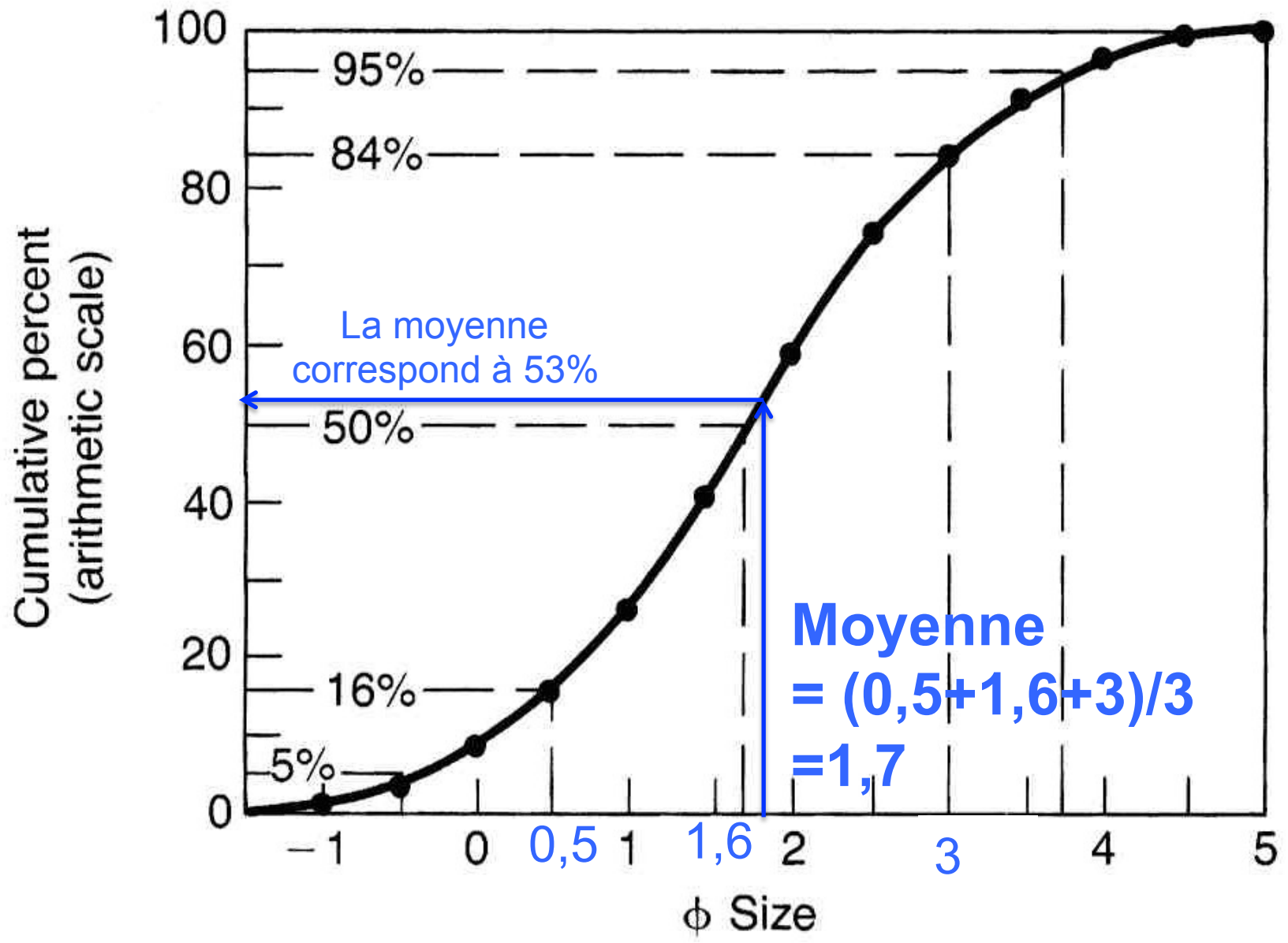
- **La médiane** (Me – median), taille correspondant à 50% des grains sur la courbe cumulative.

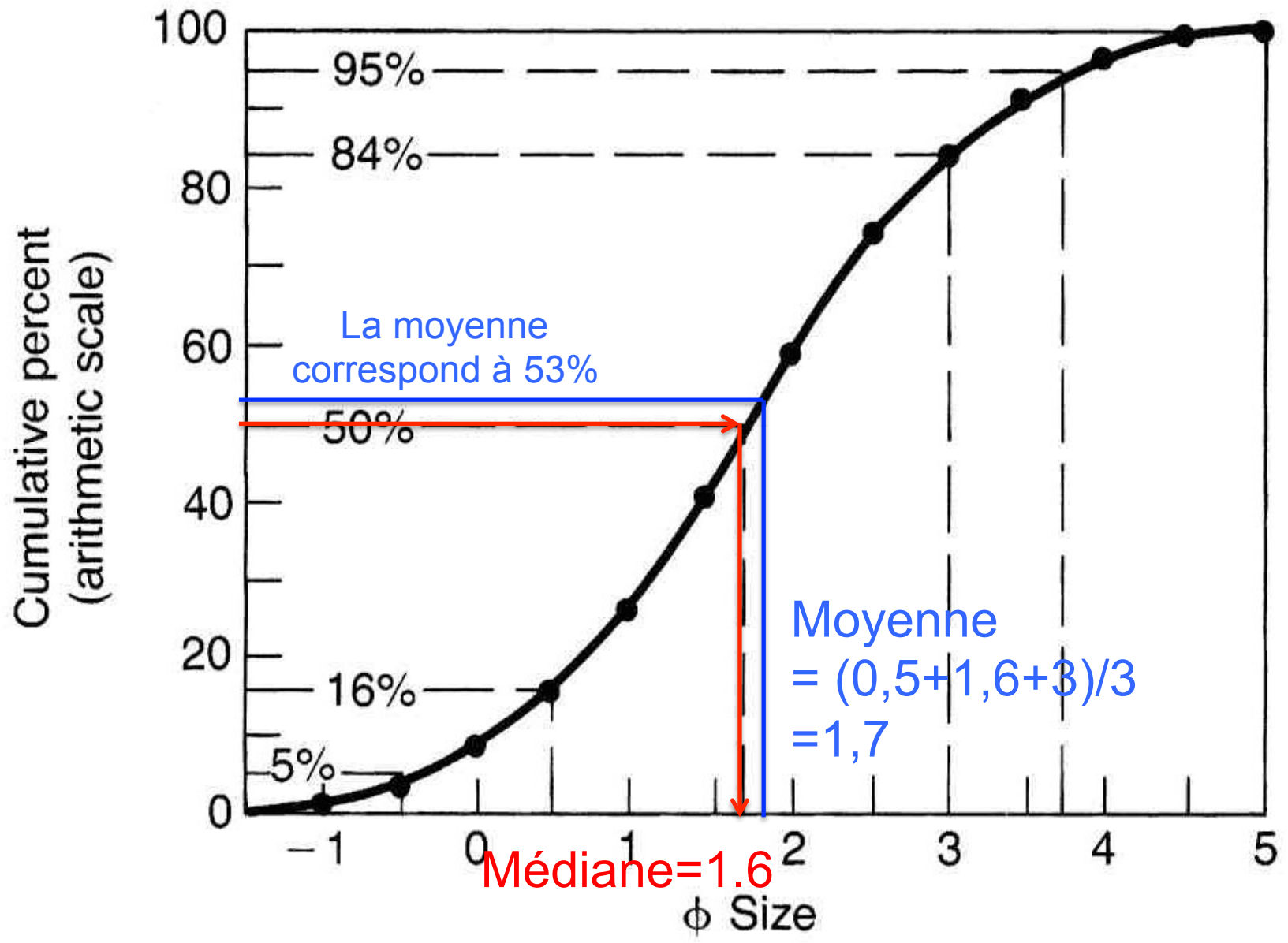


Paramètres granulométriques les plus usités

- *La moyenne* (M - mean), de formule

$$M = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$





Paramètres granulométriques les plus usités

- **La médiane** (Me – median), taille correspondant à 50% des grains sur la courbe cumulative.
- **La moyenne** (M - mean), de formule

$$M = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$

- Moyenne et médiane reflètent la **distribution granulométrique** du sédiment et **l'énergie cinétique moyenne** lors du dépôt du sédiment.

Energie du dépôt et taille de grain



Forte énergie => Sédiment grossier

Energie du dépôt et taille de grain



Faible énergie => Sédiment fin

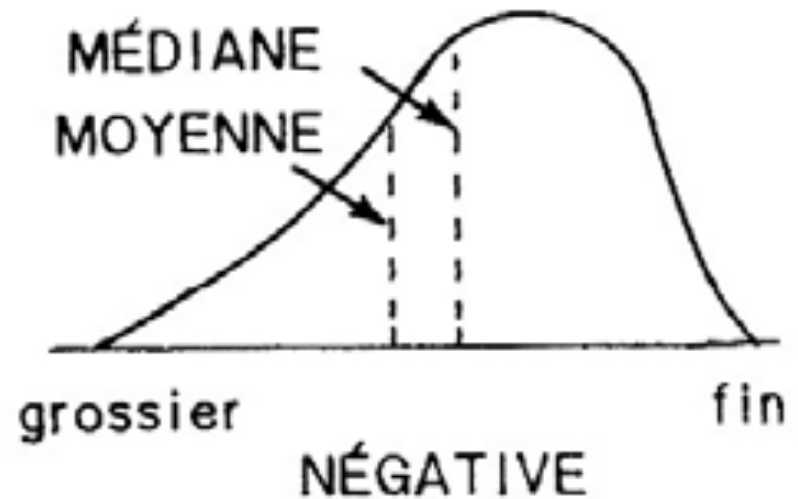
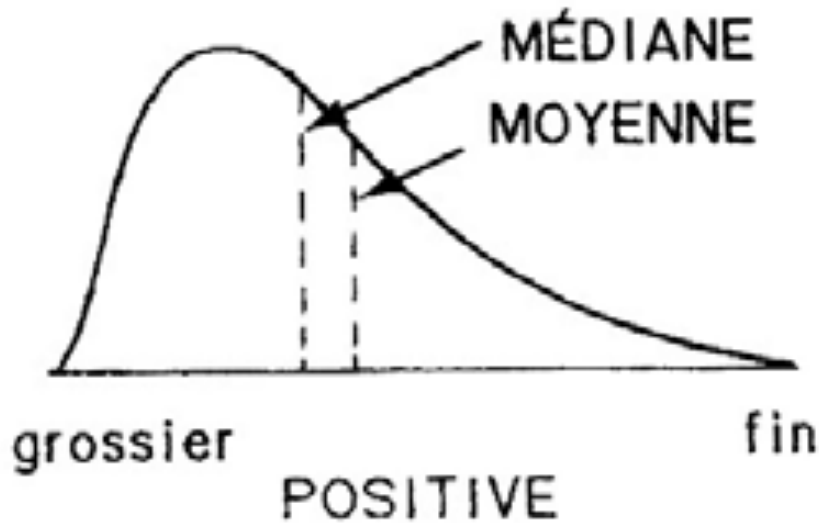
Paramètres granulométriques les plus usités

- ***Le coefficient de dissymétrie*** (S_k – skewness).

$$S_k = \frac{\varphi_{84} + \varphi_{16} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_{95} + \varphi_5 - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

- Ce paramètre est souvent présenté comme un indicateur de l'environnement de dépôt sédimentaire

Coefficient de dissymétrie et environnement de dépôt



Valeur	Asymétrie	Interprétation
$Sk < 1$	Positive	Courant faible
$Sk > 1$	Négative	Courant fort

Paramètres granulométriques les plus usités

- ***Le coefficient d'acuité*** (K – kurtosis), mesure la forme du pic de la courbe

$$K = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2,44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

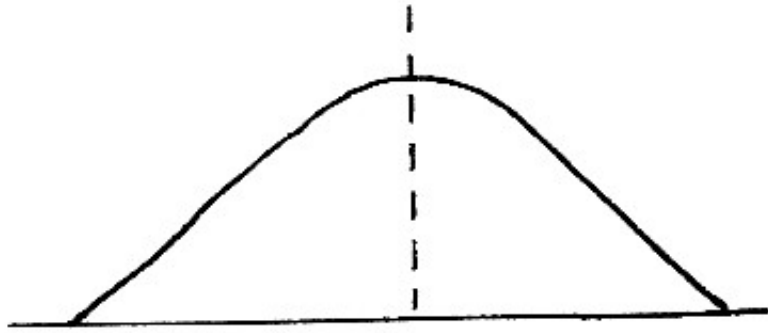
Paramètres granulométriques les plus usités

- ***L'indice de classement*** (S_o – sorting) indique la qualité du classement

$$S_o = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6,6}$$

- Plus le sédiment est bien classé, plus S_o est petit

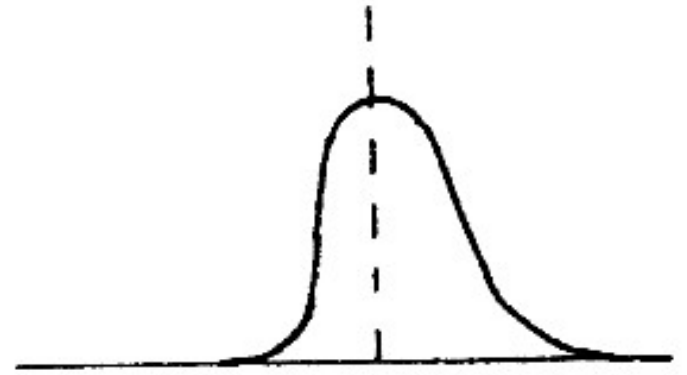
Le classement



grossier

fin

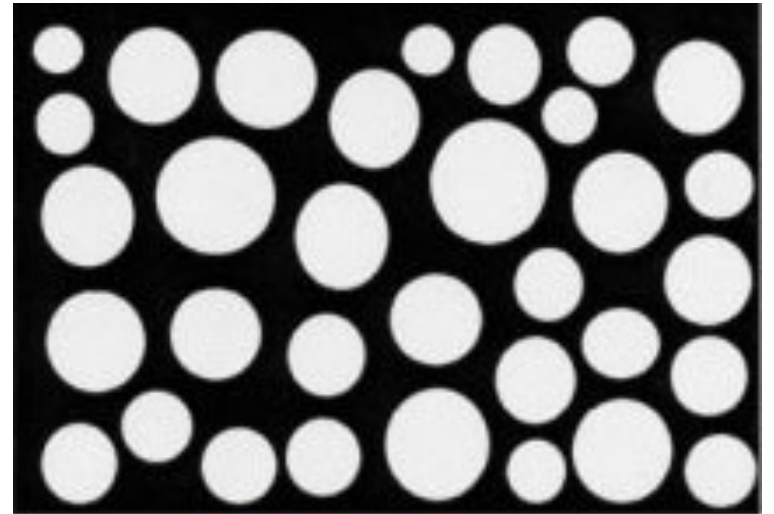
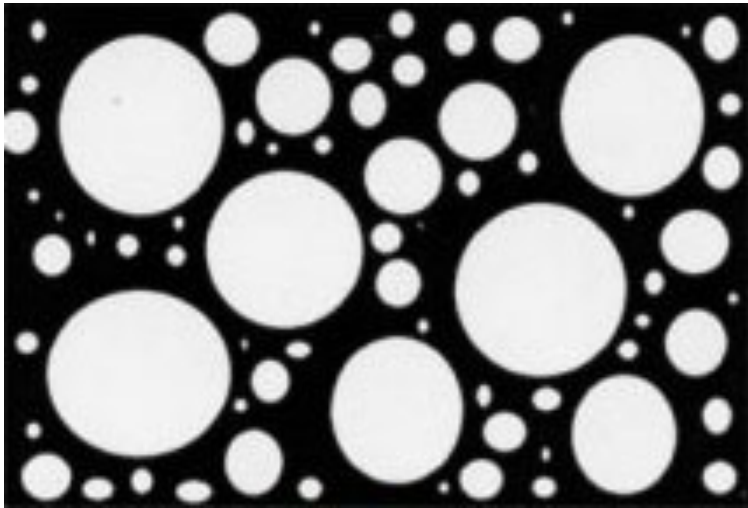
MAUVAIS



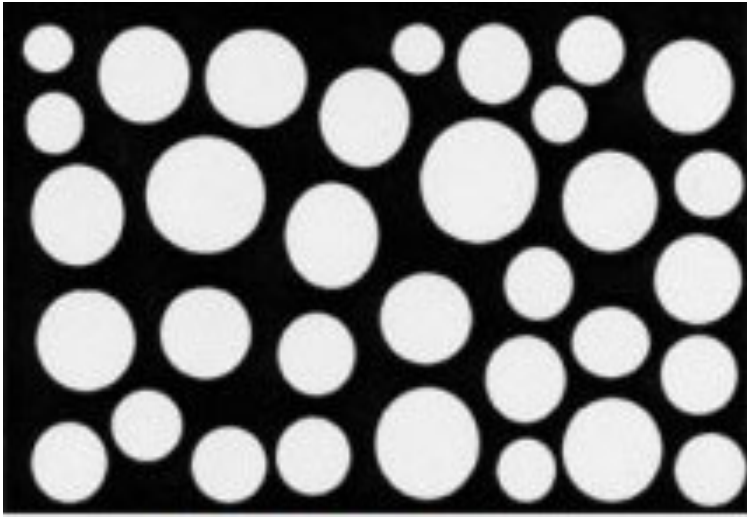
grossier

fin

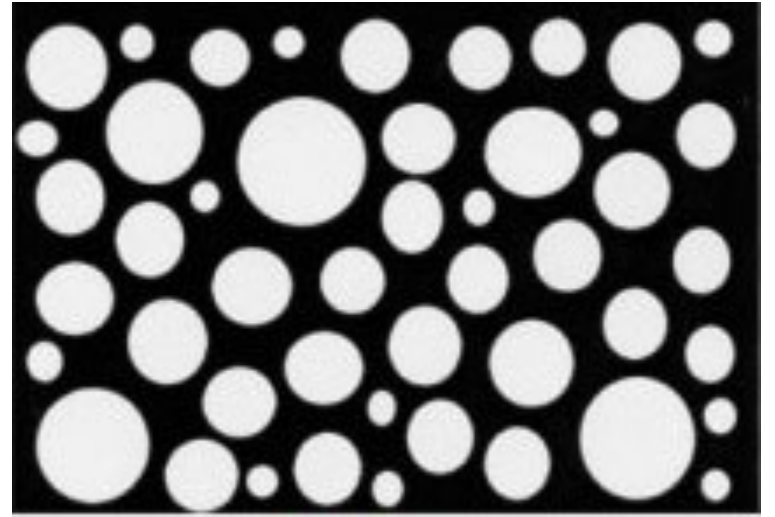
BON



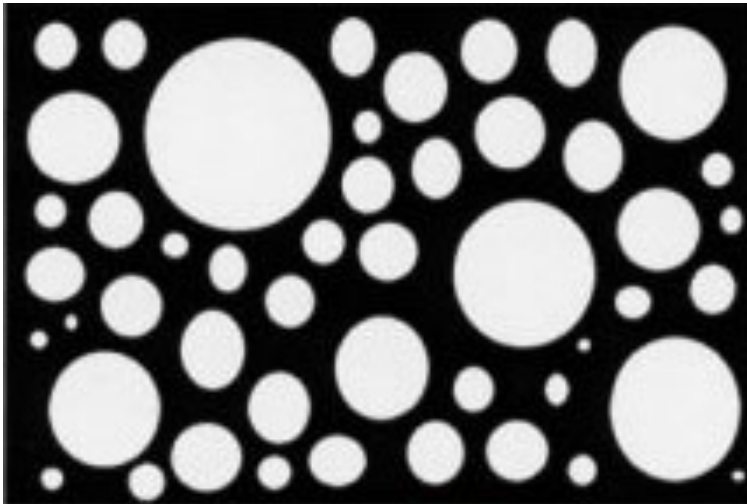
Le classement



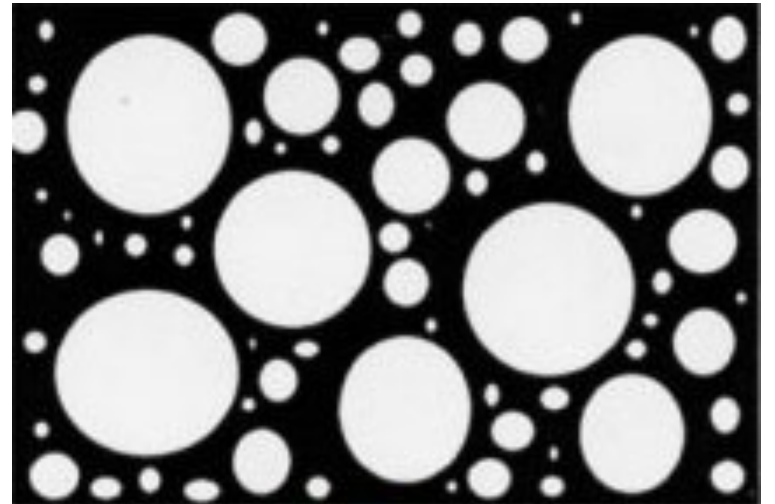
TRÈS BON



BON



MOYEN



MEDIOCRE

QUESTION MUFFIN



QUESTION MUFFIN



Quand l'énergie de dépôt augmente, comment se comporte le classement des sédiments ?
POURQUOI ???

Indice de classement et environnement de dépôt

- L'indice de classement est lié à l'hydrodynamisme lors du dépôt du sédiment et donc à l'environnement de dépôt.
- Par exemple, en amont d'une rivière le courant est fort, des blocs se déposent mais aussi des argiles... Le sédiment est mal classé. En aval de la rivière, le courant est plus faible, il n'y a plus que des argiles à se déposer.

Indice de classement et environnement de dépôt

L'indice de classement :		Environnement de dépôt principal
$< 0,35 \phi$	très bien classé	plage
$0,35 - 0,50\phi$	bien classé	plage
$0,50 - 0,71\phi$	moyenne à bien classé	plage, rivière
$0,71 - 1,00\phi$	moyennement classé	rivière, turbidite
$1,00 - 2,00\phi$	mal classé	rivière, turbidite, cône alluvial
$2,00 - 4,00\phi$	très mal classé	moraine glaciale, glissement de terrain

Plage



Rivière



Moraine



Impressionnant !
Très
impressionnant !
Tu connais le
classement
granulométrique !
La taille de grain
est avec toi, mais
tu n'es pas encore
un géologue !

Sable tu
consolideras,
grès tu
obtiendras.
A la prochaine
leçon tu
l'apprendras !



Exercice granulométrie

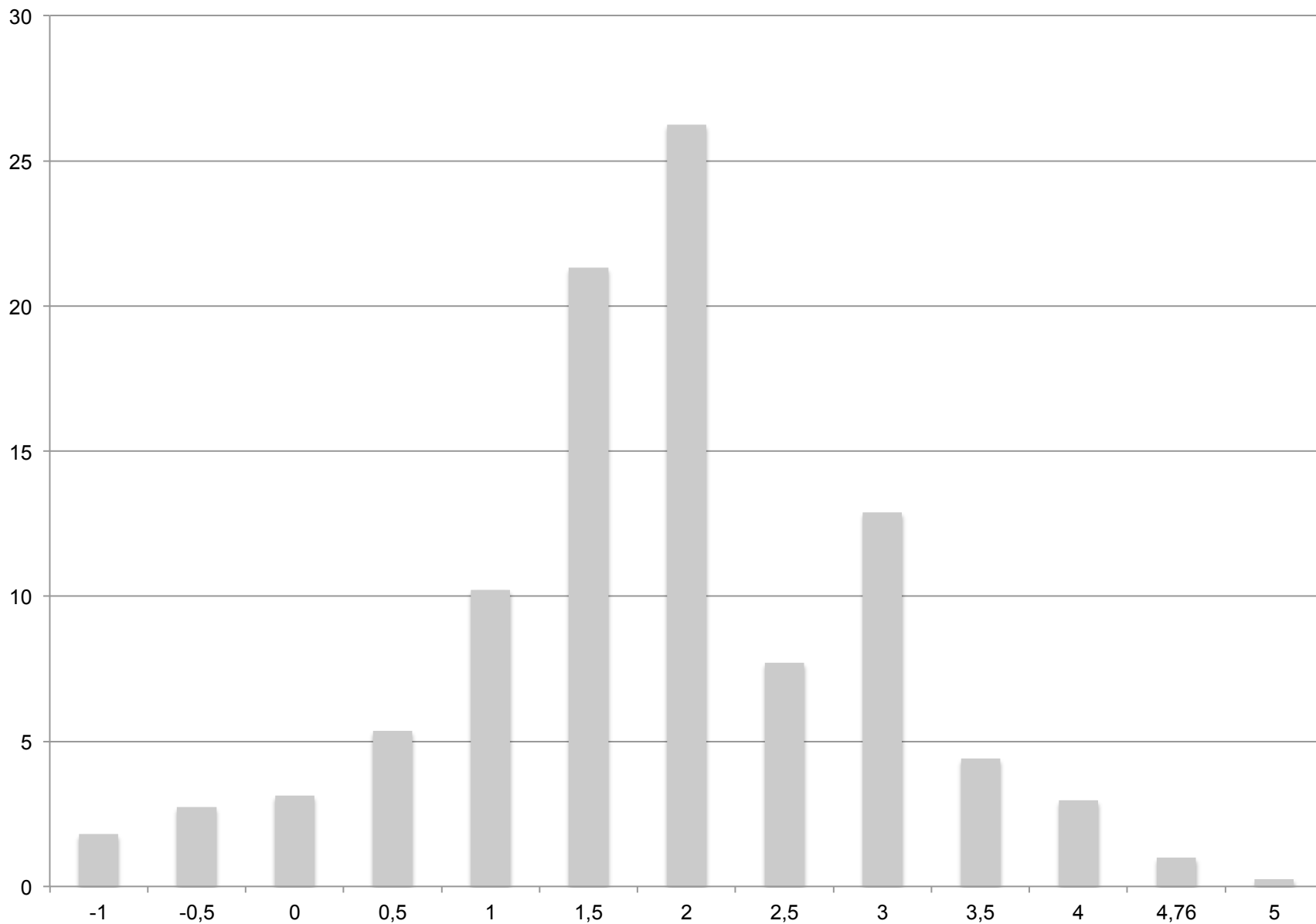
- **A partir des données au tableau 1**
- 1) Calculer la fréquence et les pourcentages cumulatifs au poids (p4).
- 2) Construire un histogramme et la courbe lissée associée (p7).
- 3) Construire une courbe cumulative (p8).
- 4) Utiliser la courbe cumulative pour compléter le tableau 2 (p4).
- 5) Calculer **la moyenne** (M) et **l'indice de classement** (S_o) à partir des valeurs du tableau 2.
- 6) Calculer **le coefficient de dissymétrie** (S_k) et **le coefficient d'acuité** (K) à partir des valeurs du tableau 2.
- 7) Pensez-vous que cet échantillon est bien ou mal classé, comment l'appelleriez-vous ?
- 8) Marquer l'échantillon sur les divers graphiques (p3)

- Mêmes questions pour l'échantillon B (tableau 2)

Sample A

grain size			weight	frequency	cum %
[mm]	ϕ	US mesh	[g]	[%]	by weight
2	-1	10	29	1,8	1,8
1,41	-0,5	14	44	2,73	4,53
1	0	18	50,5	3,13	7,66
0,71	0,5	25	86,5	5,36	13,02
0,5	1	35	165	10,22	23,24
0,35	1,5	45	344	21,31	44,55
0,25	2	60	423,5	26,24	70,79
0,177	2,5	80	124,5	7,71	78,5
0,125	3	120	208	12,89	91,39
0,088	3,5	170	71	4,4	95,79
0,063	4	230	48	2,97	98,76
0,037	4,76	400	16	0,99	99,75
	5	Pan	4	0,25	100
Total:			1614	100	

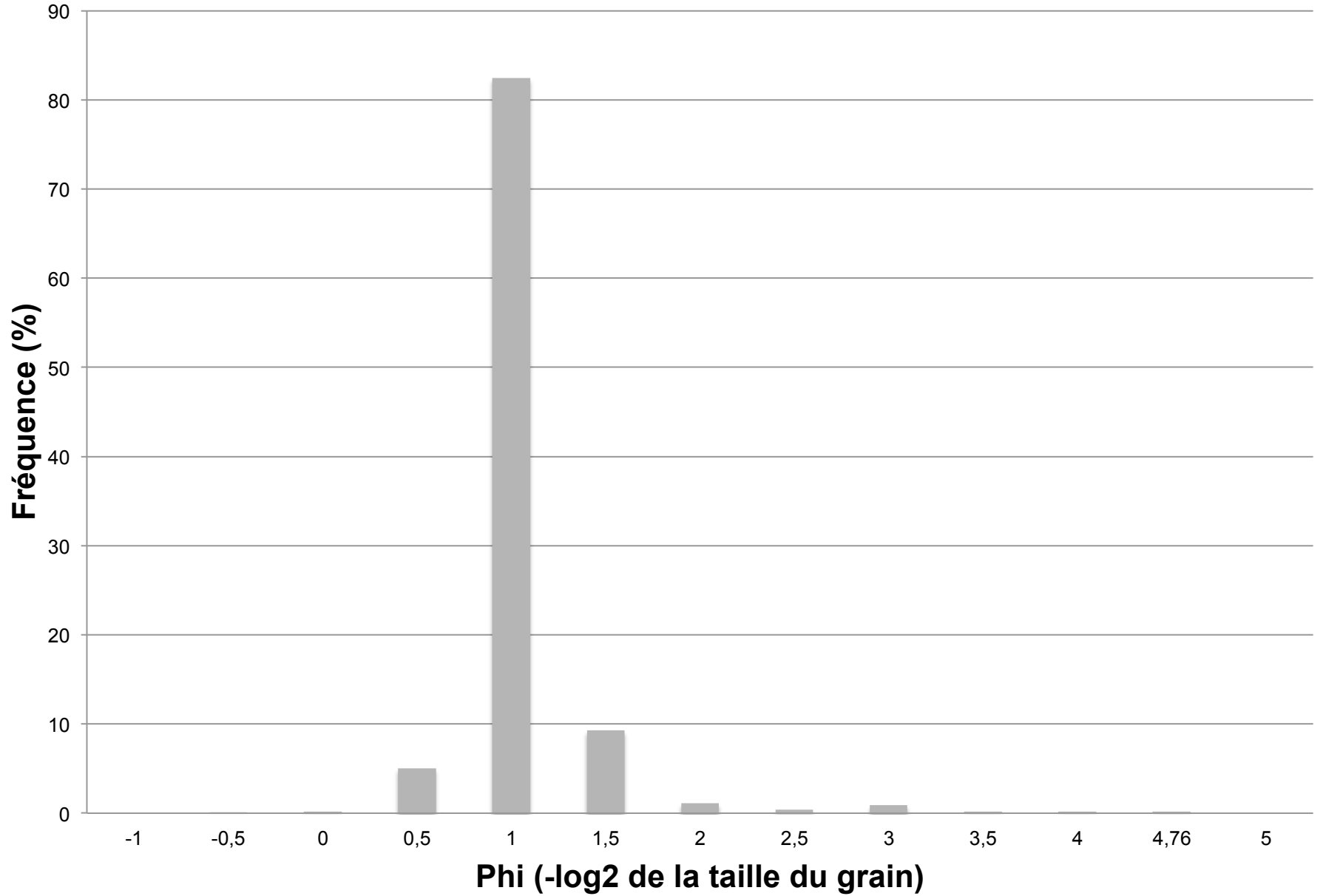
Histogramme des fréquences (échantillon A)



Sample B

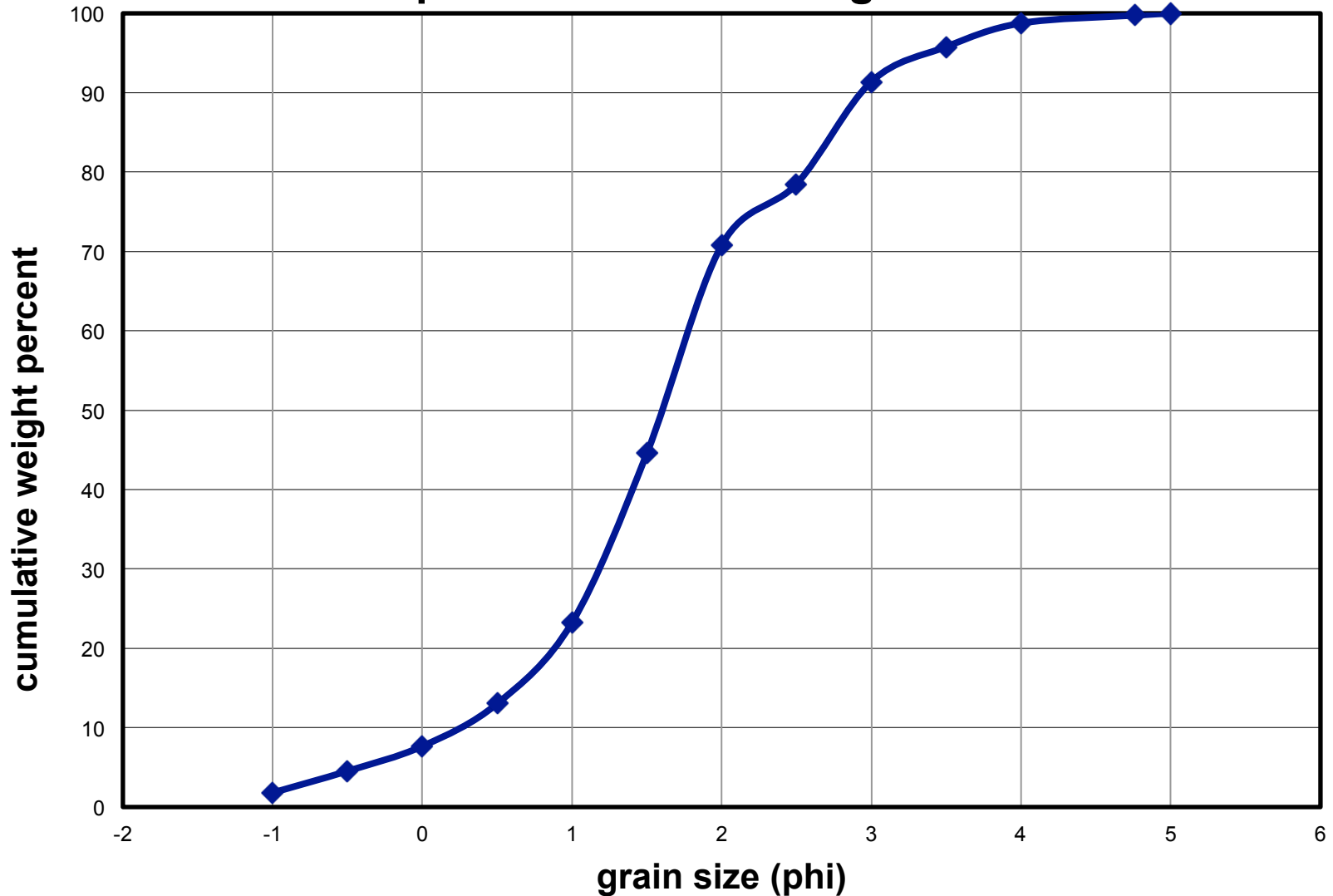
grain size			weight	frequency	cum %
[mm]	ϕ	US mesh	[g]	[%]	by weight
2	-1	10	0	0	0
1,41	-0,5	14	1	0,06	0,06
1	0	18	3	0,19	0,25
0,71	0,5	25	80	5,06	5,31
0,5	1	35	1304	82,43	87,74
0,35	1,5	45	147	9,29	97,03
0,25	2	60	18	1,14	98,17
0,177	2,5	80	6	0,38	98,55
0,125	3	120	14	0,88	99,43
0,088	3,5	170	3	0,19	99,62
0,063	4	230	3	0,19	99,81
0,037	4,76	400	3	0,19	100
	5	Pan	0	0	100
Total:			1582	100	

Histogramme des fréquences (échantillon B)



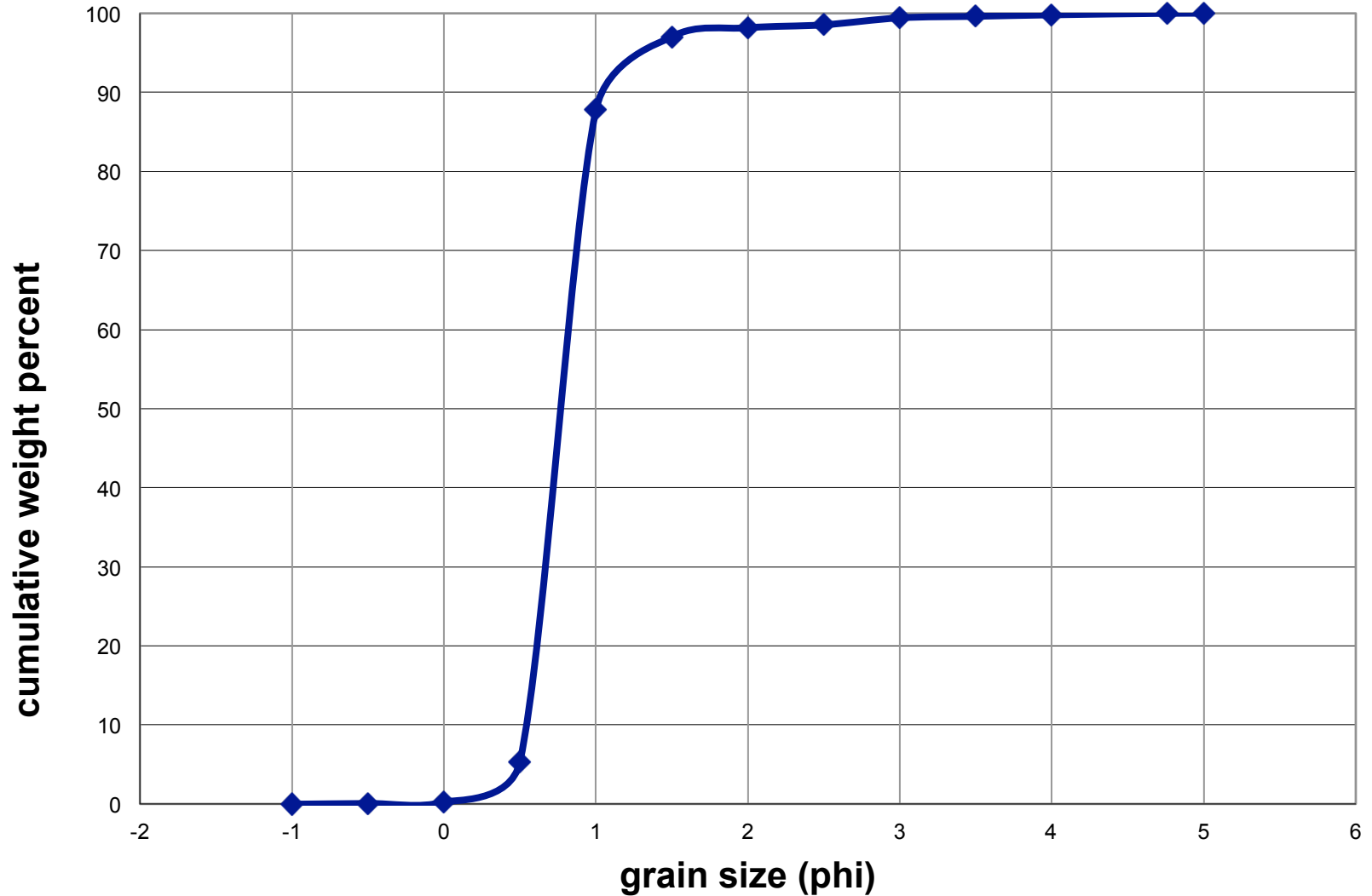
Courbe cumulative

Sample A cumulative weight % curve



Courbe cumulative

Sample B cumulative weight % curve



Coefficients

Echantillon A		
percentile	ϕ	mm
$\phi 5$	-0,5	1,41
$\phi 16$	0,7	0,62
$\phi 25$	1,1	0,47
$\phi 50$	1,6	0,33
$\phi 75$	2,2	0,22
$\phi 84$	2,7	0,15
$\phi 95$	3,4	0,09

	ϕ	mm
Medianne	1,6	0,33
Moyenne	1,67	0,31
So	1,09	
Sk	0,01	
K	1,45	

Echantillon B		
percentile	ϕ	mm
$\phi 5$	0,5	0,71
$\phi 16$	0,6	0,66
$\phi 25$	0,65	0,64
$\phi 50$	0,75	0,59
$\phi 75$	0,9	0,54
$\phi 84$	0,95	0,52
$\phi 95$	1,3	0,41

	ϕ	mm
Medianne	0,75	0,59
Moyenne	0,77	0,59
So	0,21	
Sk	0,26	
K	1,31	

Classement

L'indice de classement S_o :		environnement de dépôt principal
$< 0,35 \phi$	très bien classé B	plage
$0,35 - 0,50\phi$	bien classé	plage
$0,50 - 0,71\phi$	moyenne à bien classé	plage, rivière
$0,71 - 1,00\phi$	moyenne classé	rivière, turbidite
$1,00 - 2,00\phi$	mal classé A	rivière, turbidite, cône alluvial
$2,00 - 4,00\phi$	très mal classé	moraine glaciale, glissement de terrain

