

## L'utilisation des méthodes statistiques multivariées pour l'étude des Hominidés

Gerrit N. VAN VARK

### Résumé

Des méthodes mathématiques multivariées spécifiquement adaptées peuvent être envisagées, elles restent en grande partie inexplorées pour la recherche du squelette des Hominidés. Un certain nombre d'exemples sont envisagés où nous montrerons comment, grâce à ces méthodes spécifiques, des tendances évolutives auparavant non décelées peuvent être décrites. Il est donc recommandé de faire appel à ces méthodes à bon escient.

### Abstract

Multivariate statistical methods which were specifically adapted to the problems concerned offer possibilities for the investigation of hominid skeletal material which have so far remained largely unexplored. A number of examples is discussed in which we demonstrate how with the aid of these methods attention can be directed to previously unknown evolutionary trends. We recommend that better use be made of these methods.

On peut affirmer que les méthodes mathématiques multivariées ont encore peu contribué à l'étude comparative des restes d'Hominidés fossiles et donc à l'étude de l'évolution humaine. Il y a à cela des raisons diverses. Elles sont dues en partie aux caractéristiques du matériel squelettique humain : des échantillons peu fournis, des squelettes pas toujours bien conservés et des corrélations entre mesures sur le squelette qui pourraient différer considérablement des corrélations observées sur des populations récentes. De ce fait, les méthodes multivariées « standards », telles que décrites dans les programmes informatiques largement diffusés, ne peuvent être utilisées dans les recherches paléoanthropologiques. Si elles sont appliquées, les résultats sont souvent inutilisables ou même contradictoires.

Dans des études précédentes, nous avons montré pourquoi il en était ainsi et comment, par de petites adaptations des méthodes classiques, de meilleurs résultats peuvent être obtenus (van Vark, 1984, 1985, 1995; van Vark *et al.*, 1992). Nous ne donnerons pas ici une description technique approfondie de ces méthodes. C'est pourquoi nous renvoyons le lecteur vers la littérature précitée. Dans cet article, nous voulons discuter brièvement quelques résultats expérimentaux obtenus en appliquant cette méthodologie afin de donner une idée des possibilités qu'elle offre.

Le premier exemple concerne le test ABC (van Vark, 1984, 1985). Par ce test, et en utilisant les distances de Mahalanobis, on peut juger si un

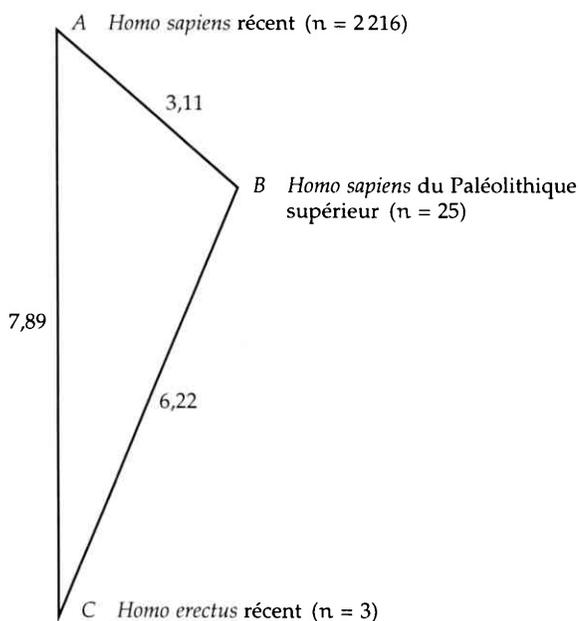


Fig. 1 — Distances de Mahalanobis entre trois groupes chronologiquement successifs, calculées sur les mesures crâniennes ci-dessous. Des résultats analogues ont été obtenus avec d'autres séries de mesures. Les relations de distances, montrant que le groupe B est morphologiquement intermédiaire entre les groupes A et C, ont été testées au niveau 5 % et confirmées par l'épreuve ABC. Voir aussi la légende de la figure 2.

1	GOL	Longueur glabello-occipitale
5	XCB	Largeur crânienne maximum
9	AUB	Largeur biauriculaire
11	ASB	Largeur biastérique
24	FMB	Largeur bifrontale
25	NAS	Arc nasio-frontal
36	SOS	Projection supraorbitaire
64	NFA	Angle nasio-frontal

Groupe 1 : <i>Homo sapiens</i> récent n = 2216					
1	Europe du Nord : Oslo, Norvège médiévale				$n_{\sigma} = 55, n_{\varphi} = 55$
2	Europe centrale : Zalavar, Hongrie				$n_{\sigma} = 45, n_{\varphi} = 45$
3	Europe centrale : Berg, Carinthie, Autriche				$n_{\sigma} = 53, n_{\varphi} = 53$
4	Égypte : 26 <sup>e</sup> -30 <sup>e</sup> dynastie				$n_{\sigma} = 53, n_{\varphi} = 53$
5	Afrique de l'Est : Teita, Kenya				$n_{\sigma} = 34, n_{\varphi} = 34$
6	Afrique de l'Ouest : Dogon, Mali				$n_{\sigma} = 48, n_{\varphi} = 48$
7	Afrique du Sud : Zoulous				$n_{\sigma} = 46, n_{\varphi} = 46$
8	Afrique du Sud : Bochimans				$n_{\sigma} = 41, n_{\varphi} = 41$
9	Australie : tribus du lac Alexandrina				$n_{\sigma} = 49, n_{\varphi} = 49$
10	Tasmanie				$n_{\sigma} = 42, n_{\varphi} = 42$
11	Mélanésie : Tolai, Nouvelle-Angleterre				$n_{\sigma} = 55, n_{\varphi} = 55$
12	Polynésie : Mokapu, Oahu, Hawaii				$n_{\sigma} = 49, n_{\varphi} = 49$
13	Sibéries : Bouriates				$n_{\sigma} = 54, n_{\varphi} = 54$
14	Groenland : Esquimaux				$n_{\sigma} = 54, n_{\varphi} = 54$
15	Amérique du Sud : Yauyos, Pérou				$n_{\sigma} = 55, n_{\varphi} = 55$
16	Îles Andaman				$n_{\sigma} = 26, n_{\varphi} = 26$
17	Amérique du Nord : Arikara anciens				$n_{\sigma} = 27, n_{\varphi} = 27$
18	Asie de l'Est : Aïnous, Hokkaido, Japon				$n_{\sigma} = 38, n_{\varphi} = 38$
19	Asie de l'Est : Hokkaido, Japon du Nord				$n_{\sigma} = 32, n_{\varphi} = 32$
20	Asie de l'Est : Kyushu, Japon du Sud				$n_{\sigma} = 41, n_{\varphi} = 41$
21	Asie de l'Est : Chinois Han, Hainan				$n_{\sigma} = 38, n_{\varphi} = 38$
22	Asie de l'Est : Atayal, Taiwan				$n_{\sigma} = 18, n_{\varphi} = 18$
23	Îles Mariannes : Guam				$n_{\sigma} = 27, n_{\varphi} = 27$
24	Amérique du Nord : Californie				$n_{\sigma} = 38, n_{\varphi} = 38$
25	Île de Pâques				$n_{\sigma} = 37, n_{\varphi} = 37$
26	Îles Chatham : Moriori				$n_{\sigma} = 53, n_{\varphi} = 53$

Groupe 2 : <i>Homo sapiens</i> du Mésolithique ( $\pm 6000 - \pm 4000$ ACN) n = 13	
10 crânes de Mugem, Portugal (probablement 5 hommes et 5 femmes) Téviéc 1,11,16, France	

Groupe 3 : <i>Homo sapiens</i> du Paléolithique supérieur récent ( $\pm 16000 - \pm 9000$ ACN) n = 15					
1	Arene Candide 1	6	Maritza	11	Oberkassel ♀
2	Arene Candide 4	7	Ortucchio	12	Chancelade
3	Arene Candide 6	8	San Teodoro 2	13	Laugerie Basse 2
4	Cheddar Cave	9	San Teodoro 4	14	Kostenki
5	Flint Cave	10	Oberkassel ♂	15	Markina Gora

Groupe 4 : <i>Homo sapiens</i> du Paléolithique supérieur tardif ( $\pm 34000 - \pm 19000$ ACN) n = 10					
1	Predmost 3	5	Mladec 5	8	Cro Magnon 2
2	Predmost 4	6	Dolni Vestonice 3	9	Cro Magnon 3
3	Brno 2	7	Cro Magnon 1	10	Grimaldi 6
4	Mladec 1				

Groupe 5 : <i>Homo erectus</i> récent ( $\pm 0,5$ MA) n = 3	
Beijing 1 Beijing 3 Beijing E	

Groupe 6 : <i>Homo erectus</i> tardif ( $\pm 1,4$ MA) n = 1	
OH9	

Groupe 7 : <i>Homo neanderthalensis</i> ( $\pm 70000 - \pm 40000$ ACN) n = 7					
1	La Chapelle	4	Monte Circeo	6	La Quina
2	La Ferrassie	5	Le Moustier	7	Spy 1
3	Gibraltar				

Groupe 8 : <i>Homo heidelbergensis</i> n = 2			
1	Petalona	2	Kabwe

Tabl. 1 – Séries de crânes utilisées dans cette étude

groupe B est morphologiquement intermédiaire entre deux groupes A et C. Un exemple en est donné à la figure 1. On peut aussi par ces comparaisons juger si des relations de distance correspondent à une suite chronologique. Nous avons fait cela entre autres pour les groupes 1 à 6 du tableau 1. À cet effet, différentes séries de mesures ont été sélectionnées parmi 70 mesures crâniennes décrites par Howells (1973).

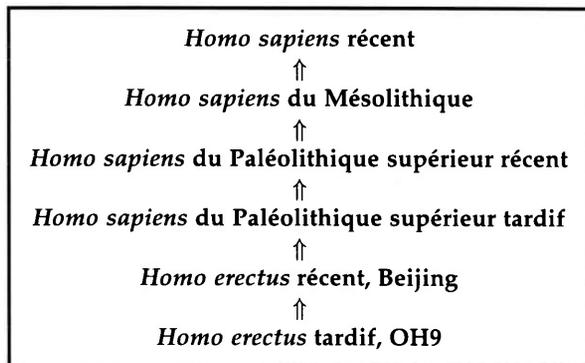


Fig. 2 — Schéma hiérarchique basé sur l'examen des différences morphologiques entre crânes de six groupes successifs d'Hominidés grâce au test ABC.

Par l'emploi du test ABC, test multivarié spécifiquement développé pour cette recherche (van Vark, 1984, 1985), on peut montrer que les groupes chronologiquement plus apparentés se ressemblent plus aussi morphologiquement. Il apparaît par exemple que les différences entre les *Homo sapiens* du Paléolithique supérieur tardif et récent, exprimées par les distances de Mahalanobis, sont plus petites (au niveau de 5 %) que les différences entre les *Homo sapiens* du Paléolithique supérieur récent et les *Homo erectus* récents. Nous pouvons aussi montrer que les différences entre les *Homo sapiens* du Paléolithique supérieur tardif et les *Homo erectus* récents sont plus petites que les différences entre les *Homo sapiens* du Paléolithique supérieur récent et les *Homo erectus* récents. Par conséquent, l'*Homo sapiens* du Paléolithique supérieur tardif est plus ou moins intermédiaire entre l'*Homo sapiens* du Paléolithique supérieur récent et l'*Homo erectus* récent. En appliquant cette procédure à tous les groupes, nous avons pu les ranger en une série correspondant à la suite chronologique. Les résultats obtenus par le test de linéarité, développé plus tard (Steerneman *et al.*, 1995), le confirment. Les crânes néandertaliens et d'*Homo heidelbergensis* ne correspondent pas à ces schémas, ni le test ABC, ni le test de linéarité. Le schéma reproduit ici est confirmé par des calculs où une vingtaine de séries de mesures différentes ont été utilisées.

Ainsi que les résultats représentés dans la figure 2 le font ressortir, on observe une tendance numérique au cours du temps. Cette tendance est d'ailleurs valable pour une longue échelle de temps (depuis *Homo erectus* tardif jusqu'à *Homo sapiens* récent) et pour une échelle plus courte de quelques milliers d'années au sein d'*Homo sapiens* (van Vark *et al.*, 1992). Cette dernière constatation est nouvelle et a des implications sur l'interprétation évolutive de l'homme moderne.

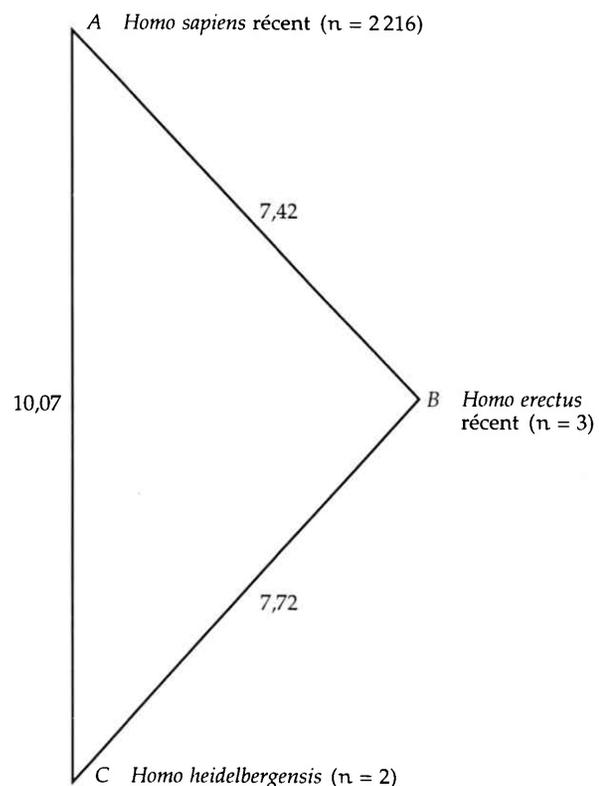


Fig. 3 — Distances de Mahalanobis entre *Homo erectus*, *Homo heidelbergensis* et *Homo sapiens*, basées sur les mesures crâniennes ci-dessous. Les relations de distances obtenues, montrant que les crânes d'*Homo sapiens* récents diffèrent plus de ceux des *Homo heidelbergensis* que de ceux des *Homo erectus*, ont été testées au niveau 5 % et confirmées par le test ABC, ceci malgré le plus grand âge des crânes d'*Homo erectus*. Des résultats analogues ont été obtenus avec d'autres séries de mesures. Dans quelques cas, les crânes d'*Homo heidelbergensis* semblent s'écarter moins des deux autres espèces d'Hominidés, dans d'autres cas cependant, ils s'en écartent nettement plus que reproduit ici.

1	GOL	Longueur glabellio-occipitale
2	NOL	Longueur nasio-occipitale
5	XCB	Largeur crânienne maximum
6	XFB	Largeur frontale maximum
7	STB	Largeur bistéphanique
11	ASB	Largeur biastérique
36	SOS	Projection supraorbitaire
37	GLS	Projection glabellaire
39	FRC	Corde nasion-bregma
40	FRS	Arc nasion-bregma
41	FRF	Fraction de l'arc nasion
42	PAC	Corde bregma-lambda
43	PAS	Arc bregma-lambda
44	PAF	Fraction de l'arc bregma
48	VRR	Rayon du vertex
49	NAR	Rayon du nasion
54	FMR	Rayon du frontomale

Les crânes de Néandertal et ceux considérés par certains auteurs comme *Homo heidelbergensis* (Rightmire, 1990; Tattersall, 1995; Johanson & Edgar, 1996) ne cadrent pas dans ce schéma. Nous avons trouvé également, sur base de plusieurs calculs de cette nature pour lesquels une vingtaine de séries de mesures ont été utilisées, que les crânes de Petralona et Kabwe

se différencient beaucoup plus de ceux des hommes modernes que des crânes d'*Homo erectus* (fig. 3). Cette observation, combinée avec l'aspect extérieur de ces deux crânes, nous amène à supposer qu'au Pleistocène moyen deux lignées évolutives d'Hominidés se sont développées, en grande partie parallèlement, et ont vécu simultanément, l'une en Eurafrique, l'autre en Asie orientale (van Vark, 1984, 1985).

Pour mieux comprendre ces relations supposées, Steerneman *et al.* (1990) ont développé un test multivarié plus adéquat : dans celui-ci, l'hypothèse nulle, où les centroïdes des différents groupes chronologiques sont situés sur une droite, peut être testée. Dans un premier examen, avec les groupes 1 à 6 du tableau 1, il nous est apparu que l'hypothèse nulle était très souvent acceptée au cas où les fonctions multivariées emploient cinq ou moins de cinq mesures. Nous voyons ici une indication que le modèle signalé par notre test ABC, comporte une composante linéaire relativement forte. En accord avec les résultats du premier test, il nous est apparu que l'hypothèse nulle des mesures correspondantes est moins souvent acceptée lorsqu'on ajoute les crânes néandertaliens et/ou d'*Homo heidelbergensis*.

Avec le dernier test que nous mentionnons ici, on peut vérifier si deux droites d'évolution fortement parallèles offrent une différenciation. Une recherche qui a utilisé les six premiers groupes de crânes du tableau 1 et les crânes d'*Homo heidelbergensis*, soit Petralona et Kabwe, a étayé notre hypothèse que ces derniers crânes font partie d'une ligne d'évolution hautement parallèle à la première (Steerneman *et al.*, 1995).

On peut naturellement se demander si ces résultats sont plausibles. Certes, pour ceux qui n'ont pas d'expérience avec ces méthodes mathématiques, il est difficile d'évaluer ces résultats. Cette non-expérience peut amener aisément au rejet des résultats, surtout si ceux-ci ne confortent pas des opinions habituelles. Signalons que l'hypothèse des deux lignées a été émise par nous pour la première fois à l'intercongrès de l'IUAES en 1981 à Amsterdam et que, actuellement, les recherches morphologiques visuelles rendent cette hypothèse de plus en plus plausible à savoir que, pendant le Pléistocène moyen, auraient existé parallèlement, en Eurafrique d'une part et en Asie d'autre part, deux taxons d'Hominidés différents (*Homo heidelbergensis* et *Homo erectus*), conformément donc à notre proposition.

Naturellement, il faudra faire d'autres recherches pour arriver à un avis plus définitif. Mais peut-être que ces exemples, et d'autres non cités ici, stimuleront l'application de méthodes statistiques multivariées adéquates. Comme toute méthode, ces dernières ont leurs aspects positifs et négatifs. Il est négatif de réduire l'information morphologique à des données chiffrées. Mais il est avantageux d'acquérir une information biologique fondamentale nouvelle (van Vark, 1995). Ce qui paraît à présent plus que nécessaire, c'est une discussion sur les possibilités — et les impossibilités — qu'offrent les méthodes mathématiques multivariées avancées pour la recherche en Paléanthropologie. Plus d'expériences doivent être acquises sur ces méthodes, afin de les utiliser plus efficacement. Il en résultera une meilleure compréhension de l'évolution humaine, étude qui, comme Teilhard de Chardin (1955) le disait déjà il y a quarante ans, n'en est qu'à ses débuts. Malgré les progrès évidents de la recherche paléanthropologique depuis cette époque, cette opinion garde encore aujourd'hui tout son sens.

#### Remerciements

Nous tenons à remercier les referees anonymes, Madame Drs. Harmine Amesz-Voorhoeve et Monsieur Don Kuizenga pour leur collaboration à ce travail et les Profs. W.W. Howells et C. B. Stringer pour l'apport des données.

#### Bibliographie

- HOWELLS W. W., 1973. *Cranial variation in man. A study by multivariate analysis of patterns of difference among recent human populations.* Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, 67 : 259 p.
- JOHANSON D. & EDGAR B., 1996. *From Lucy to Language.* London, Weidenfeld & Nicolson, 272 p.
- RIGHTMIRE G. P., 1990. *The evolution of Homo erectus. Comparative anatomical studies of an extinct species.* Cambridge, Cambridge University Press, 260 p.
- STEERNEMAN A. G. M., VAN DER MEULEN E. A., SCHAAFSMA W. & VAN VARK G. N., 1990. Testing some hypotheses on human evolution and sexual dimorphism. *Human Evolution*, 5/5 : 449–456.

- STEERNEMAN A.G.M., KROONTJE T., VAN VARK G.N., SCHAAFSA W. & AMESZ-VOORHOEVE W.H.M., 1995. A new statistical test for studying morphological trends. *Journal of Quantitative Anthropology*, 5 : 239–251.
- TATTERSALL I., 1995. *The last Neanderthal*. New York, Macmillan, 208 p.
- TEILHARD DE CHARDIN P., 1955. *Le phénomène humain*. Paris, Éditions du Seuil.
- VAN VARK, G.N., 1984. On the determination of hominid affinities. In : G.N. van Vark & W.W. Howells (Eds.), *Multivariate Statistical Methods in Physical Anthropology*. Dordrecht, D. Reidel Publishing Cy. : 323–349.
- VAN VARK G.N., 1985. Some aspects of the reconstruction of human phylogeny with the aid of multivariate statistical methods. In : K. Malhotra & A. Basu (Eds), *Proceedings of the Indian Statistical Golden Jubilee International Conference on Human Genetics and Adaptation*, February 1982, Calcutta : 64–77.
- VAN VARK G.N., 1995. The study of hominid skeletal remains by means of statistical methods. In : N.T. Boaz & L.D. Wolfe (Eds.), *Biological Anthropology: The State of the Science*. Oregon State University Press, Bend : 71–90.
- VAN VARK G.N., BILSBOROUGH A. & HENKE W., 1992. Affinities of European Upper Palaeolithic *Homo sapiens* and later human evolution. *Journal of Human Evolution*, 23 : 401–417.

Adresse de l'auteur :

G. N. VAN VARK  
Rijksuniversiteit Groningen  
Laboratorium voor Anatomie en Embryologie  
Oostersingel 69  
NL-9713 EZ Groningen (Pays-Bas)