

<b>Zeitschrift:</b>	Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte
<b>Band:</b>	69 (1986)
<b>Artikel:</b>	Le problème de l'état de fragmentation en archéologie : proposition d'un procédé mathématique d'évaluation du degré de fragmentation
<b>Autor:</b>	Morel, Philippe / Taillard, Pierre-André / Taillard, Eric
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-116996">https://doi.org/10.5169/seals-116996</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Philippe Morel, Pierre-André Taillard et Eric Taillard

## Le problème de l'état de fragmentation en archéologie Proposition d'un procédé mathématique d'évaluation du degré de fragmentation

En archéologie, on a maintes fois tenté d'estimer l'état de fragmentation, soit de tessons, soit d'ossements. Souvent le degré de fragmentation d'un ensemble ou complexe archéologique est simplement donné par le poids moyen des objets considérés. Ce paramètre est à notre avis hautement trompeur, puisqu'il est influençable par des fragments anormalement gros, qui ont, par un hasard «anormal» – c'est-à-dire souvent d'origine anthropogène – échappé au processus de fragmentation du matériel considéré.

Dans le cadre de l'analyse d'un matériel archéozoologique du Moyen Age, du Reischacherhof à Bâle<sup>1</sup>, nous avons été amenés, lors de l'étude de la répartition des fragments osseux en classes de poids, à chercher une définition mathématique des courbes de répartition, qui étaient d'une frappante régularité.

Ce n'est qu'après de longs tâtonnements et de multiples tergiversations à travers la littérature statistique que nous découvrîmes l'expression mathématique la plus fidèle aux répartitions obtenues. Celle-ci est en fait connue de longue date; elle a déjà été découverte durant les années 1940 (à notre connaissance), dans le cadre de recherches sur la fragmentation du verre<sup>2</sup> que l'on pile, ou de charbon<sup>3</sup> concassé.

Le matériel osseux provenant d'une fouille devrait, dans un cas normal, correspondre au diagramme donné comme exemple en fig. 1.

A ce genre de répartition, observé en principe après concassage de tout corps solide et indéformable, correspond une répartition logarithmico-normale, abrégé lognormale, ou répartition de Gibrat<sup>4</sup>, comme celle représentée en fig. 2.

La fragmentation du matériel osseux, ainsi que nous l'avons vérifié pour tous les groupes taxonomiques du Reischacherhof, semble correspondre ainsi à un phénomène mathématiquement cernable à l'aide de deux paramètres seulement. Ceux-ci permettent, sur la base de tests statistiques, de comparer des unités taxonomiques (ou ensembles appartenant à une même espèce) d'une couche à l'autre ou d'un site à l'autre.

Il s'agit, à l'aide d'un ordinateur, d'effectuer les opérations suivantes:

Sur l'axe des x (abcisses), on représente les poids; sur celui des y (ordonnées), les fréquences (par classes de poids).

On définit chaque classe de poids par un couple de nombres ( $X_i; Y_i$ ), où  $X_i$  est le centre de la classe  $i$ , et  $Y_i$  la fréquence de la classe  $i$ .

La répartition obtenue (lognormale) devient normale (répartition de Laplace-Gauss), en prenant le logarithme naturel des valeurs des  $X_i$ .

La moyenne et l'écart-type de la courbe normale ne peuvent pas être calculés directement à partir des points obtenus; il est nécessaire de recourir à la méthode de calcul numérique dite des moindres carrés.

Les courbes normales ainsi obtenues permettent de comparer de manière fiable (la fiabilité étant définie par un seuil de confiance) des complexes provenant de couches ou de sites différents.

Cette méthode permet aussi de déceler des anomalies de répartitions éventuellement imputables à l'Homme, ou de contrôler la qualité d'un matériel – ou d'une fouille ...

A titre d'exemple, le degré de fragmentation des ossements de Porc domestique du Reischacherhof a été comparé d'une couche à l'autre par le biais des poids moyens des fragments:

### Porc

couche	poids moyen du fragment g/10	
A	91.1	
B	93.4	= 90.7
C	80.8	
D	101.5	
E	114.5	= 107.6
nombre total de fragments:		890

Apparement, les moyennes des couches A, B et C montrent une nette différence par rapport à celle des couches D et E; les moyennes respectives de ces deux groupes stratigraphiques montrent une différence supérieure à 15%. Cependant, la validité de ces résultats ne peut pas être vérifiée au moyen des tests statistiques habituels, les répartitions n'étant, comme on vient de le voir, pas normales. Il est donc judicieux d'utiliser les courbes normalisées des répartitions obtenues, d'en calculer les moyennes et écarts-types, à partir desquels les tests statistiques sont autorisés. Si on compare (au moyen du T de Student) les deux courbes normalisées obtenues par le programme, pour les deux complexes en question (couches A-C et

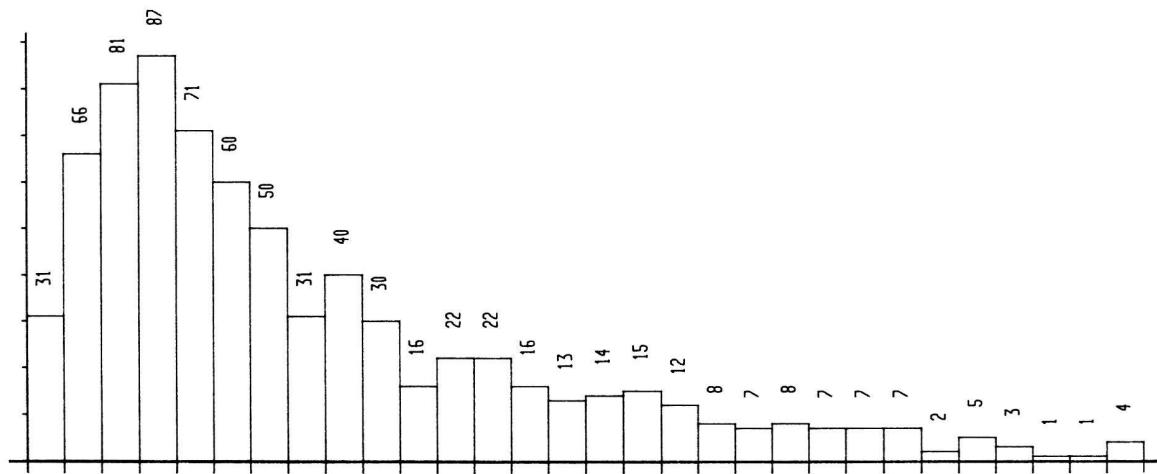


Fig. 1. Diagramme de répartition des restes osseux de Porc domestique (*Sus domesticus*) du Reischacherhof, couches A à C, en classes de poids de 1 g. Echelle de 0 à 30 g. Les nombres de fragments par classes figurent au-dessus des colonnes. Nombre total de fragments: 737.

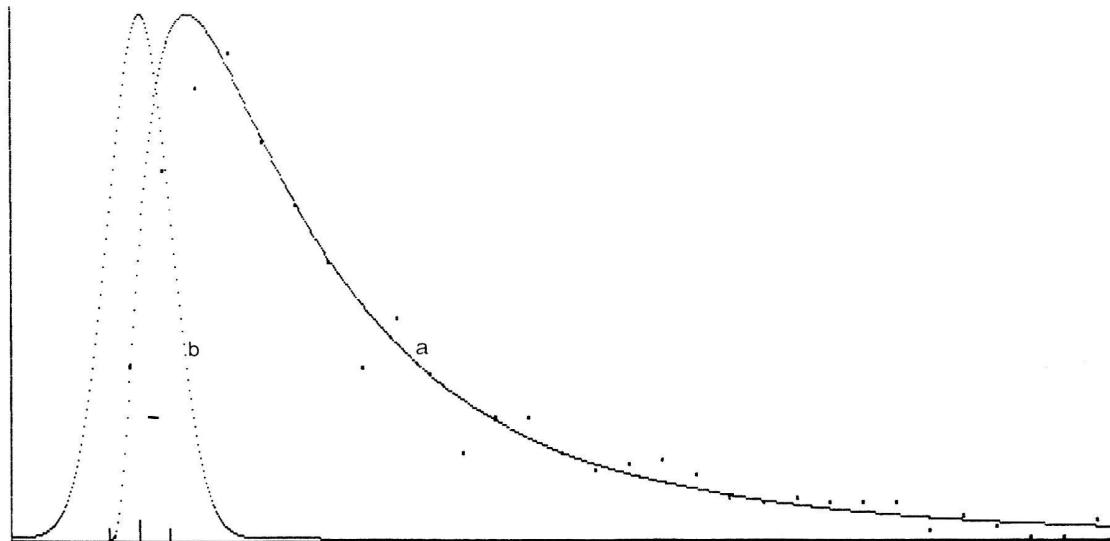


Fig. 2. a) courbe lognormale, expression mathématique de la répartition donnée en fig. 1. – b) courbe normale (répartition de Laplace-Gauss), correspondant à la courbe a, dont on a pris le logarithme naturel des valeurs en X. Les traits sur l'abscisse donnent la moyenne et l'écart-type de b. Echelle en X: -3 à 30, en Y: 0 à 100.

```

1010 REM ****
1020 REM PROGRAMME ESTIMANT LES CARACTERISTIQUES
1030 REM D'UN ECHANTILLON REGROUPE EN N CLASSES
1040 REM DE POIDS
1050 REM
1060 REM
1070 REM VARIABLES UTILISEES
1080 REM
1090 REM X(I) : CENTRE DE LA CLASSE I
1100 REM Y(I) : NOMBRE DE FRAGMENTS DE LA CLASSE I
1110 REM MU : MOYENNE DE LA COURBE ESTIMEE
1120 REM SI : ECART-TYPE DE LA COURBE
1130 REM AI : AIRE SOUS LA COURBE
1140 REM X2 : CHI CARRE
1150 REM
1160 REM AUTRES VARIABLES
1170 REM XM, IN, S, SD, I, J, K, R$, N
1180 REM T(.,.), G(.,.), V(.,.), H(.,.), D(.,.)
1190 REM
1200 REM ****
1210 REM
1220 REM INTRODUCTION DES DONNEES
1230 PRINT "NOMBRE DE CLASSES DE POIDS : "
1240 INPUT N
1250 DIM X(N)
1260 DIM Y(N)
1270 PRINT "L'INTERVALLE DES CLASSES EST-IL"
1280 PRINT "UNIFORME ?"
1290 INPUT R$
1300 PRINT
1310 PRINT "ATTENTION: LES VALEURS QUE VOUS ALLEZ RENTRER"
1320 PRINT "CORRESPONDENT A LA MOYENNE DE LA CLASSE."
1330 PRINT "PAR EXEMPLE: DONNER 0.5 (OU LA MOYENNE"
1340 PRINT "EXACTE) SI LA CLASSE VA DE 0 A 1."
1350 PRINT
1360 IF R$="N" THEN GOTO 1410
1370 PRINT "X MINIMUM:"
1380 INPUT XM
1390 PRINT "INTERVALLE DES CLASSES:";
1400 INPUT IN
1410 FOR I = 1 TO N
1420 X(I)= XM +(I-1)*IN
1430 IF R$<>"N" THEN GOTO 1460
1440 PRINT "X";I;" : ";
1450 INPUT X(I)
1460 PRINT "Y";I;" : ";
1470 INPUT Y(I)
1480 NEXT I
1490 PRINT
1500 PRINT "VOULEZ-VOUS LISTER ?"
1510 INPUT R$
1520 IF R$="N" THEN GOTO 1610
1530 PRINT "NO", "X", "Y"
1540 PRINT
1550 PRINT
1560 FOR I = 1 TO N
1570 PRINT I,X(I),Y(I)
1580 NEXT I
1590 PRINT
1600 PRINT
1610 PRINT "VOULEZ-VOUS CORRIGER ?"
1620 INPUT R$
1630 IF R$="N" THEN GOTO 1740
1640 PRINT "NUMERO DE CLASSE"
1650 INPUT I
1660 PRINT "X";I;" : ";X(I)

1670 INPUT XI)
1680 PRINT "Y";I;" : ";Y(I)
1690 INPUT YIJ
1700 GOTO 1500
1710 REM FIN DE L'INTRODUCTION DES DONNEES
1720 REM
1730 REM DEBUT DES CALCULS
1740 DIM T(.,3)
1750 DIM G(3,3)
1760 DIM V(3,3)
1770 DIM H(3)
1780 DIM O(3)
1790 DIM D(3)
1800 FOR I=1 TO N
1810 X(I)=LOG(X(I))
1820 T(I,2)=X(I)
1830 T(I,1)=1
1840 Y(I)=LOG(Y(I))
1850 T(I,3) = T(I,2)*T(I,2)
1860 NEXT I
1870 FOR I=1 TO 3
1880 FOR J=1 TO 3
1890 SD = 0
1900 FOR K = 1 TO N
1910 SD = SD + T(K,J)*T(K,I)
1920 NEXT K
1930 G(I,J)=SD
1940 NEXT I
1950 NEXT I
1960 FOR J=1 TO 3
1970 SD = 0
1980 IF J=1 THEN GOTO 2020
1990 FOR K=1 TO J-1
2000 SD = SD + V(J,K)*V(J,K)
2010 NEXT K
2020 V(I,J) = (G(I,J)-SD)/V(J,J)
2030 IF J=3 THEN GOTO 2120
2040 FOR I=J+1 TO 3
2050 SD = 0
2060 IF I=J+1 THEN GOTO 2100
2070 FOR K=1 TO J-1
2080 SD = SD + V(I,K)*V(J,K)
2090 NEXT K
2100 V(I,J) = (G(I,J)-SD)/V(J,J)
2110 NEXT I
2120 NEXT J
2130 FOR I=1 TO 3
2140 SD = 0
2150 FOR K=1 TO N
2160 SD = SD + Y(K)*T(K,I)
2170 NEXT K
2180 H(I) = SD
2190 NEXT I
2200 FOR I=1 TO 3
2210 SD = 0
2220 IF I=1 THEN GOTO 2260
2230 FOR K=1 TO I-1
2240 SD = SD + V(I,K)*Q(K)
2250 NEXT K
2260 Q(I)=(H(I))-SD/V(I,I)
2270 NEXT I
2280 FOR J=3 TO 1 STEP -1
2290 SD = 0
2300 IF J=3 THEN GOTO 2340
2310 FOR K=J+1 TO 3
2320 SD = SD + D(K)*V(K,J)
2330 NEXT K
2340 D(J)=(Q(J)-SD)/V(J,J)
2350 NEXT J
2360 MU = D(2)/(-2*D(3))
2370 SI = 1/SQR(-2*D(3))
2380 AI = SQR ( -3.141592653 /D(3))*EXP(D(1)-D(2)*D(2)/(4*D(3)))
2390 X2=0
2400 PRINT
2410 PRINT "ESTIMATION DES PARAMETRES DE LA COURBE"
2420 PRINT "LOG-NORMALE DE LA FORME"
2430 PRINT
2440 PRINT " "
2450 PRINT " ((LOG(X)-MU)/S) ^ 2"
2460 PRINT "Y = C*A/S * e"
2470 PRINT
2480 PRINT "DANS LAQUELLE"
2490 PRINT
2500 PRINT " M = ",MU,"(MOYENNE)"
2510 PRINT " S = ",SI,"(ECART-TYPE)"
2520 PRINT
2530 PRINT " A = ",AI,"(AIRE)"
2540 REM AIRE = COEFFICIENT D'AJUSTEMENT
2550 REM GRAPHIQUE DE LA COURBE
2560 PRINT
2570 PRINT " ( C = ",.39894228," CONSTANTE )"
2580 PRINT
2590 FOR I = 1 TO N
2600 T(I)= EXP(Y(I))
2610 X(I)=(X(I)-MU)/SI
2620 S = .39894228 *AI/SI*EXP ( - X(I)*X(I)/2 )
2630 X2 = X2 + (S-Y(I))*(S-Y(I))/S
2640 NEXT I
2650 PRINT "CHI CARRE : ",X2
2660 SD=0
2670 FOR I = 1 TO N
2680 SD = SD + Y(I)
2690 NEXT I
2700 PRINT "NOMBRE DE FRAGMENTS : ",SD
2710 PRINT "DEGRES DE LIBERTE : ",N-1
2720 PRINI
2730 END

```

couches D-E), on s'aperçoit qu'elles ne sont pas différenciables, au seuil de 5%, sur l'échantillon considéré; on obtient en effet un  $T$  de 0.175, nettement inférieur à 1.65.

La scission observée dans les moyennes arithmétiques est plutôt due à la présence de gros fragments ayant échappé pour une raison ou pour une autre à la fragmentation.

Il est remarquable que la littérature scientifique actuelle témoigne d'un usage encore répandu de l'utilisation des moyennes arithmétiques pour comparer l'état de fragmentation de complexes archéologiques, à des fins qui nous paraissent souvent abusives.

Mentionnons encore que cette théorie de la fragmentation devrait également s'appliquer sans problèmes à la céramique et qu'elle pourrait à notre avis ouvrir un champ d'investigations pour le moins intéressantes ...

### Le programme

Tous les commentaires concernant le fonctionnement du programme figurent directement dans le listing. Il est clair qu'on peut supprimer ces lignes de commentaires (REM).

## Résumé

Ce bref article vise à présenter une méthode d'estimation du degré de fragmentation d'un matériel archéologique, par un procédé mathématique.

Le principe est le suivant: les fragments (ici des os, mais il pourrait en principe aussi s'agir de céramique) se répartissent très régulièrement en classes de poids (fig. 1). Cette «courbe» de distribution correspond à une répartition dite logarithmiconormale (ou lognormale, fig. 2,a). Une distribution lognormale peut être «normalisée», c'est-à-dire présentée sous la forme d'une autre distribution, normale, dite de Laplace-Gauss (fig. 2,b). Cette distribution normale, dont la moyenne et l'écart-type dépendent du degré de fragmentation, est un excellent outil de comparaison, qui permet de confronter des complexes provenant de couches ou de sites différents.

En appendice, un programme informatique est proposé, lequel permet de calculer la moyenne et l'écart-type de la répartition normale correspondant à la distribution d'un matériel archéologique en classes de poids, à partir des fréquences observées pour chaque classe. Ce programme permet aussi de vérifier, par un test statistique, si la courbe calculée correspond réellement au matériel considéré.

## Zusammenfassung

Dieser kurze Artikel stellt eine Methode zur Schätzung des Fragmentationsgrades von archäologischem Material auf mathematischem Weg vor.

Der Ansatz ist im Prinzip folgender: Die Fragmente (im vorliegenden Fall Knochen, es könnte sich aber auch um Keramik handeln) verteilen sich sehr regelmässig auf Gewichtsklassen (Abb. 1). Diese Verteilungs«kurve» entspricht einer sogenannten logarithmikonormalen, (oder lognormalen), Verteilung (Abb. 2,a). Eine lognormale Verteilung kann «normalisiert», d.h. als normale, Laplace-Gauss'sche Verteilung (Abb. 2,b) dargestellt werden. Diese Normalverteilung, deren Mittelwert und Abweichungen vom Grad der Fragmentierung abhängig sind, ist ein ausgezeichnetes Vergleichsinstrument, das die Gegenüberstellung von Komplexen aus verschiedenen Schichten oder Fundstellen erlaubt.

Im Anhang wird ein Computerprogramm vorgestellt, das die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Normalkurve von Gewichtsklassen archäologischen Materials, ausgehend von den beobachteten Häufigkeiten der Gewichtsklassen, erlaubt. Mit diesem Programm kann auch durch eine statistische Überprüfung verifiziert werden, ob die errechnete Kurve tatsächlich dem bearbeiteten Material entspricht.

Philippe Morel  
Laboratorium f. Urgeschichte  
Petersgraben 9–11  
4051 Basel

Eric Taillard  
Pierre-André Taillard  
Temple-Allemand 61  
2300 La Chaux-de-Fonds

### Notes

- 1 Morel, Ph., 1985: Auswertung der Tierknochenfunde aus dem Reischacherhof, Hausgrube A, Basel (7.–12. Jh.). Travail de diplôme, non publié. Morel, Ph., 1985: Der Reischacherhof in Basel – Küchenabfälle aus fünf Jahrhunderten. Archäologie der Schweiz, 8, 188–196.
- 2 Rényi, A., 1966: Calcul des probabilités. Paris.
- 3 Epstein, B., 1948: Logarithmiconormal distribution in breakage of solids. Ind. and Eng. Chem., 40, 2289–2291.
- 4 Aitchison, J. and Brown, J.A.C., 1975: The Log-Normal Distribution. Cambridge. Laurent, A.-G., 1968: La méthode statistique dans l'industrie, Paris, 68–70.