

152837

ANNALES DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE

Quelques analyses granulométriques
de sables d'origine marine et éolienne
de la côte belge

PAR

P. MACAR

Ingénieur-géologue

T. LVIII. Bull. n° 5. — Février 1935



LIÈGE

H. VAILLANT-CARMANNE, S. A., IMP. DE L'ACADÉMIE

4, PLACE SAINT-MICHEL, 4

1935

8368

**Quelques analyses granulométriques de sables
d'origine marine et éolienne de la côte belge**

par P. MACAR,
Ingénieur-géologue.

Résumé. — *Dix analyses granulométriques de sables marins et éoliens de la côte belge permettent de confirmer grosso modo quelques lois bien connues du classement de ces sables : ce classement, en moyenne, est plus parfait pour les sables éoliens que pour les sables marins à partir desquels les premiers sont formés. De plus, les sables éoliens se sont appauvris en grains les plus fins, transportés plus loin par le vent. Enfin, une comparaison des sables marins avec les sables oligocènes de Bonnelles, déjà analysés précédemment, confirme aussi que ces deux dépôts se sont formés, à des distances différentes du rivage, sous l'influence d'agents de sédimentation différents.*

Dans une note précédente ⁽¹⁾, nous avons exposé le but des analyses granulométriques, décrit la méthode que nous utilisons et défini quelques indices caractéristiques qui nous paraissent intéressants à déterminer par ce moyen. Nous avons ensuite

⁽¹⁾ P. MACAR. — Analyses granulométriques de sables tertiaires des environs de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 58, 1934-35, pp. B 22-38.

appliqué la méthode à l'examen de sables oligocènes de Boncelles et de Mons-Crotteux.

Nous nous sommes proposé, depuis lors, d'appliquer ce procédé d'analyse à quelques échantillons de sédiments modernes, dont l'agent édificateur est bien déterminé, pour déceler si possible l'influence de ce dernier sur les caractéristiques des sédiments analysés. Comme il importe d'examiner non seulement le sédiment lui-même, mais encore le dépôt à partir duquel il s'est constitué, nous avons recueilli, en quelques points de la côte belge, des échantillons de sables marins pris sur la plage, ainsi que des échantillons de sables d'origine éolienne manifestement formés aux dépens des sables de la plage. Les sables éoliens ont été choisis soit sur la plage même, en dehors de la zone atteinte par la mer (sauf sans doute en cas de tempêtes exceptionnelles), soit la face regardant l'estran des dunes voisines, là où le sable paraît fraîchement apporté. Enfin, les échantillons ont été recueillis en des endroits où le sable est bien homogène et contient peu de débris de coquilles, et l'on y a prélevé une mince couche (1 à 0,5 cm.), parallèle à la stratification, c'est-à-dire dans le cas présent à la surface même du dépôt.

Voici d'ailleurs les données se rapportant à chaque échantillon en particulier :

N^o 32 : Le Zoute. Sable marin. Recueilli à marée basse, à environ 100 m. au delà de la laisse de haute mer, en face de l'extrémité nord de la digue.

N^o 33 : Le Zoute. Sable éolien. Prélevé dans les dunes, près de la plage et face à la mer, près des dernières maisons du Zoute vers la Hollande.

N^o 34 : Knocke. Sable marin. Prélevé sur la plage à 75 m. environ au delà de la laisse de haute mer, en face de l'avenue Lippens.

N^o 35 : Knocke. Sable éolien. Prélevé sur la plage, tout contre la digue, soit à environ 50 m. en deçà de la laisse de haute mer, en face de l'avenue Lippens.

N^o 36 : Duinbergen. Sable marin. Prélevé sur la plage, à 80 m. environ au delà de la laisse de haute mer, en face de l'avenue Elisabeth.

N^o 37 : Duinbergen. Sable éolien. Prélevé sur la Grande Dune, près de la plage et à l'extrémité nord de Duinbergen, face à la mer et vers le sommet de la dune.

Analyses granulométriques de quelques sables de la côte belge.

Echantillon n°	Provenance	Origine	Diamètres limites des divisions, en mm.												Diamètre moyen Øm (en mm.)	Ecart moyen E (ou indice de classement)	Indice d'asymétrie A		
			1,651	1,168	0,833	0,589	0,417	0,295	0,208	0,147	0,104	0,074							
			Tamis correspondants (mailles par pouce) :																
			10	14	20	28	35	48	65	100	150	200							
Pourcentage en poids des grains de chaque division																			
32	Le Zoute	marine	0,7	0,4	0,7	0,9	4,2	16,7	39,0	34,6	2,8	tr.	—	0,238	1,38	-1,0			
33	Le Zoute	éolienne	—	—	tr	tr	tr	4,0	60,3	34,2	1,2	0,1	tr	0,221	1,22	+0,6			
34	Knocke	marine	tr	0,1	0,1	0,1	0,3	2,3	37,1	57,1	2,8	tr	—	0,202	1,23	-0,7			
35	Knocke	éolienne	tr	tr	0,1	0,3	1,7	13,0	48,1	35,3	1,5	tr	tr	0,232	1,31	-0,9			
36	Duinbergen	marine	0,8	0,6	0,8	0,8	2,0	8,9	35,9	47,0	3,1	tr.	—	0,216	1,37	-1,0			
37	Duinbergen	éolienne	—	—	tr.	tr.	0,2	5,3	48,9	43,7	1,8	tr.	—	0,214	1,24	-0,6			
38	Ostende	marine	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5	3,0	15,0	74,9	6,0	—	—	0,186	1,23	-1,1			
39	Ostende	marine	2,4	1,7	2,7	2,7	2,4	5,7	24,0	53,7	4,5	tr.	—	0,202	1,31	-1,1			
40	Ostende	éolienne	—	tr.	tr.	tr.	0,1	1,7	36,0	60,6	1,6	—	—	0,199	1,21	-0,6			
41	Ostende	éolienne	—	—	tr.	0,1	0,2	0,1	43,2	54,0	1,3	0,1	0,1	0,204	1,20	-0,6			
													Moyennes :	{ Sables marins Sables éoliens	0,209 0,214	1,30 1,24	-1,0 -0,4		

N° 38* : Ostende. Sable marin. Prélevé sur la plage, à 100 m. environ au delà de la laisse de haute mer, en face du chalet royal.

N° 39* : Ostende. Sable marin. Prélevé sur la plage à marée tout à fait basse, à 200 m. environ au delà de la laisse de haute mer, en face du chalet royal.

N° 40* : Ostende. Sable éolien. Prélevé sur la plage, contre la digue, soit à 50 m. environ en deçà de la laisse de haute mer, en face du chalet royal.

N° 41* : Ostende. Sable éolien, soufflé par le vent sur la plage, en deçà de la laisse de haute mer et à peu près en face du chalet royal.

On voit par ces données que les échantillons d'origine éolienne sont prélevés en général à moins de 100 m. de la laisse de haute mer, limite des sables marins dont ils proviennent. La distance qu'ils ont parcourue sous l'action du vent ne dépasse donc pas quelques centaines de mètres, même si la direction de celui-ci est assez oblique par rapport à la côte. On pouvait craindre, dans ces conditions, que le vent n'ait pas eu le temps d'exercer suffisamment son action pour modifier de façon tangible les caractéristiques des sédiments originels. Le tableau des résultats d'analyses ci-dessus montre néanmoins une différence sensible entre les deux genres de sédiments, pourvu que l'on considère non pas chaque échantillon individuellement, mais les valeurs moyennes de quelques échantillons.

Ce tableau donne les résultats d'analyse des échantillons bruts, c'est-à-dire y compris les fragments de coquilles qui s'y trouvent incorporés. Ceux-ci se retrouvent en grande partie sur les tamis supérieurs (de 10 à 35 mailles) et les refus des tamis de 10 à 20 mailles en sont presque entièrement constitués. Pour le calcul des caractéristiques des échantillons, il faut évidemment faire abstraction de ces débris organogènes, auxquels leur forme aplatie donne un classement différent de celui des grains roulés de sable. Leur influence perturbatrice est pratiquement réduite à rien si l'on adopte pour les calculs l'histogramme modifié tel que nous l'avons défini précédemment (1). Pour le vérifier, nous

(*) Les échantillons 38 à 41 nous ont été très obligeamment fournis par M. LEGRAYE.

(1) *Loc. cit.*, pp. 27-28.

avons refait l'analyse de deux échantillons (n^{os} 32 et 39) contenant un pourcentage notable (respectivement 6,4 et 17 %) de débris organogènes calcaireux, après traitement à l'acide chlorhydrique : les nouvelles caractéristiques obtenues diffèrent à peine des anciennes.

Le tableau des analyses donne trois caractéristiques pour chaque échantillon. Nous avons défini précédemment le diamètre moyen \bar{m} et l'écart moyen E , qu'il serait peut-être plus explicite d'appeler indice de classement puisqu'il caractérise le degré de perfection du classement de l'échantillon. Rappelons que E s'obtient à l'aide des formules

$$R = \sqrt{\frac{\sum fd^2}{100}} \quad \text{et} \quad R = \log \sqrt[2]{E}.$$

où f exprime le pourcentage des différentes catégories de grains de l'échantillon considéré, et d la distance du centre de gravité au milieu de chaque division correspondante de l'histogramme.

La troisième caractéristique, l'indice d'asymétrie A (« skewness » en anglais) est, comme les précédentes, empruntée à Wentworth (1). Elle indique le manque de symétrie de l'histogramme et s'obtient par la formule :

$$A = \frac{\sqrt[3]{\frac{\sum fd^3}{100}}}{R}$$

où R , f et d sont les mêmes que dans la formule de l'écart moyen, d étant pris positivement à droite et négativement à gauche du centre de gravité. L'indice d'asymétrie est positif ou négatif selon que la branche de gauche de la courbe en forme de cloche, dont l'histogramme n'est qu'une représentation approchée, a une pente moyenne plus forte que la branche de droite ou inversement, ou encore, plus simplement, selon que l'ordonnée maximum de cette courbe se trouve à gauche ou à droite du centre de gravité. Un indice d'asymétrie positif indique un classement

(1) C. K. WENTWORTH. — Method of computing mechanical composition types in sediments. *Bull. Geol. Soc. of Amer.*, v. 40, 1929, pp. 771-790.

moins sélectif pour les grains de diamètre inférieur à la moyenne que pour les grains de diamètre supérieur, et inversement. On conçoit que cet indice peut rendre des services pour la discrimination de sédiments d'origine différente.

Malheureusement, si la formule choisie pour exprimer l'asymétrie est la plus simple et, d'après Wentworth, la moins susceptible d'être affectée par des allures irrégulières de l'histogramme, elle présente l'inconvénient de varier rapidement pour de légères différences dans la teneur des catégories de grains éloignées du diamètre moyen. En effet, ces teneurs sont multipliées dans la formule par le cube de la distance, ce qui amplifie fortement leur influence sur la valeur de A. L'histogramme modifié que nous employons atténue grandement cet inconvénient, mais l'indice d'asymétrie reste néanmoins peu précis, surtout pour les valeurs proches de zéro (entre + 0,5 et - 0,5, par exemple). Nous l'adoptons faute de mieux ⁽¹⁾, parce qu'il nous paraît néanmoins intéressant, mais nous ne le déterminons qu'au dixième d'unité près, une précision plus grande nous semblant sans signification réelle.

L'examen du tableau des caractéristiques montre qu'il n'est pas possible de classer tous les échantillons de sables éoliens et de sables marins en deux catégories nettement distinctes : il y a chevauchement des caractéristiques. Ceci est dû sans doute à l'influence perturbatrice des conditions locales, et peut-être aussi en partie au peu de temps pendant lequel l'action du vent a pu s'exercer sur les sables éoliens. Cependant, ce chevauchement est assez réduit pour l'indice de classement E, et plus réduit encore pour l'indice d'asymétrie A, de sorte que les moyennes de ces indices diffèrent notablement pour les sables marins et les sables éoliens. Comme on pouvait s'y attendre, les sables éoliens (E moyen = 1,24) sont mieux classés que les sables marins (E moyen = 1,30). Le diamètre moyen varie relativement peu et est, en moyenne, légèrement supérieur pour les sables éoliens ($\phi_m = 0,214$ mm.) que pour les sables marins ($\phi_m = 0,209$ mm.). Vu le petit nombre d'échantillons examinés, cette

⁽¹⁾ Il est employé par WENTWORTH (*loc. cit.*) et VAN ORSTRAND (*Ann. Rept. Committee on Sedimentation for 1924*, National Research Council, 1925) et mentionné par TWENHOFEL dans son « *Treatise on Sedimentation* » (1932). Nous n'avons jusqu'à présent rien trouvé qui puisse le remplacer avantageusement.

différence est trop faible pour qu'on puisse en tirer une conclusion. Il faut noter cependant que le refus au tamis de 150 mailles est inférieur à 2% pour les 5 sables éoliens (moyenne 1,5%) et supérieur à 2,5% pour les 5 sables marins (moyenne 3,8%) : il semble donc bien que les sables éoliens présentent un certain appauvrissement en grains les plus fins, ces grains étant probablement transportés plus loin par le vent.

L'indice d'asymétrie est négatif pour tous les échantillons, sauf un : le classement des grains plus fins que la moyenne est donc meilleur que celui des grains plus gros. L'indice est nettement plus élevé en valeur absolue pour les échantillons marins (moyenne — 1,0) que pour les échantillons d'origine éolienne (moyenne — 0,4). Il semble donc qu'un indice négatif élevé soit une caractéristique des sables de la plage et que le vent ait pour effet de réduire cette asymétrie. Or, les 22 échantillons de sables de Bonnelles ont tous, sauf un, un indice d'asymétrie ⁽¹⁾ positif (moyenne : + 0,5), tandis que les indices ⁽²⁾ des sables de Mons-Crotteux (9 échantillons) varient du positif au négatif (moyenne : — 0,05). Il apparaît donc que l'indice d'asymétrie peut servir utilement à distinguer certains sables.

La différence nette entre les indices des sables marins de la côte et ceux des sables, marins également, de Bonnelles et de Mons-Crotteux, peut-elle s'expliquer facilement ? Le classement des sables de plage s'effectue en ordre principal par les mouvements alternatifs auxquels les soumet l'action des vagues. Quand on s'éloigne de la côte, l'action des vagues diminue rapidement, et est remplacée par l'action soit de courants alternatifs de période beaucoup plus grande, tels les courants de marée, soit de courants de direction sensiblement constante, comparables aux grands courants marins. Le classement des grains s'effectue alors par un processus plutôt semblable à celui des rivières,

(1) Nous n'avons pas renseigné cet indice dans notre première note, parce qu'il ne nous paraissait pas donner d'indications utiles. Voici sa valeur pour chaque échantillon : n° 1 : + 0,6 ; n° 2 : + 0,2 ; n° 3 : — 0,5 ; n° 4 : + 0,6 ; n° 5 : + 0,3 ; n° 6 : + 0,9 ; n° 7 : + 0,6 ; n° 8 : + 0,8 ; n° 9 : + 0,6 ; n° 10 : + 0,7 ; n° 11 : + 0,7 ; n° 12 : + 0,9 ; n° 13 : + 0,9 ; n° 14 : + 0,5 ; n° 15 : + 0,8 ; n° 16 : + 0,8 ; n° 17 : + 0,9 ; n° 18 : + 1,1 ; n° 19 : + 1,1 ; n° 20 : + 0,7 ; n° 21 : + 0,2 ; n° 22 : + 0,7.

(2) Voici les valeurs de l'indice d'asymétrie pour les sables de Mons-Crotteux : n° 23 : + 0,9 ; n° 24 : — 0,4 ; n° 25 : + 0,6 ; n° 26 : — 0,5 ; n° 27 : — 0,6 ; n° 28 : + 0,7 ; n° 29 : — 0,9 ; n° 30 : — 0,8 ; n° 31 : + 0,5.

c'est-à-dire sous l'action de la partie inférieure d'un courant de direction constante qui déplace les grains sur le fond. Enfin, plus loin du rivage encore, les éléments fins tenus en suspension dans l'eau se déposent graduellement par suite de la diminution progressive de l'agitation de celle-ci. Udden, qui a donné respectivement à ces trois processus les noms de « washing », « drifting » et « silting », donne des compositions moyennes de sédiments formés par chacun d'eux ⁽¹⁾. En calculant les indices d'asymétrie pour ces échantillons types, on obtient un indice négatif (— 0,6) pour les dépôts soumis au « washing » et un indice positif pour les deux autres types de dépôts, l'indice des dépôts dus au « drifting » (+ 0,6) étant plus élevé que celui des dépôts dus au « silting » (+ 0,4). Ces résultats expliquent l'indice d'asymétrie négatif des sables marins de la côte, ainsi que l'indice positif des sables de Boncelles. En effet, on admettra aisément que ces derniers se sont déposés à quelque distance du rivage, étant donné la présence au milieu d'eux d'un niveau d'argile glauconifère. Quant aux dépôts de Mons-Crotteux, leur indice d'asymétrie est trop variable en grandeur et en signe pour qu'on puisse actuellement en tirer des conclusions.

Une dernière remarque : le diamètre moyen de tous les sables analysés de la côte est nettement supérieur à celui de tous les sables de Boncelles et de Mons-Crotteux. La différence dans la grosseur de grain se marque d'ailleurs à l'œil nu. Cependant, dans la classification ordinairement adoptée pour les sédiments meubles ⁽²⁾, presque tous ces sables seraient uniformément rangés sous la dénomination de sables fins, leur diamètre moyen étant compris en général entre 1/4 et 1/8 de mm. On voit ici l'utilité d'un moyen de discrimination plus précis, tel que par exemple la détermination du diamètre moyen.

* * *

En résumé, s'il n'est évidemment pas possible de distinguer

⁽¹⁾ J. A. UDDEN. — Mechanical Composition of clastic Sediments. *Bull. Geol. Soc. of Amer.*, v. 25, 1914, pp. 655-743.

Ces compositions moyennes sont obtenues en faisant la moyenne des teneurs maxima, puis des teneurs des divisions qui se correspondent par rapport au maximum. On élimine ainsi, autant que possible, l'influence de la grosseur des grains. Chaque composition type est la moyenne de plus de 50 analyses.

⁽²⁾ Voir à ce sujet C. K. WENTWORTH, A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journ. of Geol.*, v. 30, 1922, pp. 377-392.

par l'analyse granulométrique un échantillon quelconque de sable marin d'un échantillon quelconque de sable éolien de la côte belge, on note cependant une nette différence dans les valeurs moyennes de l'indice de classement (écart moyen) et de l'indice d'asymétrie des sables analysés de chaque catégorie, et ce, pour des sables éoliens ayant été relativement peu soumis à l'action du vent. Comme on peut s'y attendre, les sables éoliens sont mieux classés que les sables marins. De plus, on y observe un certain appauvrissement en grains les plus fins (refus au tamis de 150 mailles). Enfin, l'indice moyen d'asymétrie, égal à $-1,0$ pour les sables marins, ne vaut plus que $-0,4$ pour les sables éoliens, qui présentent donc en général un histogramme plus régulier.

Nos analyses ne portent que sur 5 échantillons de sables marins et 5 échantillons de sables d'origine éolienne, recueillis en quelques points seulement de la partie nord de la côte belge. Nos conclusions ne sont donc valables en principe que pour cette partie de la côte, et pourraient être plus ou moins modifiées par des analyses complémentaires. Il est cependant improbable, vu la différence nette entre les caractéristiques moyennes (E et A) des deux espèces de sables analysés, que des analyses supplémentaires puissent changer le sens des différences observées. Comme nos résultats s'expliquent aisément et qu'on pouvait normalement s'attendre à les obtenir, il ne nous a pas paru nécessaire de multiplier les analyses. Le but principal de cette note est de montrer que les caractéristiques que nous utilisons peuvent donner des résultats dans l'étude de l'origine et du mode de formation des sédiments élastiques.

La comparaison entre les sables marins analysés et ceux de Bonnelles vient à l'appui de cette conclusion. En effet, les signes contraires des indices d'asymétrie de ces sables paraissent bien correspondre au fait qu'ils se sont formés à des distances différentes du rivage, et, selon toute probabilité, sous l'influence d'agents de sédimentation différents.

(Laboratoire de Géologie de l'Université de Liège).



