

1. MÉTHODE D'ÉTUDE DES INDUSTRIES LITHIQUES.

A. LA TYPOLOGIE.

I. INTRODUCTION.

Pour F. Bordes, la "typologie paléolithique est la science qui permet de reconnaître, de définir et de classer les différentes variétés d'outils", (Bordes, 1961). Elle se trouve donc liée à la notion de *type* dont une définition est apportée par le Robert : "Ensemble de caractères organisés en un tout, constituant un instrument de connaissance par 'abstraction rationnelle' et permettant de distinguer des catégories d'objets et de faits". L'existence et la définition des *types* lithiques résulte à la fois d'une observation *a posteriori* des outillages et d'un raisonnement *a priori*. La nomenclature archéologique est, par construction, hétérogène puisque les différentes dénominations ont été données par analogie avec nos propres outils, par comparaisons ethnographiques ou par association avec un site *éponyme* dans lequel la pièce est abondante ou a été reconnue pour la première fois.

Comme toutes les sciences de classification, la typologie paléolithique obéit aux règles de la taxinomie : reconnaissance de la répétition de certaines formes, définition de *types* par un ensemble restreint de caractères considérés comme pertinents, exclusivité et hiérarchie des caractères, existence de regroupements en ensembles plus vastes (groupes typologiques) et enfin possibilité de distinguer, à l'intérieur de chaque type, plusieurs sous-variétés, (Demars et Laurent, 1989). La typologie se définit donc comme une technique capable de définir les cultures préhistoriques, de les classer dans le temps et d'en établir une chronologie relative. En théorie, elle ressemble à un meuble à tiroirs dans lesquels les vestiges sont rangés. Toutefois, la pratique est plus complexe puisqu'il faut prendre en compte le caractère aléatoire du comportement humain, l'influence de la matière première sur les techniques de taille et l'existence de pièces ratées ou ébauchées.

Les approches méthodologiques sont nombreuses. Les typologies inductives conduisent à la construction de listes analytiques basées sur une description systématique (G. Laplace pour le Paléolithique supérieur et F. Bordes pour le Paléolithique moyen), (Laplace, 1964 ; Bordes, 1961). La typologie synthétique de D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot diffère nettement puisqu'elle se propose, à partir d'une synthèse déjà établie, de fournir une clé de la détermination d'un nouvel élément, (Sonneville-Bordes et Perrot, 1954-1956). Enfin, les approches fonctionnelles entrent dans le cadre hypothético-déductif de la New Archaeology, (Binford et Binford, 1966).

II. LE DÉBITAGE.

II.1. LE NUCLEUS.

Le nucleus est le bloc de pierre sur lequel l'homme préhistorique frappe à l'aide d'un percuteur pour obtenir des éclats et des lames. Sa définition reste sensiblement constante : "bloc de matière première d'où ont été tirés éclats, lames ou lamelles" (Tixier, 1963), "toute masse de matière première débitée prend caractère de nucleus" (Leroi-Gourhan, 1965). Pour le Paléolithique supérieur, D. de Sonneville-Bordes retient une liste de six catégories : les types *prismatiques*, *pyramidaux*, *globuleux*, *informes*, *discoïdes* et *Levallois*, (Sonneville-Bordes, 1960).

Les produits de décortilage possèdent une surface naturelle recouverte de cortex. La terminologie est assez confuse : *calotte de préparation*, *entame*, *éclat d'amorçage*, *d'épannelage* ou de *décortilage*, ... Nous retiendrons l'emploi du terme *entame* pour caractériser le "premier éclat enlevé d'un bloc de matière première" (Tixier, 1963) et celui de *décortilage* pour l'élimination complète du cortex de la surface du nucleus.

Les vestiges de préparation et de réavivage groupent les *lames à crête*, les *flancs de nucleus* et les *tablettes d'avivage*. Les *lames à crête* sont des "lames qui ont emporté soit le bord du plan de frappe du nucleus, soit une arête latérale faite pour la préparation du nucleus", (Sonneville-Bordes, 1960). Lorsque la face de débitage est détériorée à la suite de multiples enlèvements, il faut recourir à un réavivage qui produit des *flancs de nucleus*. Enfin, les *tablettes d'avivage* ont pour but de faire disparaître du plan de frappe les négatifs des conchoïdes de percussion. Elles présentent un contour polygonal, les faces inférieures et supérieures étant planes et sensiblement parallèles.

II.2. LES PRODUITS DE DÉBITAGE.

Le débitage consiste à frapper un bloc de pierre à l'aide d'un percuteur soit directement, soit indirectement ou par pression. Les produits de débitage sont donc les fragments extraits du nucleus. Ils ont été décrits par A. Leroi-Gourhan : *éclats*, *lames* et *lamelles* sans oublier les *esquilles de débitage* (petits éclats sub-circulaires assez plats dont le module est généralement inférieur à 2 cm) et les *débris* (ou cassons), (Leroi-Gourhan, 1965).

La limite conventionnelle entre éclat et lame varie suivant les auteurs. D. de Sonneville-Bordes considère que "le fragment détaché par le coup de percuteur est un éclat si sa longueur est inférieure à deux fois sa largeur maximale, la longueur prise dans le prolongement de l'axe de percussion, la largeur perpendiculairement. C'est une lame si sa longueur est égale ou supérieure à deux fois sa largeur", (Sonneville-Bordes, 1960). A. Leroi-Gourhan et G. Laplace considèrent la pièce comme une lame si le rapport L/l est supérieur à 4, et comme éclat laminaire s'il est compris entre 2 et 4, (Leroi-Gourhan, 1965 ; Laplace, 1964).

Pour A. Cheynier, il faut "réserver le nom de lamelles à des lames dont la longueur ne dépasse guère 5 cm", (Cheynier, 1956). Pour D. de Sonneville-Bordes, ce critère de longueur n'est pas exclusif et leur faible longueur doit être associée à une largeur et une épaisseur réduite, (Sonneville-Bordes, 1960). J. Tixier fournit une clé métrique : "une lamelle présente une largeur de moins de 12 mm", (Tixier, 1963). Pour A. Leroi-Gourhan, la séparation entre lames et lamelles dépend du module et de l'allongement, (Leroi-Gourhan, 1965). Nous retiendrons ici les limites conventionnelles suivantes :

- *Éclat* : Pièce entière ou fragmentée ayant conservé son talon ou son bulbe et dont l'indice d'allongement est inférieur à 2.
- *Lame* : Pièce entière ou fragmentée ayant conservé son talon ou son bulbe et dont l'indice d'allongement est supérieur à 2.
- *Lamelle* : Lame dont la largeur maximale est inférieure à 15 mm.

III. LA RETOUCHE.

III.1. ÉTUDE MORPHOTECHNIQUE.

L'étude morphotechnique de la retouche doit être considérée comme un ensemble, l'association de plusieurs caractères étant plus significative que la présence ou l'absence d'un attribut pris isolément. C'est dans ce sens que les recherches de A. Leroi-Gourhan se sont orientées pour l'établissement de sa typologie descriptive, (Leroi-Gourhan, 1965). G. Laplace propose un système de classification basé sur trois caractères : le *mode*, l'*ampleur* et la *délinéation* (délinéament), l'ensemble étant complété par un dernier critère, l'*orientation*, (Laplace, 1964).

L'incidence (mode) est caractérisée par l'angle entre la retouche et la face d'éclatement. A. Cheynier oppose la retouche *oblique* ($< 45^\circ$) et la retouche *abrupte* ($> 45^\circ$), (Cheynier, 1956). La retouche abrupte est définie par D. de Sonneville-Bordes comme "détrui(sant) le tranchant par des retouches prenant plus ou moins l'épaisseur de la pièce, perpendiculairement à la face d'éclatement", (Sonneville-Bordes, 1960). J. Tixier introduit une distinction entre la retouche *abrupte simple* et *abrupte croisée sur enclume*, (Tixier, 1963). Pour A. Leroi-Gourhan elle est *rasante* si l'angle est voisin de 10° , *très oblique* vers 30° , *abrupte* vers 70° et *verticale* à 90° , (Leroi-Gourhan, 1965).

La régularité du tranchant montre les types *régulier* ou *irrégulier*, *réaffuté*, *denticulé* ou *encoché* pour A. Leroi-Gourhan et *continu* ou *denticulé* pour G. Laplace, (Laplace, 1964 ; Leroi-Gourhan, 1965).

La direction des enlèvements (orientation) groupe les types *direct* qui part de la face d'éclatement vers la face supérieure, *inverse* dont les enlèvements sont orientés vers la face inférieure et *biface* qui combine les deux types précédents, (Leroi-Gourhan, 1965). La retouche *alterne* associe sur deux bords opposés une retouche directe et inverse, (Bordes, 1961). Enfin, J. Tixier considère le type *croisé sur enclume*, (Tixier, 1963).

La localisation de la retouche reçoit le nom de *proximale* si elle occupe la partie du support la plus proche du talon, de *distale* si elle est opposée à celui-ci et enfin de *mésiale* si elle se situe dans la partie médiane, (Leroi-Gourhan, 1965).

L'étendue de la retouche (ampleur) peut être *marginale* dans le cas où elle n'entame que très modérément les marges de la pièce ou *profonde* si elle modifie largement les contours de celle-ci, (Bordes, 1961 ; Sonneville-Bordes, 1960). A. Leroi-Gourhan développe une méthodologie différente puisqu'il dissocie la retouche des bords et des plats. Pour les plats, il reprend les dénominations de *couvrante* si une grande partie de la face supérieure est recouverte et d'*envahissante* dans le cas où elle s'étend sur la face d'éclatement du support, (Leroi-Gourhan, 1965). Pour les bords, il distingue la retouche *sommaire*, *laminaire* et *écailleuse* ou *scalariforme*, comme G. Laplace, (Laplace, 1964). Enfin, J. Virmont reconnaît la retouche *composite* qui résulte de l'association de la retouche sommaire et d'un fin grignotage du tranchant, (Virmont, 1981).

III.2. LES RETOUCHES DU PALÉOLITHIQUE SUPÉRIEUR.

La retouche écailleuse dite "aurignacienne" est "analogue à la retouche du Moustérien de type Quina : retouche semi-abrupte, mordant largement sur la lame par écailles qui se chevauchent les unes les autres, comme les écailles d'un poisson.", (Sonneville-Bordes, 1960).

La retouche abrupte "détruit le tranchant de la lame ou de l'éclat par des retouches prenant plus ou moins l'épaisseur de la pièce, perpendiculaires à la face d'éclatement, et partant d'un seul côté ou des deux. Il se produit ainsi un *dos* plus ou moins épais.", (Sonneville-Bordes, 1960).

La retouche en raclette est "obtenue par une série continue de retouches *très abruptes* généralement étroites, perpendiculaires aux deux faces de la lame ou de l'éclat. Elle détermine un bord mousse régulier, d'épaisseur presque constante.", (Sonneville-Bordes, 1960).

La retouche parallèle dite "solutréenne" est une "retouche plate, étroite, allongée, à bords parallèles ou sub-parallèles, traversant parfois toute la largeur de la pièce retouchée ainsi.", (Sonneville-Bordes, 1960). A. Leroi-Gourhan et F. Bordes y distinguent les types *transverse*, *en écharpe* et *en chevrons*, (Bordes, 1947 ; Leroi-Gourhan, 1965).

La retouche "protomagdalénienne" a été signalée par D. Peyrony puis F. Bordes à Laugerie-Haute Est et J. Virmont au Blot, (Bordes, 1958, 1978 ; Peyrony, 1938 ; Virmont, 1981). Bien qu'aucune définition ne soit actuellement proposée, elle est opposée à la retouche *ordinaire*.

IV. LE FAÇONNAGE DES BURINS.

Le burin a été signalé pour la première fois par E. Lartet et H. Christy : “les grattoirs se terminent du côté opposé à la taille à petits éclats, en pointe à biseau assez large, espèce de *taraud* (dont les fractures latérales sont) perpendiculaires à la face plane et en angle avec l’axe de l’éclat”, (Lartet et Christy, 1865).

IV.1. LES CLASSIFICATIONS.

L. Bardon, A. et J. Bouyssonie proposent un système de classification en 8 types : en bec de flûte, busqué à encoche et sans encoche, polyédrique, prismatique ou nucléiforme, à troncature retouchée latérale ou plan et à un enlèvement sur fracture, (Bardon et Bouyssonie, 1910).

M. Bourlon oppose les burins à biseau rectiligne aux burins à biseau polygonal. Le tableau qu’il présente est à la base de classements similaires proposés par L. Pradel et A. Cheynier, (Bourlon, 1911 ; Cheynier, 1963 ; Noone, 1934 ; Pradel, 1963, 1976).

Sur les bases de la typologie statistique, D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot ont réalisé une classification des burins en deux catégories : les dièdres et les types sur troncature retouchée, quelques outils singuliers (burin busqué, bec de perroquet, de Noailles) à valeur chronologique ou culturelle plus forte venant compléter l’ensemble, (Sonneville-Bordes et Perrot, 1953-1956).

G. Laplace, dans sa *typologie analytique*, établit un classement “exhaustif” : Burin simple (à un pan, à deux pans, à pan latéro-transversal, à retouche d’arrêt), Burin sur cassure, Burin sur retouche latérale (à pan latéral, à pan transversal, à retouche d’arrêt), Burin sur retouche transversale, (Laplace, 1964, 1972).

Enfin, A. Leroi-Gourhan présente un ensemble de caractères qui, par leurs combinaisons, permettent une description et une attribution précise à un type significatif, (Leroi-Gourhan, 1965).

IV.2. LES ÉTUDES TYPOMÉTRIQUES.

J.Ph. Rigaud distingue les burins sur cortex ou surface de débitage, sur cassure ou fracture, nucléiformes, sur troncature retouchée, transversaux, multiples sur troncature retouchée et multiples mixtes et, parmi les dièdres, les types droit, déjeté, d’angle et multiple. Pour les troncatures retouchées, il reconnaît les variétés du lexique typologique de D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot. Son étude se poursuit par une analyse morphologique des biseaux qui souligne des différences assez nettes entre les sites gravettiens étudiés ici, (Rigaud, 1966).

L’article de H.L. Movius et N.C. David se propose d’étudier la retouche tertiaire et les burins du Raysse, (Movius et David, 1970). Les auteurs analysent les caractères de ces différents vestiges recueillis à l’abri Pataud (c. 4) et proposent un modèle de façonnage de ces objets. Cette étude permet en outre de compléter de manière dynamique la première définition de L. Pradel, (Pradel, 1965, 1966).

G. Onoratini opte pour un classement des burins simples suivant la position du biseau par rapport à l’axe de débitage et la composition des surfaces. Il reconnaît, par croisement deux à deux des attributs, 45 types de burins élémentaires dont l’arête est caractérisée par un système de mesure de trois angles, (Onoratini, 1980, p. 332 et fig. 4).

Pour F. Djindjian, le burin est considéré comme un outil résultant d’une succession de gestes techniques bien précis respectant l’ordre du façonnage : sélection du support, préparation du plan de frappe, enlèvement du ou des coup(s) de burin, caractérisation du biseau, réactivages et enfin

morphologie de l'outil obtenu, (Djindjian, 1980, 1986, 1991). Une étude factorielle permet de mettre en évidence les différentes phases de l'Aurignacien et du Gravettien à la Ferrassie (fouilles H. Delporte, 1984).

V. LA TYPOLOGIE STATISTIQUE.

La méthode dite *statistique* a été introduite par F. Bordes pour l'étude du Paléolithique inférieur et moyen, (Bordes, 1950, 1961 ; Bourgon, 1957). Son principe consiste à dresser un inventaire de l'ensemble des vestiges, inventaire traduit ensuite sous la forme d'un graphique cumulatif. Il fut adapté par D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot au Paléolithique supérieur, (Sonneville-Bordes, 1975 ; Sonneville-Bordes et Perrot, 1953-1956).

V.1. LE LEXIQUE TYPOLOGIQUE.

A partir d'un vocabulaire très polymorphe, D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot ont constitué une première liste de 92 références dont la dernière rassemble les pièces inclassables dans les autres types. Les outils sont regroupés par grandes catégories : grattoirs, outils composites, perçoirs, burins, outils gravettiens, lames tronquées, lames retouchées, outils solutréens, outils "archaïques" et microlithes. Afin de minimiser la variabilité des décomptes suivant les auteurs, les outils à morphologie voisine sont groupés et le qualificatif de *typique* ou *d'atypique* est associé parfois à certains d'entre eux (grattoirs sur lame, pointes de la Gravette par exemple).

Contrairement à l'approche de G. Laplace, les outils multiples ont été traités à part. D. de Sonneville-Bordes considère que le morcellement d'un outil multiple en plusieurs outils élémentaires revenait à masquer, peut-être artificiellement, un caractère original de l'industrie. Enfin, devant l'incertitude sur la représentation des lamelles à dos dans les séries anciennes, l'ensemble a été groupé en fin de liste.

La liste-type de 1953 a été légèrement modifiée en 1960 dans laquelle l'auteur souligne l'intérêt d'y adjoindre les lames appointées en n° 92, les outils divers étant rejetés en 93. Quelques aménagements ont été proposés tels que le remplacement du burin plan par le burin du Raysse (n° 44) et de la pointe des Vachons par l'élément tronqué (n° 51).

Pour notre part, nous avons distingué les lames retouchées "simples" (n° 65-66) des lames à retouche écailleuse sur 1 ou 2 bords (n° 67a et 67b). Nous présentons sur la figure 1 le lexique utilisé dans ce travail.

V.2. LES INDICES TYPOLOGIQUES.

Les indices typologiques définis par D. de Sonneville-Bordes permettent la différenciation des principales cultures du Paléolithique supérieur, les indices en italique n'étant pas utilisés ici, (Sonneville-Bordes, 1960).

$$IG = \frac{\text{grattoirs (n° 1 à 15)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}}$$

$$IGA = \frac{\text{grattoirs carénés et à museau (n° 11 à 14)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}}$$

$$IB = \frac{\text{burins (n° 27 à 44)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}}$$

1	Grattoir simple sur bout de lame	48	Pointe de la Gravette
2	Grattoir simple sur bout de lame atypique	49	Pointe de la Gravette atypique
3	Grattoir double	50	Microgravette
4	Grattoir ogival	51	Élément tronqué
5	Grattoir sur lame retouchée	52	Pointe de Font-Yves
6	Grattoir sur lame aurignacienne	53	Pièce gibbeuse à bord abattu
7	Grattoir en éventail	54	Fléchette
8	Grattoir sur éclat	55	Pointe à soie
9	Grattoir circulaire	56	Pointe à cran atypique
10	Grattoir unguiforme	57	Pièce à cran
11	Grattoir caréné	58	Lame à bord abattu total
12	Grattoir caréné atypique	59	Lame à bord abattu partiel
13	Grattoir à museau	60	Lame à troncature retouchée droite
14	Grattoir à museau plat	61	Lame à troncature retouchée oblique
15	Grattoir nucléiforme	62	Lame à troncature retouchée concave
16	Rabot	63	Lame à troncature retouchée convexe
17	Grattoir-Burin	64	Lame bitronquée
18	Grattoir-Lame tronquée	65	Lame à retouche continue sur un bord
19	Burin-Lame tronquée	66	Lame à retouche continue sur deux bords
20	Perçoir-Lame tronquée	67a	Lame à retouche écaillée sur un bord
21	Perçoir-Grattoir	67b	Lame à retouche écaillée sur deux bords
22	Perçoir-Burin	68	Lame étranglée
23	Perçoir	69	Pointe à face plane
24	Bec	70	Feuille de laurier
25	Perçoir multiple	71	Feuille de saule
26	Microperçoir	72	Pointe à cran typique (solutrénne)
27	Burin dièdre droit	73	Pic
28	Burin dièdre déjeté	74	Encoche
29	Burin dièdre d'angle	75	Denticulé
30	Burin d'angle sur cassure	76	Pièce esquillée
31	Burin dièdre multiple	77	Racloir
32	Burin busqué	78	Raclette
33	Burin bec de perroquet	79	Triangle
34	Burin sur troncature retouchée normale	80	Rectangle
35	Burin sur troncature retouchée oblique	81	Trapèze
36	Burin sur troncature retouchée concave	82	Rhombe
37	Burin sur troncature retouchée convexe	83	Segment de cercle
38	Burin transversal sur retouche latérale	84	Lamelle tronquée
39	Burin transversal sur encoche	85	Lamelle à dos
40	Burin multiple sur troncature retouchée	86	Lamelle à dos tronquée
41	Burin multiple mixte	87	Lamelle à dos denticulée
42	Burin de Noailles	88	Lamelle denticulée
43	Burin nucléiforme	89	Lamelle à encoche
44	Burin du Raysse	90	Lamelle Dufour
45	Couteau de l'abri Audi	91	Pointe azilienne
46	Pointe de Chatelperron	92	Lame appointée
47	Pointe de Chatelperron atypique	93	Divers

Figure 1 : Lexique typologique du Paléolithique Supérieur (d'après D. de Sonneville-Bordes, 1960).

$$\begin{aligned} \text{IP} &= \frac{\text{perçoirs et becs (n° 23 à 26)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IBd} &= \frac{\text{burins dièdres (n° 27 à 31)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IBt} &= \frac{\text{burins sur troncature retouchée (n° 34-37 et 40)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \end{aligned}$$

Pour notre part, nous avons ajouté 7 indices supplémentaires :

$$\begin{aligned} \text{IOc} &= \frac{\text{outils composites (n° 17 à 22)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IPD} &= \frac{\text{pointes de la Gravette (n° 48 à 50)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IT} &= \frac{\text{lames tronquées (n° 60 à 64)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{ILR} &= \frac{\text{lames retouchées (n° 65 à 68)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IEsq} &= \frac{\text{pièces esquillées (n° 76)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IOA} &= \frac{\text{outils archaïques (n° 74, 75, 77 et 78)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \\ \text{IMic} &= \frac{\text{microlithes (n° 84 à 89)}}{\text{totalité de l'outillage (n° 1 à 93)}} \end{aligned}$$

V.3. LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES.

Historiquement, les premières représentations graphiques ont été les *histogrammes* et les *rectangles proportionnels*, (Sonneville-Bordes, 1955 ; Sonneville-Bordes et Perrot, 1953). Mais contrairement à la méthode développée par F. Bordes où ils fournissent une vision simple de l'équilibre entre les différents groupes typologiques, les *graphiques cumulatifs* seront exclusivement utilisés pour le Paléolithique supérieur, (Sonneville-Bordes, 1960).

Par la suite, d'autres représentations graphiques ont été proposées comme les *diagrammes rayonnants* et les *diagrammes triangulaires*.

Les *diagrammes rayonnants* ont été introduits par H. Delporte à propos de l'Aurignacien de la Ferrassie : IB (burins), IGA (grattoirs aurignaciens), IGM (grattoirs à museau), IBb (burins busqués), IGI (grattoirs sur lame) et ILA (lames aurignaciennes), (Delporte, 1984). Ils mettent en évidence l'existence de quatre phases correspondant à l'Aurignacien I, l'Aurignacien II, l'Aurignacien III et l'Aurignacien IV, (Delporte et Mazière, 1977)

J.M. Le Tensorer propose l'utilisation d'un diagramme rayonnant qui "permet d'appréhender globalement les caractéristiques d'une industrie" à partir d'un ensemble de 12 indices typologiques, à partir de la nouvelle liste-type publiée en 1972, (Le Tensorer, 1981 ; Morala, 1984). J.M. Le Tensorer met ainsi en évidence l'existence de rayons caractéristiques de l'Aurignacien (rayons 1, 2 et 3), du Gravettien (rayons 5 et 6), du Solutréen (rayon 7), du Badegoulien (rayons 8 et 9), du Magdalénien moyen et supérieur (rayons 8 à 12) et de l'Azilien (rayon 12). Une correspondance avec la liste-type originale a été proposée par A. Morala, (Morala, 1984).

Les diagrammes triangulaires ont été proposés par H. Laville et J.Ph. Rigaud qui mettent en évidence des variations relatives entre les pointes de la Gravette, les burins de Noailles et les burins de Bassaler dans le "Périgordien V₃ à burins de Noailles", (Laville et Rigaud, 1973). M. Lenoir les utilise pour l'étude du Badegoulien, sur la base des variations relatives du triplet Grattoir-Burin-Raclette, (Lenoir, 1988).

VI. LA NOTION DE FOSSILE DIRECTEUR ET D'ATTRIBUT.

VI.1. LES FOSSILES DIRECTEURS.

Ils ont été à la base de la connaissance dans une période classificatoire de l'archéologie. Les types osseux servirent à l'élaboration des chronologies du Paléolithique supérieur. Pour l'industrie lithique, ils sont également nombreux : pointe de Chatelperron pour le "Périgordien I", lamelle Dufour, burin busqué, grattoir caréné ou à museau et lame étranglée pour l'Aurignacien, pointe de la Font-Robert, élément tronqué et burin de Noailles pour les trois stades du "Périgordien V", pointe à face plane, feuille de laurier et pointe à cran pour le Solutréen, raclette et burin transversal pour le Badegoulien, triangle scalène pour le Magdalénien II, burin bec-de-perroquet, pointe de Laugerie-Basse et canif de Villepin pour le Magdalénien final.

Toutefois, les recherches récentes ont minimisé leur portée, la méthode statistique ayant montré l'intérêt de l'analyse de l'ensemble des artefacts. Par ailleurs, les études multivariées effectuées sur la totalité du matériel ne confirment pas et même parfois infirment les modèles précédemment établis sur la notion de présence/absence d'un *fossile directeur*, bien que certains d'entre eux possèdent encore une valeur structuratoire.

En conclusion, il apparaît que la notion de *fossile directeur* ne doit pas être appliquée comme une loi générale du comportement humain. Si certains d'entre eux possèdent encore une valeur extrinsèque, l'étude de l'industrie lithique doit prendre en compte la totalité du matériel. Nous préférons donc le terme d'outils caractéristiques qui, associés les uns aux autres, permettent de dégager des tendances générales capables d'infirmer ou de confirmer une attribution chronologique ou culturelle établie sur d'autres bases (typologie, sédimentologie, ...).

VI.2. LA NOTION D'ATTRIBUT.

La notion d'attribut a été introduite par les auteurs anglo-saxons (*attribute analysis*). Il se définit comme ce qui est propre à quelque chose ou à quelqu'un et permet une description précise de chaque individu. En archéologie préhistorique, ils peuvent être qualitatifs purs, qualitatifs exclusifs, semi-quantitatifs et enfin quantitatifs purs. Les applications de l'analyse des attributs sont nombreuses et variées : reconnaissance des formes, structuration culturelle basée sur l'évolution des techniques de façonnage ou sur l'ensemble de l'industrie, analyse technique de l'outillage lithique, détermination des caractères discriminants d'un outil, ...

A partir de caractères qualitatifs et quantitatifs, G. Onoratini propose un classement des pointes à cran par une étude métrique qui reconnaît trois ensembles : pointe de la Bouverie, pointe de Kostienki et pointe de Willendorf, (Onoratini, 1978). Son analyse des burins simples est basée sur une description qualitative et métrique. Elle conduit à un codage qui n'est pas sans rappeler le vocabulaire de la typologie analytique, (Laplace, 1964 ; Onoratini, 1980).

J.Ph. Rigaud étudie les burins du Gravettien de Corbiac par une série de caractères qualitatifs qui se rapprochent d'une description semblable à celle effectuée par le lexique typologique de D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot. Il procède ensuite à une analyse statistique univariée des sites de Corbiac et de Laugerie-Haute Est, (Rigaud, 1966).

F. Djindjian a isolé par des méthodes typométriques les burins de Noailles. Le descripteur est constitué de variables concernant le débitage, l'enlèvement du coup de burin, la préparation du plan de frappe, la morphologie du biseau et son réavivage. Après codage disjonctif complet, une analyse quantitative met en évidence deux classes correspondant aux burins sur troncature retouchée et aux burins de Noailles. L'auteur propose alors une clé de la détermination du burin de Noailles, par rapport au burin sur troncature retouchée, (Djindjian, 1977).

F. Djindjian a mis en évidence une variabilité dans la technique de façonnage des burins à la Ferrassie, (Djindjian, 1980, 1986 ; Delporte et alii, 1984). A partir d'une description qualitative semblable à la précédente, l'analyse factorielle des correspondances permet d'appréhender l'évolution du façonnage des burins au cours de l'Aurignacien. La classification ascendante hiérarchique fournit 4 classes correspondant aux quatre stades chronologiques reconnus.

J.K. Kozlowski et M. Lenoir analysent les pointes de la Gravette de quatre sites gravettiens. La description des pièces est effectuée par des caractères qualitatifs et métriques. Après une classification automatique sur les données, les auteurs mettent en évidence une variabilité morphologique inter-site et concluent : "les essais de reproduction expérimentale témoignent d'une assez grande standardisation, nous pensons que la variabilité des pièces à dos reflète plutôt le style individuel ou la marque du tailleur" (Kozlowski et Lenoir, 1988).

VII. CONCLUSION.

L'industrie lithique constitue, au Paléolithique supérieur, un matériel d'étude privilégié du fait de sa conservation. Elle peut, si elle est assez abondante, non mélangée, non appauvrie artificiellement par un tri sélectif et recueillie dans des conditions stratigraphiques précises, donner lieu à des décomptes statistiques permettant d'appréhender les proportions relatives des diverses entités morphotechniques reconnues comme *types*. Des comparaisons sont alors possibles entre des séries de référence et des assemblages nouveaux.

La variabilité de l'industrie lithique possède des causes multiples : changements diachroniques, variations géographiques, variabilité fonctionnelle, influence de la matière première. Si l'apport principal de l'analyse typologique est constitué par un ensemble d'informations technologiques, il ne faut pas négliger les activités et le comportement des hommes préhistoriques. Le choix, les caractéristiques morphologiques, la facture et le style de l'outillage ainsi que la structure statistique reflètent les habitudes culturelles et les traditions des groupes humains. La définition des entités taxinomiques est donc possible, sous réserve qu'ils répondent à certaines conditions de fiabilité.

On assiste depuis quelques années à un renversement de tendance puisque les définitions ne sont plus basées sur la notion de présence/absence d'un outil reconnu comme *fossile directeur* mais font maintenant largement appel à la comparaison de la fréquence relative des grandes classes d'outils. En parallèle, des analyses complémentaires enrichissent la connaissance : morphologie, morphométrie, mode de façonnage ou d'utilisation, notion de *style*. C'est d'ailleurs l'observation de l'association des

caractères morphotechniques qui permet de définir les types sélectionnés lors de l'établissement des lexiques typologiques. Cette notion de reconnaissance par une perception globale des *attributs* est à la base de la typologie.

Les outils préhistoriques ont été fabriqués pour un usage donné suivant une technique précise qui peut être reproduite. La conception de la typologie est de reconnaître des *types* dans une optique classificatoire. Il y a donc discordance entre le choix du préhistorique pour obtenir un résultat en terme d'efficacité et celui des archéologues dont la démarche peut varier en fonction des objectifs de l'analyse, de l'expérience et des motivations de l'observateur. Ce problème théorique est partiellement résolu par les typologies actuelles dont la problématique a été définie de manière précise au préalable à leur élaboration : reconnaissance des entités taxinomiques du Paléolithique supérieur et attribution d'une nouvelle série à la structure pour D. de Sonnevill-Bordes.

B. LES MÉTHODES QUANTITATIVES.

Les prémisses du mouvement quantitatif en archéologie se sont dessinés à la faveur de l'introduction de la typologie statistique, sous l'impulsion de F. Bordes pour le Paléolithique inférieur et moyen et D. de Sonneville-Bordes pour le Paléolithique supérieur, (Bordes, 1953, 1961 ; Sonneville-Bordes et Perrot, 1953-1956). De nouveaux courants sont apparus aux U.S.A. et en Angleterre dans une optique fonctionnelle ou hypothético-déductive, (Binford, 1972 ; Clarke, 1968 ; Renfrew, 1984). En France, un premier principe méthodologique a été complété par un exposé sur l'ensemble des méthodes statistiques, (Djindjian, 1980, 1991).

I. LES MÉTHODES ET TECHNIQUES.

I.1. LES MÉTHODES.

Nous développerons ici plus particulièrement les méthodes archéologiques ayant donné lieu à une application dans le cadre de ce travail, à savoir l'analyse typologique, la structuration des ensembles industriels et l'analyse spatiale de l'habitat.

Dans les années 1980, *l'analyse spatiale de l'habitat* engendre une série de techniques multidimensionnelles : classification sur coordonnées, Unconstrained Clustering et structuration spatiale sous contraintes topographiques, (Kintigh et Ammermann, 1982 ; Whallon, 1984 ; Djindjian, 1988).

L'analyse typologique regroupe un ensemble de techniques ayant pour but l'analyse de la morphologie, de la technologie, des décorations ou même de la composition chimique d'un corpus d'objets. Plusieurs méthodologies ont été proposées : une approche inductive totale entraînant une multitude de mesures fournissant généralement un mélange de structures (Benzécri, 1973) ou une approche itérative avec description guidée dont le traitement laisse apparaître des structures optimisables, (Djindjian, 1991).

La structuration des ensembles industriels utilise l'association de l'analyse factorielle des correspondances ou de l'analyse en composantes principales et de la classification ascendante hiérarchique. Les techniques de structuration sont actuellement les plus développées, à cause d'un état de la connaissance très avancé dans le domaine des industries du Paléolithique supérieur.

I.2. L'INFORMATION.

L'information archéologique peut être appréhendée par une mesure instrumentale fournie par un appareil de datation, de caractérisation physico-chimique, de mensurations ou par un codage descriptif. Dans le premier cas, on doit considérer d'une part l'estimation de la valeur obtenue par extrapolation et d'autre part son enregistrement par des procédés automatisés ou non.

La quantification fournit une mesure expérimentale dont *la précision et la reproductibilité* peuvent être appréhendées (incertitude de mesure). Dans le cas de données archéologiques, il convient de l'utiliser avec précaution : précision, définition imprécise, reproductibilité non satisfaite ou laissant une part à l'interprétation, signification ambiguë ou multiple, ...

L'information archéologique brute ne possède en général pas la qualité statistique requise pour des traitements mathématiques. Il est donc nécessaire d'opérer une *codification*. Dans le cas de variables continues, les distributions seront *régularisées* ou transformées en rangs. Dans le cas de variables discrètes, elles seront transformées en modalités en respectant un certain équilibre dans les effectifs de ces différentes modalités.

Le traitement mathématique d'un tableau de données nécessite *la mise en forme de la description* de façon à éviter des corrélations implicites ou explicites. Ce passage d'une *description syntaxique* à un *tableau de données formalisé* constitue l'étape cruciale de tout traitement quantitatif. On peut l'obtenir par le choix d'un niveau d'agrégation des variables, par simplification de la description ou par suppression ou recodification des modalités à effectif faible.

I.3. LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION.

La première étape de toute analyse statistique consiste à appréhender la distribution des variables sous forme d'histogrammes ou de cartes de densité. Ces méthodes simples mettent en évidence des structures *banales* pouvant amener un recodage des données.

Les tests statistiques issus de la "New Archaeology" présentent une certaine variabilité : tests de normalité et non paramétriques. F. Djindjian explique leur inaptitude à l'archéologie. "L'application du test du χ^2 à un tableau de correspondance mesurera l'amplitude des différences distributionnelles tandis que l'analyse factorielle des correspondances (distance du χ^2) pourra mettre en évidence une structure dans les différences distributionnelles. Il peut exister des situations où le résultat du test est négatif, alors qu'une structure nette, de faible amplitude, est révélée par l'analyse des données", (Djindjian, 1991).

L'analyse des données se propose de traiter d'une manière multidimensionnelle les données sous la forme d'une description qualitative, d'un inventaire, d'une fréquence, d'un vecteur de densité ou d'une répartition spatiale. *Les techniques* regroupent les analyses factorielles et celles de la classification.

L'analyse en composantes principales (ACP) opère sur des tableaux de variables continues en utilisant la distance euclidienne. *L'analyse factorielle des correspondances* (AFC) traite indifféremment des tableaux de présence/absence, de comptage, de fréquence ou codés disjonctifs complets (tableau de Burt). Elle utilise la notion du χ^2 entre individus et de coefficient d'association du χ^2 entre variables. *Les techniques de classification* sont très nombreuses : ascendantes, divisives ou non hiérarchiques, (Jambu et Lebeaux, 1978 ; Lerman, 1981 ; Sokal et Sneath, 1963). Elles s'appliquent après une technique multidimensionnelle de façon à formaliser les structures de partition, en utilisant la même la distance (distance du χ^2 pour l'AFC et distance euclidienne pour l'ACP).

II. L'ANALYSE TYPOLOGIQUE.

II.1. HISTORIQUE.

Le test d'association de caractères est basé sur le test du χ^2 , (Spaulding, 1953). *La Matrix Analysis* propose la réorganisation des lignes et des colonnes d'un tableau, manuellement suivant la méthode de *la graphique* de J. Bertin, (Bertin, 1967).

Les méthodes développées par *la Biométrie* sont celles de la statistique descriptive classique (tests non paramétriques). Contrairement à l'anthropologie où l'analyse discriminante a été fréquemment utilisée, elles ne sont pas applicables à l'archéologie.

La taxinomie numérique est une méthode issue des sciences de la terre, (Sokal et Sneath, 1963). Les premières techniques utilisées furent les classifications ascendantes hiérarchiques (Cluster Analysis). D'un point de vue algorithmique, ces programmes présentent quelques inconvénients : critères d'agrégation peu performants, gourmandise en mémoire et en temps de calcul. Les classifications non hiérarchiques groupent ISODATA, les k-means et les nuées dynamiques, (Ball et Hall, 1966 ; Diday, 1971 ; Mc Queen, 1967).

II.2. MÉTHODOLOGIE.

L'analyse typologique doit résoudre trois problèmes techniques : mettre au point une (R+Q)-méthode capable de traiter simultanément les individus et les variables de façon à construire des partitions interactives optimisant les structures, utiliser en classification des critères d'agrégation plus performants et enfin pouvoir traiter des tableaux contenant à la fois des caractères qualitatifs et quantitatifs. Elle doit également satisfaire à une formalisation de la description en trois étapes : un guidage de la description sur le principe de la valeur intrinsèque des caractères, une définition de typologies partielles (technologiques, fonctionnelles ou morphologiques) se substituant au concept *obsolète* des typologies globales, une validation des structures basée sur le fait que l'addition ou la suppression d'un caractère ne doit pas modifier fondamentalement l'interprétation intrinsèque et extrinsèque des classes.

Dans *la constitution du corpus*, l'archéologue doit tenir compte de deux contraintes : la définition du corpus et l'effectif du système. Dans le premier cas, l'ensemble clos possède une valeur chronologique, culturelle ou territoriale, le niveau d'ouverture du système étant lié à la richesse des informations intrinsèques et extrinsèques. Dans le second cas, il faut s'assurer de l'effectif du système, condition nécessaire à l'emploi des techniques statistiques.

La description libre d'un vestige ne permet en général pas de construction de structuration, du fait d'une mauvaise *perception de l'information*. A l'inverse, la recherche de l'exhaustivité aboutit à une partition dont l'interprétation, la validité et la stabilité est sujette à caution du fait de la superposition de structures de signification différente. Il est alors nécessaire de séparer les principales sortes d'information intrinsèque (technologie, fonction, décor, ...) en *guidant la description* par itération jusqu'à ce que l'ajout ou la suppression de variables ne clarifie pas la structure. On arrive alors au stade de la redondance où l'interprétation archéologique peut être validée.

Si l'utilisation de graphiques simples (histogrammes, diagrammes, ...) est suffisante pour un *traitement de l'information* lorsque le corpus est décrit par un ensemble réduit de variables, il est nécessaire de recourir à des techniques sophistiquées pour des tableaux de grande dimension.

L'analyse typologique fournit une partition où chaque classe est caractérisée par une association préférentielle de caractères descriptifs. Par ailleurs, il est toujours possible de relier les classes à une information extrinsèque. A partir de ces *deux axes d'interprétation*, l'archéologue est amené à proposer des modèles.

II.3. LES TECHNIQUES.

D'un point de vue formel, *l'analyse typologique* se déroule en cinq étapes : le codage des données, la réduction multidimensionnelle, la mise en évidence de structures de partition, la classification sur l'espace réduit et la validation des résultats.

Le codage des données a pour but de ramener n'importe quel tableau sous la forme canonique individus x caractères (vestiges x description). Si la description de départ conduit à une matrice complexe, il convient de se ramener à cette forme par passage d'une syntaxe descriptive à une description codée.

La réduction multidimensionnelle utilise l'analyse factorielle des correspondances sur les tableaux disjonctifs complets et l'analyse en composantes principales sur les tableaux de mensurations. L'analyse des proximités peut également être utilisée. Il convient alors de définir son propre indice de similarité.

L'interprétation des axes factoriels met en évidence les caractères ou les associations de caractères responsables de la signification des axes. Dans le cas de l'analyse des proximités, il s'agit du rôle des caractères dans la proximité entre les individus. Il est parfois nécessaire de procéder à un retour aux données : complément de la description ou de la codification, élimination de facteurs parasites, ...

La classification automatique doit obligatoirement être effectuée sur l'espace factoriel réduit porteur de la structure, quelque soit la méthode de réduction et de classification utilisée. Par ailleurs, la distance utilisée doit être la même dans les deux cas.

La validation des résultats constitue actuellement le point faible des méthodes de l'analyse typologique puisqu'il existe pas de techniques stabilisées. La projection des individus aux nœuds de la classification permet toutefois d'obtenir un pourcentage d'individus bien classés.

II.4. LES APPLICATIONS.

II.4.1. Les pièces à dos.

Les pièces à dos (lamelles à dos, microgravettes, pointes et lames à dos) se présentent sous la forme de fragments. En conséquence, les variables de morphologie et de morphométrie ne constitueront pas des critères techniques pertinents. Nous avons alors opté pour le choix d'attributs qualitatifs. La typologie est constituée de 9 variables dont 8 découpées en modalités : 4 pour le support et 4 pour la retouche.

<i>Intégrité du support</i>	: Pièce entière, fragment proximal, mésial ou distal.
<i>Existence d'une association</i>	: Lamelle à dos simple, lamelle à dos tronquée, lamelle à dos denticulée, lamelle retouchée et lamelle à cran.
<i>Section du support</i>	: Section I, II, III ou IV, (Clay, 1968).
<i>Extrémités</i>	: Vierge ("Blank"), cassure, troncature ou pointe.
<i>Extension de la retouche</i>	: Retouche totale ou partielle.
<i>Continuité de la retouche</i>	: Retouche continue ou denticulée.
<i>Épaisseur de la retouche</i>	: Retouche épaisse ou mince.
<i>Orientation de la retouche</i>	: Retouche directe, inverse ou croisée.
<i>Aménagement de la pointe</i>	: Caractère qualitatif.

Pour mémoire, nous rappellerons les critères de distinction entre lamelle à dos et microgravette utilisée par D. Buisson pour le Gravettien du Blot, et par nous-mêmes ici, (Buisson, 1991) :

- Une microgravette possède à la fois les trois caractéristiques :
 - + Pièce entière, fragment proximal ou distal.
 - + Dos à retouche croisée.
 - + Retouche d'aménagement de la pointe ou d'amincissement de la base.

II.4.2. Les lames retouchées.

Pour les lames retouchées, nous proposons ici une typologie où les attributs de la retouche constitueront l'essentiel de l'information. Là encore, nous avons privilégié l'emploi de variables qualitatives découpées en modalités exclusives à celui de variables quantitatives. La typologie est constituée de 12 variables concernant l'intégrité du support (1 var.), le type de la lame (1 var.), les caractères morphotechniques de la retouche (7 var.) et du tranchant (3 var.).

<i>Intégrité du support.</i>	Pièce entière, fragment proximal, mésial ou distal.
<i>Type de la lame.</i>	Lame à retouches unilatérales, lame à retouches bilatérales, lame convergente.
<i>Ampleur de la retouche.</i>	Retouche marginale, profonde.
<i>Longueur de la retouche.</i>	Retouche courte, longue ($L_{ret}/L_{support} > 0,5 ; < 0,5$).
<i>Largeur de la retouche.</i>	Retouche élargie, normale ($l/L > 1 ; < 1$).
<i>Régularité de la retouche.</i>	Retouche régulière, irrégulière.
<i>Ampleur de la retouche.</i>	Retouche sommaire, lamellaire, écailleuse, "composite".
<i>Mode de la retouche.</i>	Retouche abrupte, simple, oblique, plate, surélevée ($> 70 ; 45-70 ; 30-45 ; < 30^\circ$).
<i>Extension de la retouche.</i>	Retouche totale, partielle.
<i>Délinéation du tranchant.</i>	Tranchant concave, convexe, rectiligne, sinueux.
<i>Régularité du tranchant.</i>	Tranchant régulier, irrégulier.
<i>Grignotage du tranchant.</i>	Caractère qualitatif.

Nous avons alors replacé ces résultats dans le cadre du Paléolithique supérieur. Pour cela, nous avons construit une nouvelle typologie suivant les mêmes principes : variables qualitatives découpées en modalités exclusives, découpage des variables quantitatives en classes d'intervalles, prenant ainsi en compte la variabilité du support (6 var.), les caractères morphotechniques de la retouche (14 var.) et du tranchant (4 var.). Cette seconde typologie s'articule comme suit (pour les nouveaux termes) :

<i>Taille (support)</i>	Support petit, moyen, grand ($L < 4 ; < 8 ; > 8$ cm).
<i>Allongement (support)</i>	Support large, assez long, long ($L/l < 1 ; < 2 ; > 2$).
<i>Épaissement (support)</i>	Support épais, assez épais, mince ($l/e < 2,5 ; < 3,5 ; > 3,5$).
<i>Morphologie (support)</i>	Bords parallèles, divergents, convergents ou irréguliers.
<i>Continuité (retouche)</i>	Retouche continue, discontinue.
<i>Épaisseur (retouche)</i>	Retouche mince, épaisse.
<i>Ampleur (retouche)</i>	Retouche sommaire, lamellaire, écailleuse, scalariforme, composite, couvrante.
<i>Mode = Incidence (retouche)</i>	Retouche abrupte, semi-abrupte, oblique, très oblique, plate (# 90 ; 70 ; 45 ; 30 ; 10°).
<i>Surélevée (retouche)</i>	Caractère qualitatif.
<i>Longueur (retouche)</i>	Retouche très grande, grande, moyenne, petite, très petite ($L > 12 ; > 7 ; > 3 ; > 1 ; < 1$ cm).
<i>Largeur (retouche)</i>	Retouche très étroite, étroite, normale, élargie ($L/l > 4 ; > 2 ; > 1 ; < 1$).
<i>Morphologie (retouche)</i>	Retouche parallèle, sub-parallèle, divergente, convergente.
<i>Profil (retouche)</i>	Retouche simple, récurrente.
<i>Recouvrement (retouche)</i>	Retouche contiguë, chevauchée.
<i>Orientation (retouche)</i>	Retouche directe, inverse, croisée.
<i>Profil (tranchant)</i>	Tranchant simple, récurrent.
<i>Tranchant denticulé.</i>	Caractère qualitatif.

II.4.3. Les burins.

La typologie construite ici est directement inspirée de celle utilisée par F. Djindjian pour l'étude des burins de la Ferrassie, (Djindjian, 1980, 1986). Le support est décrit par quatre variables : le type, la présence d'une retouche latérale et sa caractérisation, la présence d'une association avec un autre outil et l'intégrité du support ; le plan de frappe par quatre variables : le type, la délinéation, la position par rapport à l'axe de débitage et l'inclinaison par rapport à la face inférieure ; les négatifs des enlèvements par cinq variables : le nombre d'enlèvement(s), le type, l'inclinaison par rapport à la face inférieure, la position par rapport à l'axe de débitage et la présence ou l'absence d'une encoche ou d'une retouche d'arrêt ; le réactivation par deux variables : son type et la présence ou l'absence d'éventuel(s) vestige(s) d'ancien(s) enlèvement(s) et le biseau par trois variables : sa position sur la pièce, par rapport à l'axe de débitage et sa multiplicité.

Support.

Type	Eclat, lame, pièce à crête, bloc nucléiforme.
Retouche latérale	Retouche latérale "protomagdalénienne", retouche latérale autre, absence.
Association	Association avec un burin, association avec un autre outil, burin simple.
Intégrité	Support outrepassé, cassé après le coup de burin, cassé avant le coup de burin, cassé autre, intact.

Plan de frappe.

Type	Cassure, retouche, coup de burin, surface de débitage, pan latéral, oblitéré.
Délimitation	Plan de frappe convexe, concave, rectiligne, sinueux, indéterminé.
Position/axe de débitage	Plan de frappe transversal, oblique, latéral, latéro-transversal, indéterminé.
Inclinaison/face d'éclatement	Plan de frappe normal, aigu, obtus, tournant, indéterminable.

Enlèvements.

Nombre	1, 2, 3, 4 et plus.
Type	Type A, B1, B2, C1, C2, E, N.
Inclinaison/face d'éclatement	Normal, aigu, obtus, torse, tournant.
Position/axe de débitage	Parallèle, perpendiculaire, oblique.
Retouche d'arrêt	Caractère qualitatif.

Réavivage.

Type	Retroncature, reprise partielle dièdre, retouche tertiaire, retouche quaternaire, absence.
Vestiges	Caractère qualitatif.

Biseau.

Position	Biseau proximal, distal.
Position/axe de débitage	Biseau d'axe, déjeté à droite, à gauche, d'angle à droite, à gauche.
Multiplicité	Biseau simple, double, triple ou quadruple.

III. LA STRUCTURATION DES ENSEMBLES INDUSTRIELS.**III.1. HISTORIQUE.**

Historiquement, les méthodes de structuration montrent trois phases : la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle où l'approche naturaliste se développe, les années 1950-1960 où apparaissent les prémisses du mouvement quantitatif et enfin les 20 dernières années où l'emploi des mathématiques se trouve conforté par une problématique explicative.

L'archéologie des sciences naturelles est largement influencée par une approche naturaliste. La notion de *fossile directeur* domine et permet de caractériser des horizons qualifiés de *culturels* servant à l'établissement des premières chronologies du Paléolithique supérieur.

L'archéologie statistique débute dans les années 1950 par l'élaboration de lexiques typologiques. La construction d'une liste-type doit répondre à deux objectifs : proposer une description analytique dans le but d'identifier et de caractériser les cultures et accepter une méthode graphique de discrimination.

Historiquement, c'est J.E. Doran et F.R. Hodson qui publièrent la première méthode de *l'archéologie quantitative*, le Multidimensional Scaling, (Doran et Hodson, 1966). C'est également en 1966 que L.R. Binford et S.R. Binford utilisent la factor analysis, (Binford et Binford, 1966). L'analyse en composantes principales se développera suivant F.R. Hodson (Hodson, 1969) et les méthodes de classification sous le nom de *nuées dynamiques* et de *k-means*, (Jambu et Lebeaux, 1978 ; Lerman, 1981 ; Sokal et Sneath, 1963). L'analyse factorielle des correspondances propose une représentation simultanée des individus et des variables. Son utilisation conjointe à la classification automatique permet de définir des relations entre variables et individus, (Benzécri, 1973 ; Djindjian, 1980)

III.2. L'INFORMATION.

D'un point de vue formel, il existe deux types d'information : l'information intrinsèque et l'information extrinsèque.

L'information intrinsèque correspond à tout type d'information perçue sur le vestige : technique ou technologie de fabrication, fonction, style, valeur symbolique, décor et, d'une manière plus générale, une estimation d'un caractère dont le signifié archéologique est connu.

L'information extrinsèque concerne le contexte de l'objet : localisation géographique, stratigraphique ou chronologique, données paléolithologiques, contexte sédimentologique ou paléoécologique. Elle sera donc recueillie lors des fouilles et ne pourra plus être modifiée ou enrichie par la suite. En général, l'information extrinsèque sert rarement de support à une étude de structuration. Toutefois, l'interprétation de structures intrinsèques peut trouver, dans les caractères extrinsèques, une confirmation ou une infirmation.

III.3. LES GRAPHIQUES.

Historiquement, *le diagramme cumulatif* a été introduit par F. Bordes et M. Bourgon pour l'étude de l'industrie lithique du Moustérien, (Bordes et Bourgon, 1951). Il fut repris par D. de Sonneville-Bordes pour le Paléolithique supérieur, (Sonneville-Bordes et Perrot, 1953-1956).

Les histogrammes permettent de déterminer les différents groupes moustériens reconnus. Ils ont été repris par G. Laplace pour le Paléolithique supérieur, (Bordes, 1961 ; Laplace, 1966).

Les diagrammes rayonnants ont été introduits par H. Delporte pour l'étude de l'Aurignacien de la Ferrassie, (Delporte, 1984). Au contraire des diagrammes cumulatifs, ils permettent des comparaisons sur un petit nombre de variables et un grand nombre d'individus. On consultera également J.M. Le Tensorer pour le Paléolithique supérieur, (Le Tensorer, 1981).

Les diagrammes triangulaires sont limités à trois variables. Ils ont été introduits par H. Laville et J.Ph. Rigaud à propos des industries lithiques du "Périgordien V3 à burins de Noailles" et utilisés par M. Lenoir pour le Badegoulien, (Laville et Rigaud, 1973 ; Lenoir, 1988).

III.4. LES TECHNIQUES.

D'un point de vue formel, les techniques multidimensionnelles s'intègrent pleinement au schéma théorique suivant : construction d'un tableau d'effectif (ensemble clos x description), réduction multidimensionnelle et visualisation dans un espace de plus faible dimension, description de la structure à partir des caractères, interprétation archéologique, validation des résultats.

La constitution du corpus est l'étape déterminante puisque le choix des individus et des variables va conditionner les résultats mathématiques et l'interprétation archéologique qui en découle. Les individus doivent être significatifs de la culture étudiée : fouille récente, contexte précis, récolte intégrale du matériel. Leur description s'effectue suivant une typologie construite ou adaptée suivant un ensemble de caractères qualitatifs et/ou quantitatifs.

La réduction multidimensionnelle traite les données suivant l'analyse factorielle des correspondances et l'analyse en composantes principales qui visualisent la population dans un espace de plus faible dimension. On utilise préférentiellement l'analyse factorielle des correspondances : traitement de variables qualitatives et/ou quantitatives et (R+Q)-méthode travaillant simultanément sur les individus et les variables.

L'analyse des résultats s'effectue sur les tableaux de contributions et de coordonnées. Cette première analyse permet de dégager les variables responsables de la signification des axes puis de reconnaître les associations ou exclusions de caractères responsables des structures. Un retour aux données s'avère parfois nécessaire par ajout, suppression ou recodification d'un ou de plusieurs éléments dont la signification archéologique est sujette à caution.

Le partitionnement met en évidence deux types de structures : la sériation et la partition. L'interprétation archéologique d'une *sériation* devra fournir une chronologie des événements en rapport avec les caractères sélectionnés. Dans le cas d'une *partition*, l'analyse factorielle des correspondances sera utilisée conjointement à une technique de classification dans le but de confirmer les structures. Les classes obtenues seront alors caractérisées non seulement à partir des variables du tableau de départ mais aussi à partir des facteurs de la réduction. Les cercles d'inertie pourront également être visualisés sur les plans factoriels.

La validation archéologique des résultats mathématiques peut se mesurer par l'adéquation à la problématique ou par sa capacité à détecter des structures d'amplitude plus ou moins élevée. A ce sujet, on pourra se référer à B. Bosselin et F. Djindjian qui mettent en évidence l'existence d'un faciès régional dans le Magdalénien du Bassin Parisien sur un axe factoriel assez lointain, (Bosselin et Djindjian, 1988 [1990]).

III.5. LES APPLICATIONS.

Les applications pratiques à des problématiques de structuration d'ensembles industriels concernent déjà les industries lithiques de l'Aurignacien du Périgord (Djindjian, 1980, 1986, 1992), le Gravettien d'Europe centrale (Otte, 1981), le Magdalénien du nord-ouest de l'Europe (Djindjian, 1988), le Magdalénien français (Bosselin et Djindjian, 1988 [1990]) et le Gravettien français, (Bosselin et Djindjian, sous presse).

Dans le même esprit, nous effectuerons une analyse structuratoire des industries lithiques du Gravettien français, à partir d'un corpus de sites récemment fouillés, bien replacés dans leur cadre chrono-stratigraphique et décrits par une typologie constituant un sous-ensemble du lexique de D. de Sonneville-Bordes et J. Perrot, (Sonneville-Bordes et Perrot, 1953-1956).

IV. L'ANALYSE SPATIALE DE L'HABITAT.

IV.1. INTRODUCTION.

Les vestiges archéologiques abandonnés sur les sols d'habitation présentent des structures qu'il est possible de mettre en évidence par des techniques statistiques et de relier à une certaine organisation sociale qu'il faudra relativiser par l'étude des conditions de conservation. L'analyse spatiale possède plusieurs champs d'application : au niveau de l'habitat, au niveau du site et au niveau de la région. Nous ne traiterons ici que le premier cas.

Le principe de l'analyse spatiale est de proposer une interprétation palethnographique des distributions en termes d'activités spécialisées suivant une *approche fonctionnelle* basée sur la reconnaissance d'assemblages caractéristiques (Binford, 1978 ; Whallon, 1973, 1974) ou *pratique* basée sur l'existence de structures de vidange, d'entretien et d'aménagement, (Johnson, 1984).

IV.2. L'ANALYSE D'UNE DISTRIBUTION.

Elles permettent de mettre en évidence des structures relativement simples : concentration, répartition uniforme, répartition aléatoire. Elles s'appliquent indifféremment à des comptages suivant une grille ou aux coordonnées spatiales des objets.

Les méthodes utilisant le comptage suivant une grille regroupent *l'indice de dispersion* et *l'analyse dimensionnelle de la variance*. *L'indice de dispersion*, proche d'une distribution du χ^2 , prendra des valeurs élevées dans le cas d'une concentration et des valeurs faibles dans le cas d'une répartition uniforme. *L'analyse dimensionnelle de la variance* étudie les variations de l'indice de dispersion en fonction de la taille de la maille, (Greig-Smith, 1964 ; Whallon, 1973).

Les méthodes utilisant la distance entre objets groupent la *NNA*, *l'autocorrélation spatiale* et les *méthodes d'interpolation*. La *Nearest Neighbour Analysis* (NNA) calcule la distance de chaque point d'une distribution à son voisin le plus proche. Elle compare ensuite la moyenne des distances observées à celle attendue s'il s'agissait d'une répartition aléatoire, (Clarke et Evans, 1954 ; Hodder et Orton, 1976). *L'autocorrélation spatiale* propose une mesure de la corrélation entre un carré et ses voisins au fur et à mesure de leur éloignement, (Cliff et Ord, 1973). Elle est applicable aux variables qualitatives (présence/absence) et, de préférence, aux variables quantitatives. Les méthodes *d'interpolation* sont issues de la géographie où elles servent au tracé des courbes de densité. On y distingue les méthodes d'interpolation linéaire ou de triangulation, d'ajustement par les moindres carrés, de pondération barycentrique et de krigeage.

IV.3. L'ANALYSE DE PLUSIEURS DISTRIBUTIONS.

Elles regroupent *l'indice de similarité*, *l'indice d'association par le plus proche voisin*, la *classification automatique sur coordonnées* et "*Unconstrained Clustering*".

L'indice de similarité a été introduit par R. Whallon, (Whallon, 1974). Pour chaque distribution, on calcule la distance moyenne au plus proche voisin augmentée de 1,65 fois l'écart-type (r_i). On trace ensuite un cercle de rayon r_i autour de chaque point. Le recouvrement des cercles fournit une aire dans laquelle on dénombre le nombre d'occurrences des modalités.

L'indice d'association par le plus proche voisin est une extension à n distributions de la technique du plus proche voisin, (Graham, 1980). Dans l'hypothèse de l'indépendance, le coefficient d'association est égal à 1. La matrice des coefficients R_{ij} pourra être traitée par des méthodes multidimensionnelles puisque la diagonale est nulle ($R_{ii} = 0$).

La classification automatique sur coordonnées fournit des classes de partition caractérisées par leur centre de gravité G_i et un rayon d'inertie r_i , (Kintigh et Ammermann, 1982). Le choix du nombre de classes permet de travailler à une échelle locale ou à une échelle plus macroscopique. La superposition des cercles d'inertie permet de mettre en évidence, de manière caricaturale, les associations entre les différentes distributions spatiales.

Unconstrained Clustering de R. Whallon se décompose en 7 phases : représentation de la distribution spatiale de chaque catégorie d'objet sous la forme de courbes de niveau, calcul pour chaque point-objet d'un vecteur de densité par interpolation linéaire des courbes de niveau, transformation de chaque vecteur de densité (absolue) en un vecteur de densité (relative) par division de chaque composante par la somme de toutes les valeurs en ce point, classification automatique sur le tableau ($n \times p$) ainsi constitué, visualisation des points-objets suivant la classe à laquelle ils appartiennent, description et interprétation de chaque classe spatiale, (Whallon, 1984).

IV.4. POUR UNE AMÉLIORATION DES MÉTHODES.

Dans l'état actuel des connaissances, les techniques statistiques doivent respecter certaines exigences : traiter les données issues de comptages suivant une grille ou de coordonnées, analyser un nombre quelconque de distributions à une échelle variable et étudier simultanément les individus et les variables [(R+Q)-méthode], ces contraintes étant respectées par la *classification automatique* et *Unconstrained Clustering*, (Kintigh et Ammermann, 1982 ; Whallon, 1984).

L'amélioration de *Unconstrained Clustering* est la *structuration spatiale sous contraintes topographiques*, (Djindjian, 1988). Elle se décompose en six étapes : lissage des distributions par krigeage, construction des vecteurs d'effectif et échantillonnage de ceux-ci, analyse factorielle des correspondances et mise en évidence d'associations entre les différentes catégories d'objets, classification ascendante hiérarchique sur les coordonnées factorielles *sous contraintes topographiques*, caractérisation des classes et enfin interprétation archéologique de la structure spatiale obtenue. Cette méthode présente plusieurs avantages : possibilité d'échantillonner les vecteurs d'effectifs, (R+Q)-méthode sur les points-objets et sur les variables.

La *classification automatique sur coordonnées* suivant la méthode des *k-means* permet de visualiser les concentrations de vestiges par superposition des cercles d'inertie des classes. C'est une approche statistique pauvre qu'il est possible de compléter en effectuant une nouvelle classification sur les centres de gravité et en visualisant l'inertie de ces classes. Pour résoudre le problème du choix du nombre de classes, on peut analyser la courbe d'inertie en recherchant les points de discontinuité où la classification présente un optimum. F. Djindjian propose de tester la sensibilité de la méthode en faisant varier le nombre de classes, (Djindjian, 1991).

V. CONCLUSION.

En conclusion, nous nous proposons de rappeler le problème fondamental de toute étude quantitative en archéologie, celui de la formalisation du raisonnement :

Définition du système : Elle doit être précise et limitée dans le temps ou dans l'espace. Par ailleurs, on préfère les données issues de recherches récentes où l'information extrinsèque est mieux connue par l'apport des sciences connexes (sédimentologie, palynologie, paléontologie, ...).

Définition des grandeurs : D'une manière générale, on tend vers la définition de grandeurs faciles à mesurer (variables quantitatives découpées en modalités).

Structuration de la description : Entre la description exhaustive et l'utilisation d'une typologie préétablie, il convient de choisir le juste milieu permettant soit l'éclatement d'une variable en modalités, soit le regroupement de modalités.

La méthode quantitative : Elle dépend principalement de la structure syntaxique des données. On utilisera l'analyse en composantes principales sur des tableaux de mesures et l'analyse factorielle des correspondances sur des tableaux de présence/absence, de fréquence, d'effectif ou des tableaux logiques codés disjonctifs complets, cette dernière présentant l'avantage d'une (R+Q)-méthode travaillant simultanément sur les individus et les variables. Par ailleurs, le traitement quantitatif est un processus itératif nécessitant parfois un retour aux données afin de les compléter.

L'interprétation, la validation : Cette dernière partie, peut-être la plus importante, est du strict ressort de l'archéologue. A lui de conforter le modèle proposé par les structures dégagées lors du traitement quantitatif et de les valider d'une manière intrinsèque par des variables extrinsèques.

Nous voudrions terminer ce chapitre par une citation de F. Djindjian qui résume la problématique et la méthodologie de l'utilisation des techniques mathématiques en archéologie : "l'objectif de l'archéologue est-il la recherche de techniques statistiques spécifiques ou la maîtrise méthodologique de son métier? La question nous paraît aujourd'hui définitivement réglée : le substrat mathématique est aujourd'hui suffisamment riche pour que l'archéologue puisse y puiser autant que besoin? Mais personne d'autre que lui-même n'est capable de les utiliser efficacement dans un cadre méthodologique à définir pour chaque problème et chaque situation : et c'est bien là la revanche de l'archéologue", (Djindjian, 1991).