Anthropologie et Préhistoire, 100, 1989, 173–183

Calcul de la capacité de vases rubanés : intégration et extrapolation

Paul-Louis VAN BERG

Depuis plusieurs années, Monsieur André Leguebe m'a aidé et encouragé à maintes reprises dans mes recherches archéométriques. Ce m'est donc une joie de lui offrir ce petit travail. Bien qu'il s'agisse d'une discipline un peu éloignée de la sienne, j'espère qu'il trouvera quelque plaisir à sa lecture.

1. Introduction

Les recherches sur la capacité des vases rubanés sont pratiquement inexistantes, du fait de la fragmentation du matériel archéologique et du caractère récent de l'intérêt des néolithiciens européens pour la fonction des assemblages céramiques.

Pourtant, les publications relatives au Rubané récent du Nord-Ouest permettent qu'on en extraie une petite collection de profils complets. Dès lors, la capacité des vases concernés peut être approchée par l'une ou l'autre des méthodes classiques d'intégration et, à partir de là, on peut extrapoler avec une certaine approximation statistique la capacité de vases incomplets.

Nous proposons ici une méthode d'extrapolation. Celle-ci devrait permettre la détermination éventuelle de classes volumétriques, la comparaison des capacités moyennes de vases appartenant à des classes typologiques ou stylistiques différentes, et enfin de tester l'existence d'unités de mesure des capacités au Néolithique ancien.

2. Relativite des donnees

Un profil complet, dessiné sur pièce, peut avoir été réalisé de trois manières :

- a - d'après un vase retrouvé entier en fouille;
- b - d'après un vase brisé, mais remonté sur toute sa hauteur;
- c - en raccordant graphiquement les profils de deux ou plusieurs parties non jointives.

Dans les deux derniers cas, des différences peuvent distinguer les profils reconstitués en laboratoire du profil originel du vase. Pour apprécier dans quelle mesure ces écarts peuvent influer sur le volume calculé, nous avons procédé à une expérience unique et donc dénuée de valeur statistique, mais qui donne une idée des ordres de grandeur auxquels nous pouvons penser.

Un vase expérimental a été fabriqué par Monsieur Jean Vogrig de Marcinelle. La capacité de ce vase a été approchée physiquement en pesant son contenu en eau lorsqu'il était rempli à ras bord. Il fut ensuite scié en deux selon un de ses méridiens. L'une des moitiés a servi à relever un profil parfait en suivant au crayon le contour de la pièce (fig. 1A). L'autre moitié a été brisée et les tessons ont été répartis en deux lots. Le premier a été remonté un peu maladroitement sur toute la hauteur du profil. Pour le second, le remontage a été poursuivi jusqu'à ce que le profil puisse être reconstitué graphiquement par l'assemblage de deux parties distinctes (fig. 1 B-C). Le tableau 1 donne les mesures prises sur chacun des profils. On voit, d'une colonne à l'autre, des variations d'environ 1mm sur l'épaisseur du vase.

Les volumes correspondant aux profils A, B et C ont été calculés ensuite par les différentes méthodes d'intégration décrites ci-dessous (tableau 2).

3. Integration

Déterminer le volume ou la capacité d'un vase dont on ne possède qu'une coupe transversale revient à calculer un volume de révolution à partir de la surface comprise entre la courbe du profil et l'axe de révolution. Plusieurs méthodes permettent d'approcher le volume recherché; nous n'en reprenons ici que deux.

3.1. Méthode des rectangles

- a - La surface est divisée en n bandes horizontales de même largeur. Chaque partie est approchée par un rectangle dont la longueur (R) est déterminée par l'abscisse du point de la courbe situé sur l'axe de symétrie de la bande.

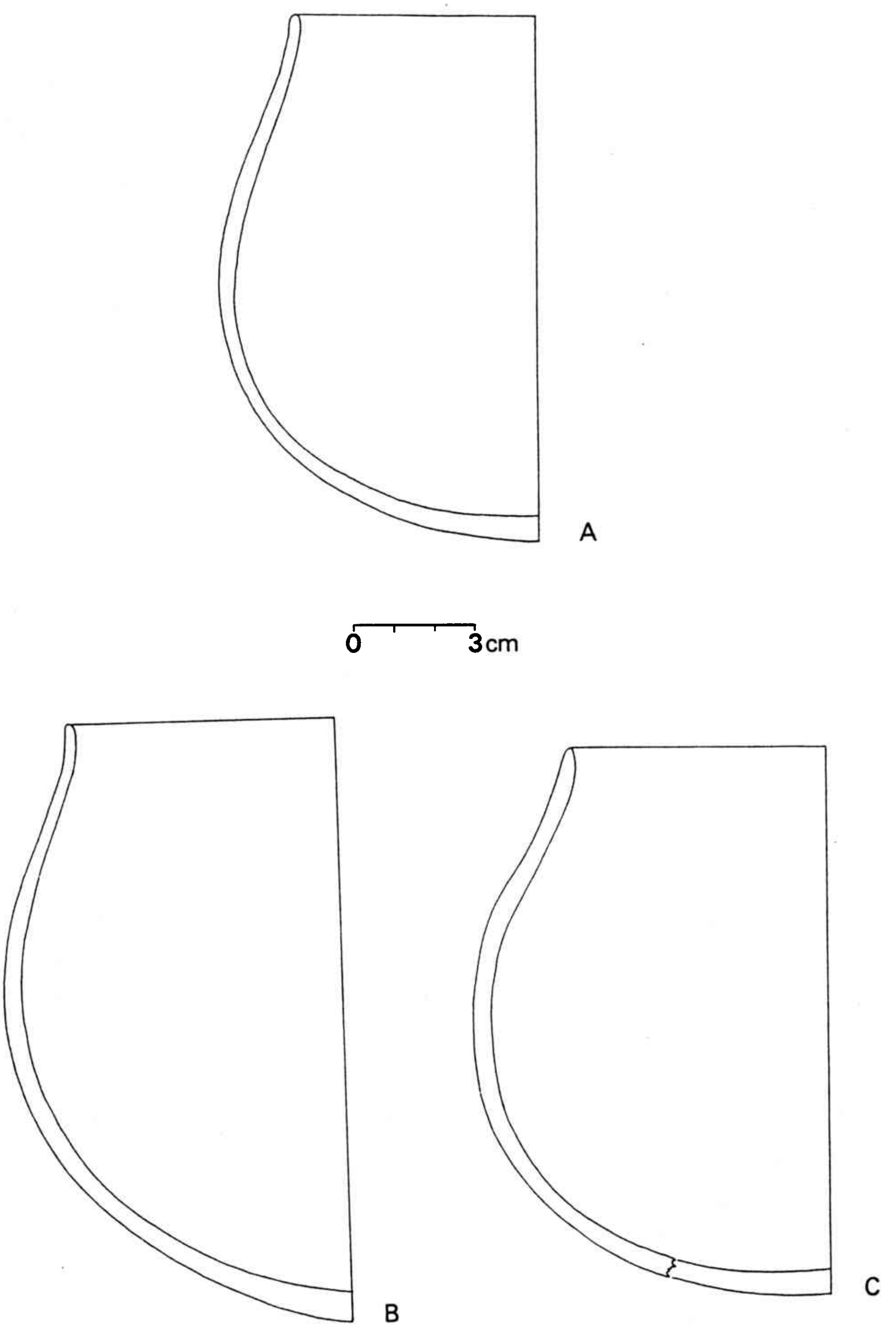

Fig. 1 : Profils A, B et C du vase expérimental.

Profil / Paramètre	A Extérieur	A Intérieur	B Extérieur	B Intérieur	C Extérieur	C Intérieur
Diamètre de l'ouverture	11.9		13.2		12.6	
Diamètre maximum	15.7	14.9	16.8	15.9	17.4	16.6
Hauteur	12.8	12.2	14.8	14.1	13.5	12.9
Contenance	1628 g d'eau					

Tabl. 1 : Mesures du vase expérimental (en cm). A : profil parfait; B : profil entièrement remonté; C : profil reconstitué graphiquement.

Lorsque le rectangle tourne autour de l'axe de révolution, il engendre un cylindre. Le volume du vase vaut approximativement la somme des n cylindres (fig. 2a).

$$\text{V. cyl.} = \pi R^2 H$$

$$\text{V. vase} = \pi \frac{H}{n}(R_1^2 + R_2^2 + \cdots + R_{n-1}^2 + R_n^2) = \pi \frac{H}{n} \sum_{i=1}^{n} R_i^2$$

b - Pour des raisons de rapidité, il peut être plus commode d'approcher la longueur de chaque bande par la moyenne arithmétique des longueurs de ses bords (fig. 2b) :

$$\frac{R_{i-1} + R_i}{2}$$

La formule devient :

$$\pi \frac{H}{4n}(R_0^2 + R_n^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1} R_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n} R_{i-1}.R_i)$$

3.2. Méthode des trapèzes (ou des troncs de cône)

On procède comme précédemment, mais l'arc de courbe que chaque bande détermine sur le profil est remplacé par une droite. Chaque bande est ainsi approchée par un trapèze qui, lors de la révolution, engendre un tronc de cône. Le volume du vase vaut approximativement la somme des n troncs de cône (fig. 2c).

$$\text{V. tronc de cône} = \tfrac{1}{3}\pi H(R^2 + r^2 + Rr)$$

$$\text{V. vase} = \pi \tfrac{H}{3n}(R_0^2 + R_n^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1} R_i^2 + \sum_{i=1}^{n} R^{i-1} R_i)$$

3.3. Capacité du vase expérimental

L'expérience montre qu'une division en 10 bandes permet de calculer avec une précision suffisante le volume ou la capacité des vases rubanés de céramique fine, dont la hauteur n'excède généralement pas 20cm et dont le diamètre maximum ne dépasse guère 25cm.

Le tableau 2 donne les capacités calculées pour les trois profils du vase expérimental à l'aide des trois méthodes d'intégration.

On voit que :

- quelle que soit la méthode utilisée, la différence entre les résultats extrêmes n'excède pas 2 % du plus petit : 1,35 % en A; 1,96 % en B; 0,6 % en C;
- le classement par ordre de grandeur des résultats obtenus par les différentes méthodes varie d'une colonne à l'autre, sans relation avec l'erreur intrinsèque liée à chaque méthode;
- par contre, la qualité du remontage et du dessin apparaissent comme des facteurs essentiels. Quelques maladresses assez communes ont suffi pour que le profil B donne des résultats de 25 % plus élevés que le profil A; quant aux volumes calculés à partir du profil C, ils sont de plus de 30 % supérieurs à ceux qui ont été obtenus pour le profil parfait.

Méthode	A	B	C
Rectangles (a)	1 650	2 071	2 142
Rectangles (b)	1 632	2 036	2 149
Trapèzes	1 635	2 067	2 155

Tabl. 2 : Capacité du vase expérimental, profils A, B et C (en cm^3).

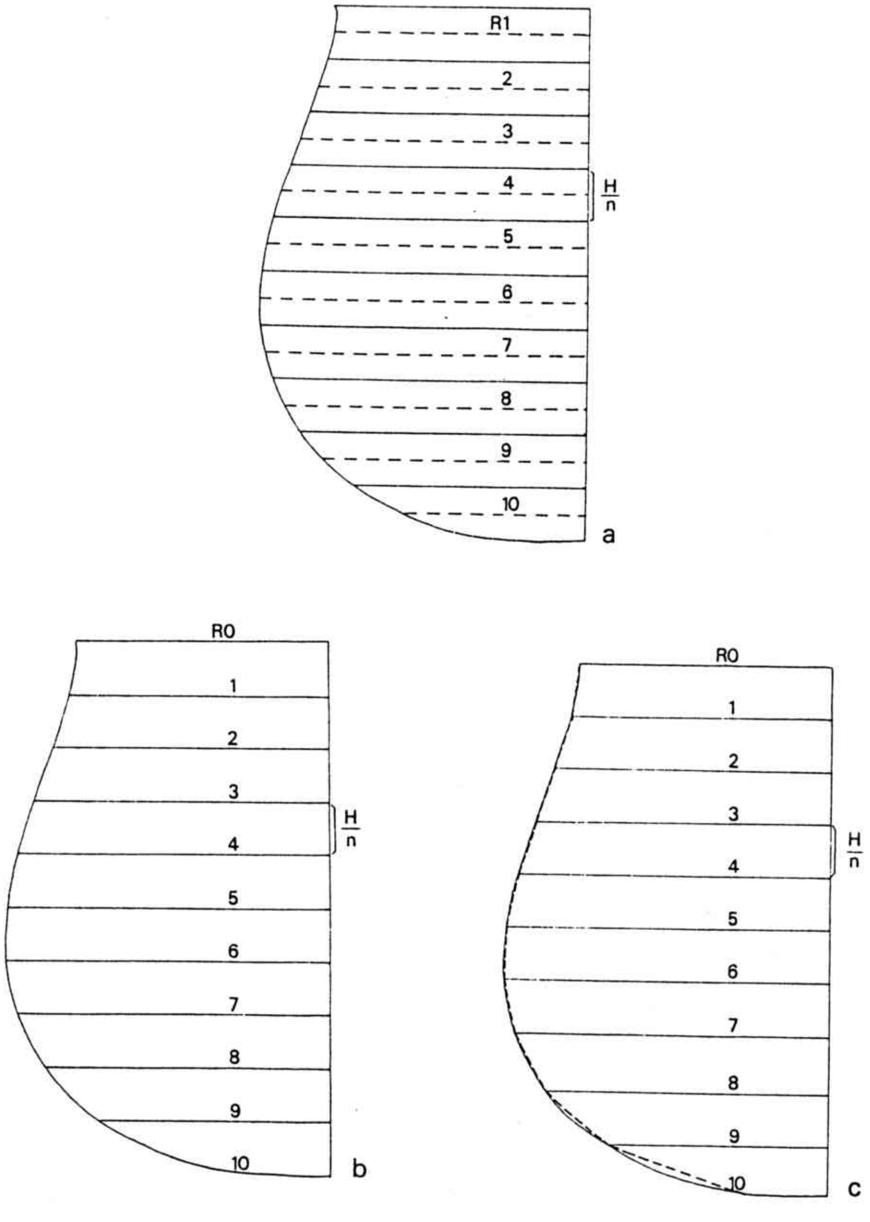

Fig. 2 : a: méthode des rectangles(a) ; b : méthode des rectangles(b) ; c : méthode des trapèzes.

	Extrêmes	95 %	Moyennes	+ 2σ (95 %)	Extrêmes
H/dO	0.768	0.718	1.020	1.322	1.575
H/dM	0.655	0.643	0.766	0.899	0.924
dO/dM	0.500	0.568	0.762	0.938	0.935

Tabl. 3 : Rapports moyens entre les trois dimensions des piriformes de la collection de référence.

4. EXTRAPOLATION

4.1. Méthode

L'approximation du volume ou de la capacité d'un vase par intégration donne des résultats précis, mais requiert l'existence d'un profil complet et un temps de mensuration non négligeable. Il peut donc être commode d'approcher le volume à partir d'une ou de plusieurs des dimensions retenues habituellement : diamètre de l'ouverture (dO), diamètre maximum (dM) et hauteur (H). Cette extrapolation est possible si l'on dispose d'une série suffisante de profils complets dont les volumes sont calculables par l'une des méthodes précédentes. Une régression multiple permet alors de déterminer les corrélations entre ceux-ci et les trois paramètres caractéristiques. De ces corrélations on tire les équations prédictives du volume approché. Ce type d'approximation est le seul accessible lorsque le profil est incomplet.

4.2. La collection de référence

Une collection de 48 profils complets de vases piriformes appartenant au Rubané récent du Nord-Ouest a été rassemblée à partir de divers travaux belges, néerlandais et allemands.

Ce type de vase, le plus fréquent dans la céramique rubanée récente fine, est muni d'une panse sphéroïdale aplatie, surmontée d'un bord qui se redresse pour rejoindre la verticale. Le diamètre maximum de la panse, situé à peu près à mi-hauteur de celle-ci, est toujours plus grand que le diamètre de l'ouverture, tandis que ce dernier est à peu près égal à la hauteur. Le tableau 3 donne les rapports moyens entre ces trois dimensions dans la collection de référence.

4.3. Corrélations et équations

Le calcul des corrélations (tableau 4) et des équations prédictives du volume a été réalisé au moyen d'un programme de régression multiple SPSS, avec l'aide du Professeur Philippe Smets, directeur du Laboratoire de Statistiques médicales de l'Université Libre de Bruxelles.

a) Corrélations

La meilleure corrélation relie le logarithme du volume calculé par intégration (méthode des rectangles, b) et le logarithme du diamètre maximum (0,984); la suivante relie le logarithme du volume et celui de la hauteur (0,966). Les autres sont nettement plus faibles. Si on ne prend qu'un seul des trois paramètres, l'approximation du volume à partir du diamètre maximum sera donc la plus précise (fig. 3).

	log vol.	log dO	log dM	log H
log vol.	—	0.914	0.984	0.966
log dO		—	0.894	0.841
log dM			—	0.929

Tabl. 4 : Corrélations entre les trois dimensions des piriformes de la collection de référence.

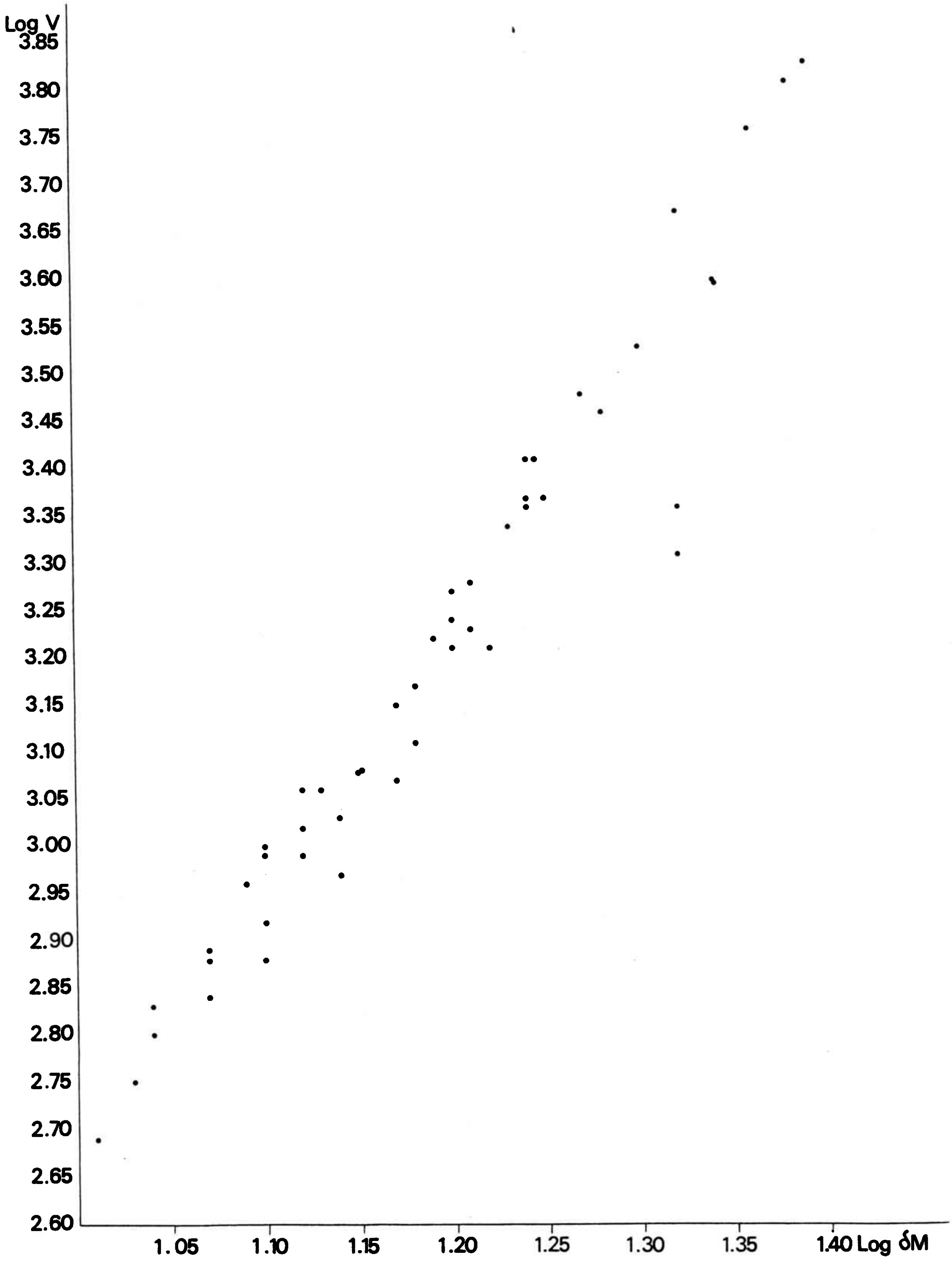

Fig. 3 : Le passage aux logarithmes montre que le volume est une fonction linéaire du diamètre maximum.

b) Equations

Les trois paramètres caractéristiques (*dO, dM, H*) permettent huit combinaisons différentes :

1.	-	-	-
2.	-	-	H
3.	-	dM	-
4.	-	dM	H
5.	dO	-	-
6.	dO	-	H
7.	dO	dM	-
8.	dO	dM	H

Si l'on excepte le premier cas où aucune des dimensions n'est connue, on peut donc en théorie déterminer 7 équations prédictives du volume. En pratique, seuls les arrangements 3, 5, 7 et 8 sont utiles. Les cas de figure 2, 4 et 6 ne sont en effet utilisables que si le profil est complet, et on se servira alors de l'équation n°8 qui donnera un résultat plus précis. Les équations suivantes ont été établies pour la collection de référence :

1. ***dM***

$\log V = (\log dM \times 2,91631) - 0,27027.$

Le volume prédit $= 10^{\log V}$.

2. ***dO***

$\log V = (\log dO \times 2,26316) + 0,78200.$

3. ***dO, dM***

$\log V = (\log dO \times 0,36534 + \log dM \times 2,52762) - 0,19816.$

4. ***dO, dM, H***

$\log V = (\log dO \times 0,32298 + \log dM \times 1,66707 + \log H \times 1,04211) - 0,24690.$

Les données et les résultats sont rassemblés au tableau 5. Les prédictions les plus précises sont fournies par l'équation 4 (*dO, dM, H*), avec une moyenne des écarts en valeur absolue de 2,51 % par rapport au volume calculé par intégration. Les équations 3 (*dO, dM*) et 1 (*dM*) donnent respectivement des moyennes de 7,18 % et de 7,92 %, tandis que l'équation 2 fait apparaître une moyenne des écarts de 21 %. Ce résultat assez mauvais est dû à la faible corrélation du volume et du diamètre de l'ouverture. En d'autres termes, les vases 20, 35, 37, 40, 52 et 66, pour lesquels la prédiction aboutit aux écarts positifs les plus importants, ont un rapport dO/dM très élevé (respectivement 0,933; 0,932; 0,932; 0,811; 0,935; 0,847), et un rapport H/dO assez bas (respectivement 0,768; 0,768; 0,780; 0,833; 0,793; 0,836). Il s'agit donc de piriformes bas et très ouverts; leur diamètre à l'ouverture entraîne une surestimation de leur capacité. L'inverse se produit dans le cas du vase n°62, très étroit à l'ouverture (dO/dM = 0,5), mais de hauteur "normale" par rapport au diamètre maximum (H/dM = 0,788), ce qui entraîne une sous-estimation de sa capacité.

L'utilisation du diamètre de l'ouverture pour calculer la capacité d'un vase est donc délicate si on ne possède pas au moins un fragment de la partie supérieure de la panse susceptible de donner une indication sur l'orientation du profil.

Remarque

Des 48 vases, 20 proviennent d'Elsloo en Limbourg néerlandais et 15 autres d'Aubechies, en Hainaut belge. Les provenances des vases restants sont plus dispersées. Le rapport de Fischer calculé pour les deux sources principales sur la variance des résidus, avec respectivement 20 et 15 degrés de liberté, est égal à 2,37. Il est donc juste significatif au seuil des 5 %. On constate en effet que la formule à trois prédicteurs donne une légère surestimation pour la série provenant d'Elsloo, et une légère sous-estimation pour celle d'Aubechies. Il serait intéressant de pouvoir étudier séparément chaque site, mais la taille des échantillons est trop faible pour réaliser une étude inter-sites valable.

4.4. Intervalle de confiance

La manière de calculer l'erreur standard sur le volume prédit varie avec le nombre de prédicteurs utilisés.

Soit : x = log. hauteur $\bar{x} = 1,074$
y = log. diamètre de l'ouverture $\bar{y} = 1,070$
z = log. diamètre maximum $\bar{z} = 1,191$
v = log. volume
$s^2_{y.x}$ = carré moyen résiduel.

Equation 1 (*dM*)

$$s^2_{y.x} = 0,00186$$

$$s = \sqrt{s^2_{y.x}(1 + \frac{1}{n}) + (z - \bar{z})^2 \times 0,00404}$$

$$v_1 = v + 1,96s$$

$$v_2 = v - 1,96s$$

Intervalle de confiance à 95% : $10^{v_2} <$ volume $< 10^{v_1}$

Equation 2 (*dO*)

$$s^2_{y.x} = 0,01435$$

$$s = \sqrt{s^2_{y.x}(1 + \frac{1}{n}) + (y - \bar{y})^2 \times 0,02199}$$

N°	dO	dM	H	V intégré	Eq.1 (dM)	Δ%	Eq.2 (dO)	Δ%	Eq.3 (dO,dM)	Δ%	Eq.4 (dO,dM,H)	Δ%
1	12.8	16.4	13.2	1930	1873	− 2.95	1939	+0.47	1892	+1.97	2012	+4.25
2	15.6	17.6	14.4	2930	1301	−11.81	3035	+16.33	2431	−6.82	2642	+1.27
3	8.8	10.8	9.0	572	554	−3.15	830	+45.10	574	+0.35	596	+4.19
5	14.4	19.2	14.4	2936	2966	+1.02	2532	−13.76	2942	+0.20	2976	+1.36
6	14.0	16.0	13.2	1893	1743	−7.92	2376	+25.51	1837	−2.96	1987	+4.97
8	13.2	16.0	12.2	1760	1743	−0.97	2079	+18.13	1797	+2.10	1796	+2.05
9	20.0	23.2	18.6	5809	5151	−11.33	5326	−8.31	5352	−7.87	5924	+1.98
10	16.8	22.0	14.4	4010	4412	+10.02	3589	−10.50	4391	+9.50	3925	−2.12
11	11.2	16.8	11.4	1656	2009	+21.32	1433	−13.47	1915	+15.64	1722	+3.99
12	8.8	14.0	9.6	952	1180	+23.95	830	−12.82	1106	+16.18	983	+3.26
13	9.6	14.0	10.6	1089	1180	+8.36	1011	−7.16	1142	+4.87	1120	+2.85
14	10.0	13.2	10.6	984	994	+1.02	1109	+12.70	998	+1.42	968	−1.63
15	9.6	13.2	12.2	1153	994	−13.79	1011	−12.32	984	−14.66	1176	+1.99
16	6.8	10.4	8.4	500	496	−0.80	463	−7.40	474	−5.20	479	−4.20
17	10.4	15.2	10.2	1289	1500	+16.37	1212	−5.97	1447	+12.26	1267	−1.71
18	8.8	12.8	9.2	772	909	+17.75	830	+7.51	882	+14.25	810	+4.92
19	9.2	12.8	9.4	839	909	+8.34	918	+9.42	896	+6.79	840	+0.12
20	11.2	12.0	8.6	760	753	−0.92	1433	+88.55	818	+7.63	732	−3.68
21	8.4	11.2	9.2	631	615	−2.54	747	+18.38	618	−2.06	638	+1.11
22	9.2	14.4	11.6	1228	1281	+4.32	918	−25.24	1207	−1.71	1272	+3.58
25	10.0	13.2	10.8	1057	994	−5.96	1109	−4.92	998	−5.58	1049	−0.76
27	16.0	21.2	18.0	4689	3960	−15.54	3214	−31.46	3928	−16.23	4584	−2.24
29	12.0	15.6	12.0	1670	1619	−3.05	1676	+0.36	1628	−2.51	1641	−1.74
30	16.8	22.0	14.8	4014	4412	+9.92	3589	−10.59	4391	−9.39	4039	+0.62
31	8.0	12.0	9.8	778	753	- 3.21	669	-14.01	723	- 7.07	753	- 3.21
32	12.4	15.2	11.6	1483	1500	+ 1.15	1805	+21.71	1543	+ 4.05	1533	+ 3.37
35	16.4	17.6	12.6	2331	2301	- 1.29	3399	+45.82	2476	+ 6.22	2336	+ 0.21
37	16.4	17.6	12.8	2384	2301	- 3.48	3399	+42.58	2476	+ 3.86	2374	- 0.42
39	10.0	12.4	10.4	925	828	-10.49	1109	+19.89	852	- 7.89	909	- 1.73
40	12.0	14.8	10.0	1198	1388	+15.86	1676	+39.90	1425	+18.95	1243	+ 3.76
42	21.2	24.8	18.0	6823	6257	- 8.30	6077	-10.93	6472	- 5.14	6520	- 4.44
43	14.8	21.2	13.4	3241	3960	+22.18	2694	-16.88	3818	+17.80	3286	+ 1.39
44	12.4	18.0	14.0	2393	2457	+ 2.67	1805	-24.57	2366	- 1.13	2473	+ 3.34
45	9.6	12.8	10.6	987	909	- 7.90	1011	+ 2.43	910	- 7.80	965	- 2.23
46	10.0	12.8	11.0	1019	909	-10.79	1109	+ 8.83	924	- 9.32	1016	- 0.29
47	8.4	12.0	9.0	695	753	+ 8.34	747	+ 7.48	736	+ 5.90	700	+ 0.72
49	8.6	13.8	11.3	1156	1132	- 2.08	788	-31.83	1057	- 8.56	1128	- 2.42
50	13.6	20.0	15.2	3406	3341	- 1.91	2225	-34.67	3195	- 6.19	3309	- 2.85
51	12.0	16.4	11.0	1704	1873	+ 9.92	1676	- 1.64	1848	+ 8.45	1629	- 4.40
52	11.6	12.4	9.2	880	828	- 5.91	1552	+76.36	900	+ 2.27	839	- 4.66
53	19.4	24.0	20.0	6605	5686	-13.91	4971	-24.74	5767	-12.69	6695	+ 1.36
55	14.0	18.8	14.6	3090	2789	- 9.74	2376	-23.11	2761	-10.65	2889	- 6.50
60	11.2	14.8	11.6	1422	1388	- 2.39	1433	+ 0.77	1390	- 2.25	1419	- 0.21
62	8.0	16.0	12.6	1641	1743	+ 6.22	669	-59.23	1497	- 8.78	1580	- 3.72
64	15.6	21.2	14.8	3675	3960	+ 7.76	3035	-17.41	3892	+ 5.90	3707	+ 0.87
65	9.0	11.0	9.4	678	584	-13.86	874	+28.91	606	-10.66	647	- 4.57
66	12.2	14.4	10.2	1230	1281	+ 4.15	1740	+41.46	1338	+ 8.78	1219	- 0.89
69	14.0	17.2	12.8	2228	2152	- 3.41	2376	+ 6.64	2205	- 1.03	2171	- 2.56
	Moyenne des écarts en valeur absolue (en %)					7.9175		21.003		7.1760		2.5148

Tabl. 5 : Données, capacité calculée par intégration et volumes extrapolés pour 48 piriformes rubanés récents du Nord-Ouest. Δ% = différence par rapport au volume calculé par intégration :

$$\frac{\text{Vol. prédit} - \text{Vol. intégré}}{\text{Vol. intégré}} \times 100$$

Equation 3 (dO, dM)

$$s^2_{y.x} = 0,00151$$

$$s = \sqrt{s^2_{y.x}(1+\frac{1}{n}) + (y-\bar{y})^2 \times 0,01151 + (z-\bar{z})^2 \times 0,01631 - 2(y-\bar{y})(z-\bar{z}) \times 0,01224}$$

Equation 4 (dO, dM, H)

$$s^2_{y.x} = 0,00019$$

$$s = \sqrt{s^2_{y.x}(1+\frac{1}{n}) + (x-\bar{x})^2 \times 0,00340 + (y-\bar{y})^2 \times 0,00143 + (z-\bar{z})^2 \times 0,00434}$$

$$\overline{-2(x-\bar{x})(y-\bar{y}) \times 0,0001381 - 2(x-\bar{x})(z-\bar{z}) \times 0,00281 - 2(y-\bar{y})(z-\bar{z}) \times 0,00140}$$

Exemple : capacité du vase expérimental (tableau 6; profil A).

	Vol. minimum	Volume	Δ %	Vol. maximum
Vol. intégr.		1 632	—	
Equation 1 (dM)	1 163 (-17,85%)	1 416	-13,23	1 724 (+21,74%)
Equation 2 (dO)	1 351 (-17,85%)	1 644	+0,73	2 002 (+21,74%)
Equation 3 (dO, dM)	1 207 (-16,49%)	1 445	-11,46	1 731 (+19,75%)
Equation 4 (dO, dM, H)	1 448 (-6,14%)	1 543	-5,45	1 644 (+6,54%)

Tabl. 6 : Capacité du vase expérimental. Δ % = différence par rapport au volume calculé par intégration :

$$\frac{\text{Vol. prédit} - \text{Vol. intégré}}{\text{Vol. intégré}} \times 100$$

Les autres pourcentages traduisent les limites des intervalles de confiance à 95 %.

Paradoxalement, c'est le diamètre de l'ouverture qui donne ici le meilleur résultat. Le rapport H/dO est très proche de la moyenne (1,025 pour 1,020 dans la collection de référence), tandis que le rapport H/dM est assez élevé (0,819 pour une moyenne de 0,766), de même que le rapport dO/dM (0,799 pour une moyenne de 0,762). Autrement dit, le vase est assez haut et ouvert par rapport à son diamètre maximum. La capacité est donc sous-estimée par les équations 1, 3 et 4. On notera aussi l'importance des erreurs standard qui montre que ce vase expérimental se trouve assez loin du centre de la distribution des 48 piriformes rubanés.

5. APPLICATION AU GROUPE DE BLICQUY

Les équations induites à partir de la collection de piriformes rubanés ont été appliquées à une série de quatorze piriformes du site de Blicquy — *Couture de la Chaussée* appartenant au Groupe de Blicquy, contemporain du Rubané en Hainaut occidental (Cahen *et al.* 1980). Comme dans le cas du Rubané, la capacité des vases a été approchée successivement par intégration sur le profil complet par la méthode des rectangles (b), puis par extrapolation (tableau 7).

Cet essai montre que, même si on ne dispose pas d'une collection suffisamment grande pour en tirer valablement de nouvelles équations, celles qui ont été établies pour la collection de vases rubanés permettent cependant d'approcher la capacité de piriformes appartenant à un autre groupe stylistique. Les résultats sont légèrement moins bons si on considère la moyenne des écarts en valeur absolue (tableau 8).

N°	*dO*	*dM*	*H*	*V* intégré	Eq.1 (*dM*)	Δ%	Eq.2 (*dO*)	Δ%	Eq.3 (*dO,dM*)	Δ%	Eq.4 (*dO,dM,H*)	Δ%
BQY5	22.0	26.0	15.8	6 632	7 181	+ 8.28	6 608	- 0.36	7 392	+11.46	6 232	- 6.03
7	14.2	18.8	15.0	2 939	2 789	- 5.10	2 453	-16.54	2 775	- 5.59	2 985	+ 1.57
13	13.0	15.8	9.9	1 343	1 680	+25.09	2 009	+49.59	1 732	+28.97	1 408	+ 4.84
20	11.4	18.6	15.8	2 883	2 704	- 6.21	1 492	+48.25	2 493	-13.53	2 883	0.00
21	8.8	13.6	12.0	1 181	1 085	- 8.13	830	-29.72	1 028	-12.96	1 181	0.00
31	14.6	18.0	14.3	2 648	2 457	- 7.14	2 612	- 1.28	2 512	- 5.06	2 665	+ 0.72
41	19.6	23.6	17.0	5 557	5 414	- 2.57	5 088	- 8.44	5 548	- 0.16	5 514	- 0.77
60	9.0	10.8	9.4	628	554	-11.78	874	+39.17	578	- 7.96	628	0.00
61	18.0	20.8	16.4	4 391	3 748	-14.64	4 196	- 4.44	3 908	-11.00	4 186	- 4.67
62	26.6	27.0	21.2	8 832	8 017	- 9.23	10 156	+14.99	8 716	- 1.31	9 586	+ 8.54
64	11.2	13.0	9.8	1 012	951	- 6.03	1 443	+41.60	1 001	- 1.09	959	- 5.24
70	9.8	14.8	12.7	1 420	1 388	- 2.25	1 059	-25.42	1 324	- 6.76	1 494	+ 5.21
74	12.8	17.2	12.8	2 050	2 152	+ 4.98	1 939	- 5.41	2 134	+ 4.10	2 109	+ 2.88
90	8.8	11.0	8.3	572	584	+ 2.10	830	+45.10	601	+ 5.07	564	- 1.40
	Moyenne des écarts en valeur absolue (en %)					8.1092		23.5936		8.2157		2.9907

Tabl. 7 : Données, capacité calculée par intégration et volumes extrapolés pour 14 piriformes du Groupe de Blicquy.

Alors que les écarts positifs et négatifs s'équilibrent à peu près dans les résultats obtenus par l'équation 4 (voir tableau 7), les deux tiers des écarts sont négatifs pour les trois autres équations : la capacité des vases y est généralement sous-estimée. Ce résultat s'explique probablement par le fait que les vases blicquiens sont en moyenne un peu plus hauts (H/dM = 0,774) et plus ouverts (dO/dM = 0,791) que les vases rubanés (voir tableau 3).

6. Conclusion

Cette expérience tentée pour la première fois en céramologie, montre que, si le choix de l'une ou de l'autre méthode d'intégration pour calculer le volume d'un vase à partir du profil complet est à peu près indifférent, les imprécisions du remontage peuvent entraîner des erreurs très importantes.

D'autre part, la prédiction de la capacité des vases de la collection de référence a pu se faire avec une précision tout à fait satisfaisante en utilisant les trois mesures habituellement retenues par les archéologues. L'extrapolation se fait encore dans de bonnes conditions à partir du diamètre à l'ouverture et du diamètre maximum, ou bien du seul diamètre maximum. Il n'est pas douteux que ces résultats eussent été encore meilleurs si la collection de référence avait été plus homogène. Les variations du diamètre de l'ouverture par rapport au diamètre maximum sont telles que l'équation prédictive n°2 (dO) est très délicate à manier. Celle-ci n'offre quelque chance d'atteindre une évaluation correcte que si l'on dispose d'un fragment du haut de la panse assurant que la paroi n'est ni trop verticale ni trop évasée vers le bas.

Le caractère opérant des équations 1 (dM), 3 (dO, dM) et 4 (dO, dM, H) montre que nous pourrons à l'avenir extrapoler la capacité des vases rubanés à partir du diamètre maximum éventuellement associé au diamètre à l'ouverture et à la hauteur. Enfin, les mêmes équations ont permis de prédire avec une approximation tout à fait acceptable le volume de vases similaires appartenant à un autre groupe culturel, en attendant que nous puissions établir de nouvelles équations pour celui-ci.

	Eq. 1 (dM)	Eq. 2 (dO)	Eq. 3 (dO,dM)	Eq. 4 (dO,dM,H)
Rubané (n = 48)	7.92	21.00	7.18	2.51
Blicquien (n = 14)	8.11	23.59	8.82	2.99

Tabl. 8 : Piriformes rubanés et blicquiens : moyenne des écarts en valeur absolue des volumes extrapolés par rapport aux volumes calculés par intégration.

Remerciements

Nous tenons à remercier Mesdames Elisabeth Defrise-Gussenhoven et Rosine Orban, Messieurs Philippe Smets et Jean Vogrig pour leur collaboration à ce travail.

L'illustration graphique est de Madame Françoise Laurent.

Origine des vases

1-3, 5-6, 8-22 : Elsloo (Lb., P.-B.) : Modderman 1970.
25, 27, 29-32, 35, 37, 39-40, 42-46 : Aubechies (Ht, B.) : Constantin 1985.
47 : Horion-Hozémont (Li., B.) : Haeck *et al.* 1976.
49 : Omal (Li., B.) : Fourny 1983.
50-52 : Sittard (Lb., P.-B.) : Modderman 1959.
53-55 : Frankfurt/M (R.F.A.) : Meier-Arendt 1966.
60 : Rödgen (Kr. Friedberg, R.F.A.) : Meier-Arendt 1966.
62 : Friedberg (R.F.A.) : Meier-Arendt 1966.
64-66, 69 : Langweiler 9 (Kr. Düren, R.F.A.) : Stehli 1977.
Pour les vases de Blicquy : voir Cahen *et al.* 1980.

Bibliographie

CAHEN, **D. et VAN BERG, P.L., 1980.** *Un habitat danubien à Blicquy. II Céramique*, **Archaeologia Belgica 225, 40 p.**

CONSTANTIN, C., 1985. *Fin du Rubané, Céramique du Limbourg et post-Rubané. Le Néolithique le plus ancien en Bassin parisien et en Hainaut.* BAR International Series **273**; 1 : texte : 356 p.; 2 : 294 pl.

FOURNY, M., 1983. *Fosse danubienne à Omal (1978). Etude du matériel.* Vol. 1 : texte : 136 p.; vol. 2 : LXVI pl. Mémoire de licence, Université Libre de Bruxelles (inédit).

HAECK, J. et TROMME, F., 1976. Le village omalien de "Noir Fontaine" à Horion-Hozémont. *Bulletin de la Société royale belge d'Etudes géologiques et archéologiques "Les Chercheurs de la Wallonie"*, **23** : 331–378.

MEIER-ARENDT, W., 1966. *Die bandkeramische Kultur im Untermaingebiet.* Bonn, Habelt.

MODDERMAN, P.J.R., 1959. Die bandkeramische Siedlung von Sittard. *Palaeohistoria*, **6–7** : 33–120, pl. II-XVI.

MODDERMAN, P.J.R., 1970. *Linearbandkeramik aus Elsloo und Stein.* Analecta Praehistorica Leidensia III, 3 vol.

STEHLI, P., 1977. Keramik (Langweiler 9). *In : Beiträge zur neolithischen Besiedlung der Aldenhovener Platte II. Rheinische Ausgrabungen*, **18** : 107–130.

Adresse de l'auteur : P.-L. VAN BERG
Section d'Anthropologie et de Préhistoire
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
rue Vautier, 29
B–1040 BRUXELLES (Belgique).