

246

246



GÉOPRÉ
 Presses Universitaires
 de Perpignan

GÉOLOGIE

DE LA

PREHISTOIRE

sous la direction de
 J.C. Miskovsky

2002

2002

GÉOLOGIE DE LA PRÉHISTOIRE : MÉTHODES, TECHNIQUES, APPLICATIONS

Sous la direction de
Jean-Claude Miskovsky

Préface de
Hubert Curien

Avant-propos des professeurs
R. W. FAIRBRIDGE (États-Unis)
A. BROGLIO (Italie)
I. YAMANAKA (Japon)

Édition

Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire
Maison de la géologie, 77 rue Claude Bernard, 75005 Paris

2002

A3 40

Liste des *errata*

P. 1001	1 ^{ère} colonne	ligne 21	lire 1007 à la place de 1005
P. 1002	1 ^{ère} colonne	ligne 19	lire 1006 à la place de 1004
	2 ^{ème} colonne	ligne 4	lire 1007 à la place de 1005
P. 1003	2 ^{ème} colonne	ligne 36	lire 1005 à la place de 1003
P. 1004	1 ^{ère} colonne	ligne 27	lire 1006 à la place de 1004
		ligne 42	lire 1009 à la place de 1007
	2 ^{ème} colonne	ligne 24	lire 1011 à la place de 1009
P. 1005	1 ^{ère} colonne	ligne 8	lire 1009 à la place de 1007
	2 ^{ème} colonne	ligne 17	lire 1002 à la place de 1000
	2 ^{ème} colonne	dernière ligne	lire 1004 à la place de 1002
P. 1006	2 ^{ème} colonne	ligne 23	lire 1004 à la place de 1002
P. 1010	1 ^{ère} colonne	ligne 15	lire 1008 à la place de 1006
		ligne 22	lire 1004 à la place de 1002
		ligne 26	lire 1003 à la place de 1001
		dernière ligne	lire 1002 à la place de 1000
P. 1011	1 ^{ère} colonne	ligne 13	lire 1006 à la place de 1004
		ligne 15	lire 1002 à la place de 1000
	2 ^{ème} colonne	ligne 2	lire 1004 à la place de 1002
P. 1014	1 ^{ère} colonne	ligne 16	lire 1004 à la place de 4

dir., 1990 - *Le silex de sa*
colloque intern. sur le silex,
RS, Cahiers du Quaternaire

NNET, R., 1990 - Art mobi-
Clottes (J.), dir., *L'art des*
colloques de la Direction du
87, Paris, Ministère de la

J., 1953 - Essai d'adaptation
lithique supérieur. *Prehiers*
T. 50, p. 323-333.

OT, J., 1954-1956 - Lexique
leur. Outillage lithique, *Bull.*
27-335 ; T. 52, p. 76-79

L'outil. Manches et emman-
a Table ronde CNRS, Lyon, 26-
aison de l'Orient n° 15.

l., 1980 - *Préhistoire de la*
technologie, Paris, éd. du
préhistoriques.

Implantation humaine en
ancien et supérieur, Univ.

ment en matières premières
et du Paléolithique supérieur
ain (France), in : *Cabrera*
bre moderno en el Suroeste
de Madrid, 1991, Madrid,
a distancia, p. 315-325.

Géochimie des céramiques

Maurice PICON et Marie LE MIÈRE

Introduction

La géochimie des céramiques est une discipline récente. Les premiers travaux importants en ce domaine n'ont guère plus de trente ans. Non point que l'idée d'utiliser les caractéristiques de composition des pâtes céramiques pour la résolution de différents problèmes archéologiques ne fût pas ancienne. Mais il fallut attendre le développement des méthodes physiques d'analyse pour que cette idée devienne une réalité, ces méthodes étant les seules qui permettent les mesures statistiques indispensables pour ce genre d'étude.

Le développement de la géochimie des céramiques a donc été lié très étroitement au développement successif des principales méthodes physiques d'analyse : spectrographie optique, activation neutronique et fluorescence X. Issue des laboratoires de physique plus que des sciences de la terre, la géochimie des céramiques a bénéficié dès l'origine de principes statistiques rigoureux, mais elle a souffert d'une conception théorique trop éloignée des réalités de terrain, se fourvoyant quelque peu dans une recherche systématique de la performance dans les méthodes d'analyse (cf. p. 1005, *Choix des constituants*). Actuellement les recherches en reviennent à des conceptions géochimiques plus réalistes grâce auxquelles on peut espérer que cette discipline archéométrique, dont l'apport à la recherche archéologique est un des plus importants parmi toutes les disciplines analytiques, atteindra un stade de maturité qui rendra ses applications plus rapides et plus sûres encore.

Principes généraux

La géochimie des céramiques repose entièrement sur des comparaisons effectuées entre les compositions chimiques des céramiques, ou entre les compositions des céramiques et des argiles. L'idée directrice de ces comparaisons est des

plus simples, s'interprétant en termes d'origine commune lorsque les compositions apparaissent très semblables, ou en termes d'origine étrangère lorsqu'elles se singularisent par rapport au reste des exemplaires étudiés.

Toutes les applications découlent de ces hypothèses. Il peut s'agir par exemple d'établir que telle catégorie de céramique a été fabriquée dans le même atelier que telle autre, ou au contraire de démontrer qu'elle a été fabriquée ailleurs. Plus souvent encore il s'agira de retrouver l'origine d'une catégorie de céramiques, ce qui nécessitera des comparaisons avec des céramiques d'origine connue, ou avec des argiles.

Mais ces principes élémentaires cachent une réalité autrement complexe. Il ne suffit pas en effet de mesurer des ressemblances de composition, ou des dissemblances, pour être à même de répondre aux interrogations précédentes. Il y a toujours entre la mesure et les conclusions une part d'interprétation à laquelle concourt un ensemble particulièrement complexe de raisonnements et de données géochimiques et archéologiques. C'est ce passage qui constitue la véritable difficulté des méthodes géochimiques d'étude des céramiques, et non l'analyse.

Observations et raisonnements

On se propose ici d'explicitier les démarches qui peuvent amener à conclure que des céramiques ont la même origine, ou qu'elles ont telle origine particulière. Exposé qui peut surprendre, mais qui est nécessaire car on se situe aux frontières des sciences de la terre et des sciences humaines, et qu'on court à tout instant le risque de faire porter à « l'autre discipline » des responsabilités qui ne sont pas les siennes. Il devient alors très difficile de faire la part des hypothèses et la part des mesures dans les conclusions présentées.

Une remarque préliminaire s'impose. On sera amené, pour la commodité de l'exposé, à parler d'ateliers de fabrication de céramiques, même pour le cas, fréquent sans doute au Néolithique, où la céramique est une activité familiale, n'impliquant aucune spécialisation artisanale. L'essentiel, pour la suite de cet exposé, c'est d'avoir affaire à une activité s'exerçant dans un espace restreint, qu'il s'agisse d'un village, d'un quartier ou d'une maison, de telle sorte que la zone où se situent les points d'approvisionnement en argile soit elle-même assez strictement localisée.

Détermination du caractère monogénique d'un groupe de céramiques

Si l'on analyse un ensemble de céramiques provenant par exemple d'un habitat, on constatera généralement que les différents exemplaires étudiés peuvent être rassemblés en un certain nombre de *groupes* formés de céramiques dont les compositions se ressemblent. Nous ne nous occupons pas, pour l'instant, de savoir comment constituer ces groupes, ni de savoir comment apprécier ces ressemblances (ce sera l'un des objectifs du chapitre *Méthodes et techniques*, p. 1004). La question que nous nous posons ici est uniquement de savoir si tel groupe particulier est constitué de céramiques originaires d'un même atelier : on parlera en ce cas de *groupe monogénique*. Ou au contraire si l'on a affaire à un groupe constitué de céramiques originaires de plusieurs ateliers : on parlera alors de *groupe polygénique*.

Critères géochimiques d'évaluation

Il n'existe aucune réponse catégorique à la question précédente. Tout au plus est-il possible d'apprécier la plus ou moins grande probabilité qu'un groupe a d'être monogénique ou polygénique. En effet l'expérience et la théorie s'accordent sur cette évidente propriété des groupes monogéniques d'être constitués de céramiques dont les compositions se ressemblent beaucoup, plus que les compositions de céramiques appartenant à des groupes polygéniques. Propriété qui n'a bien entendu qu'une valeur statistique, et n'est donc vérifiée qu'en moyenne sur un très grand nombre de cas. On l'exprime généralement en disant que la *dispersion des compositions* est plus faible en moyenne pour les groupes monogéniques que pour les groupes polygéniques. Or si l'on considère un grand nombre de groupes ayant des dispersions équivalentes, on y trouvera nécessairement des groupes polygéniques et des groupes monogéniques, mais plus les dispersions considérées seront faibles, plus nombreux seront les groupes monogéniques, et plus la possibilité d'avoir affaire à un groupe de ce type sera grande. C'est ce *critère probabiliste* qui sert de point de départ aux

méthodes géochimiques de classification des céramiques et d'identification des centres producteurs. Critère imparfait, dont il faut néanmoins pouvoir se servir de façon rigoureuse.

On trouvera en page 1005 (*Traitement des données*) des indications sur les méthodes les plus utilisées pour comparer les dispersions de composition des groupes. Quelles que soient les méthodes employées, l'évaluation de la probabilité plus ou moins grande pour un groupe d'être monogénique ou polygénique repose nécessairement sur la connaissance des caractéristiques géochimiques d'un grand nombre d'ateliers et sur les résultats des essais de regroupement de leurs productions respectives, lorsque celles-ci se trouvent mélangées les unes avec les autres, au hasard. Connaissances largement empiriques, propres à chaque laboratoire dans la mesure où elles dépendent des constituants chimiques analysés et des caractéristiques de leur mesure, ainsi que des méthodes employées pour le traitement des données. Mais connaissances où les aspects logiques sont importants, qu'il s'agisse bien sûr des limites des méthodes de traitement des données, mais également de l'interprétation géochimique des dispersions qu'on ne saurait négliger sans risques graves. Ajoutons que les connaissances nécessaires à une interprétation correcte, en terme de monogénisme ou de polygénisme, des dispersions de composition observées doivent comporter aussi des données relatives à la *technologie des céramiques* et à son évolution, ainsi qu'aux *phénomènes d'altération des compositions* au cours de l'enfouissement des céramiques.

Critères de validation

Quelles que soient les connaissances mises en jeu pour apprécier le caractère monogénique d'un groupe, il est assez rare qu'on soit à même de prendre une décision au vu des seuls critères géochimiques. On pourra certes minimiser les risques d'erreur en ne retenant que les céramiques dont les compositions sont extrêmement proches les unes des autres, ce qui peut comporter quelque inconvénient pour l'étude du problème archéologique considéré.

Une autre voie très généralement suivie consiste à valider le groupe présumé monogénique par des critères qui ne soient pas géochimiques. Dans la mesure où des céramiques qui ont déjà en commun des compositions chimiques particulières présentent toutes, de surcroît, telle caractéristique peu répandue parmi l'ensemble des ateliers existants, la probabilité pour que ces exemplaires sortent du même atelier se trouve nécessairement augmentée. Et elle le sera d'autant plus que l'on retrouvera sur toutes les céramiques du groupe considéré des caractéristiques communes en plus grand nombre. Il s'agit d'une application élémentaire de la règle des *probabilités composées*. On

peut exprimer les choses simplement, en disant que si le groupe considéré n'était pas monogénique, mais réunissait des céramiques provenant par exemple de deux ateliers différents, il serait étonnant que le hasard eût doté ces deux ateliers des mêmes compositions, plus étonnant que l'on retrouve de surcroît une caractéristique, peu répandue, commune aux productions de ces deux ateliers, et plus étonnant encore d'en retrouver plusieurs.

Les critères de validation, résultant de l'existence de caractéristiques qui sont communes aux céramiques d'un groupe présumé monogénique, seront d'autant plus déterminants que ces caractéristiques seront rares ; étant entendu que la présence simultanée de plusieurs caractéristiques assez banales peut finir par être déterminante. La difficulté c'est que l'appréciation de la plus ou moins grande rareté des critères de validation ne relève pas, dans la plupart des cas, des sciences de la terre. Il est pourtant indispensable de parvenir à se faire une idée de la rareté des critères de validation retenus, puisque ces derniers suppléent en quelque sorte à l'insuffisance des critères géochimiques, lorsque ces critères ne fournissent à eux seuls qu'une probabilité moyenne en faveur du caractère monogénique du groupe considéré. Et, bien évidemment, plus les critères géochimiques seront incertains, plus il sera nécessaire que les critères de validation soient déterminants.

La variété des critères de validation est, par définition, extrêmement grande, et il serait vain de chercher à en dresser la liste. Indiquons simplement qu'on y rencontrerait des caractéristiques de façonnage, de revêtement ou de décor, des caractéristiques de cuisson, des caractéristiques de pâte (parmi lesquelles peuvent figurer des données minéralogiques et pétrographiques). Mais à côté des ces caractéristiques dites intrinsèques, de nombreuses caractéristiques extrinsèques peuvent être prises en compte, qu'il s'agisse de l'appartenance à un même niveau stratigraphique, de la découverte en un même lieu, de l'existence d'un environnement semblable ou d'une répartition commune... mais à condition de pouvoir apprécier correctement la signification de ces particularités.

Ajoutons enfin que les critères de validation interviennent aussi, et de manière évidente, lorsqu'il s'agit de confirmer que des céramiques, dont les compositions ne se distinguent de celles d'un groupe monogénique donné que par de faibles différences, ont une autre origine. Si les céramiques qui présentent ces faibles différences de composition se caractérisent également par l'absence d'un ou plusieurs critères de validation du groupe monogénique, leur probabilité d'être étrangères au groupe s'en trouvera nécessairement augmentée. Simple application de la règle des probabilités composées.

Détermination des lieux de fabrication des céramiques

La détermination des lieux de fabrication des céramiques se fait toujours, avec les méthodes géochimiques, en comparant les compositions des céramiques dont on cherche à déterminer l'origine, et celles des céramiques ou d'argiles dont l'origine est connue. On ne tente pas en principe d'établir de rapprochement direct entre les caractéristiques de composition des céramiques et la géologie de telle ou telle région particulière. La rareté, pour la plupart des régions, des données relatives aux compositions des argiles, la qualité insuffisante des renseignements disponibles, rendraient de tout façon un telle démarche aléatoire. Même dans les cas, à vrai dire peu fréquents, où un rapprochement s'impose entre telle formation géologique particulière et les compositions des céramiques que l'on étudie, il est de règle de procéder à des comparaisons multiples afin de vérifier la pertinence de ce rapprochement et de préciser la localisation de l'atelier.

On appelle *références localisées* les céramiques et les argiles d'origine connue dont on compare les compositions à celles des céramiques d'origine inconnue, afin de déterminer le lieu de fabrication de ces dernières. Céramiques et argiles ne sont équivalentes pour la constitution de références localisées que dans la mesure où les transports d'argile par les potiers peuvent être négligés, ce qui est semblable à la règle en préhistoire et protohistoire (et même au-delà jusqu'à l'aube de la période moderne). Par ailleurs il importe, lors de la constitution d'un ensemble de références localisées, d'être attentif, pour les céramiques comme pour les argiles, aux données technologiques (lavage, adjonction de dégraissant, mélange éventuel d'argiles...).

On désigne enfin sous le terme de *groupe mixte* tout groupe constitué de céramiques d'origine inconnue et de références localisées, dont les compositions sont proches les unes des autres. En pratique on restreint la définition précédente en supposant que les céramiques d'origine inconnue forment un groupe monogénique (cf. p. 1003, *Réseau de références localisées*).

Cas d'un groupe mixte sûrement monogénique

On se place volontairement ici dans un cas très particulier, où l'on serait en droit d'admettre que le groupe mixte formé par les céramiques dont on cherche à déterminer l'origine et par les références localisées est un groupe monogénique. Affirmation pouvant résulter d'une dispersion extrêmement faible présentée par le groupe mixte, ou, plus souvent, de critères de validation communs à tous les exemplaires du groupe mixte. Ce dernier cas se rencontre souvent lorsqu'on a affaire à des céramiques d'origine in-

connue que l'on compare à des références localisées provenant d'un atelier connu.

Si l'on admet que le groupe considéré est monogénique, cela revient à admettre que les céramiques d'origine inconnue et les références localisées ont même origine. Mais l'origine qui se trouve ainsi attribuée aux céramiques reste entachée d'une incertitude fondamentale.

Zones d'incertitude

En effet, que l'on considère l'argile avec laquelle les potiers ont fabriqué les céramiques utilisées comme références localisées, ou que l'on considère des prélèvements d'argile servant de références, il est certain que d'autres argiles existent au voisinage des précédentes, et dans le même contexte géologique, argiles qui ont des caractéristiques de composition identiques à celles des références localisées. La zone à l'intérieur de laquelle il est de ce fait impossible, à partir des seuls critères géochimiques, de privilégier tel point plutôt que tel autre lors d'une détermination d'origine est dite *zone d'incertitude*.

Si l'on privilégie cependant à l'intérieur de la zone d'incertitude tel point particulier comme étant le lieu de fabrication recherché, cela suppose pratiquement que les références localisées soient des céramiques et que des critères de validation extrêmement contraignants lient les références et les céramiques d'origine inconnue. Dans tous les autres cas la précision de la localisation d'origine n'ira pas au-delà de la zone d'incertitude (à moins d'introduire des probabilités a priori, cf. p. 1004).

Les dimensions d'une zone d'incertitude dépendent des constituants chimiques analysés, des caractéristiques de leur mesure et des méthodes employées pour le traitement des données. Mais il est impossible d'en réduire les dimensions au-delà d'une certaine limite, rapidement atteinte dès lors qu'on utilise au minimum une dizaine de constituants chimiques correctement mesurés et des méthodes de dépouillement des résultats appropriées. Dans ces conditions ce sont les données géologiques qui déterminent les dimensions des zones d'incertitude, et celles-ci peuvent varier suivant les cas de quelques kilomètres à quelques centaines de kilomètres. Les dimensions les plus fréquentes sont inférieures à quelques dizaines de kilomètres : elles s'accordent de ce fait aux dimensions de la plupart des problèmes archéologiques (cf. p. 1007, *Applications*).

En réalité les différents points d'une zone d'incertitude n'ont pas une probabilité équivalente en faveur de la localisation recherchée. Cela signifie que la définition et les limites des zones d'incertitude devraient avoir un caractère probabiliste, mais il est très difficile de passer ici de la théorie à la réalité, par suite notamment de notre mécon-

naissance des dispersions de composition en chaque point. La définition approximative utilisée ici soulève concrètement peu de problèmes.

La structure des zones d'incertitude est aussi une caractéristique intéressante dont il faut parfois tenir compte. C'est le cas, par exemple, si au lieu d'avoir affaire à des compositions qui évoluent progressivement et d'une manière continue en allant de l'intérieur vers l'extérieur de la zone, on se trouve en présence de structures répétitives qui peuvent donner l'illusion que les dimensions de la zone d'incertitude sont beaucoup plus petites qu'en réalité.

L'existence des zones d'incertitude modifie quelque peu la conception du groupe monogénique. S'il paraît préférable de conserver la définition habituelle, celle d'un groupe de céramiques toutes originaires d'un même atelier, l'usage s'écarte souvent de cette définition là. En effet les caractéristiques de composition d'un groupe de céramiques et les critères de validation qui peuvent lui être associés ne définissent pas toujours la production d'un seul atelier, mais fréquemment celle de l'ensemble des ateliers éventuellement présents dans la zone d'incertitude. C'est une situation dont il faut tenir compte dans l'interprétation des résultats, mais qui ne modifie pas grand-chose quant aux raisonnements (cf. p. 1009, *Céramiques de Bougras*).

Zones de conjonction

L'existence des zones d'incertitude est une réalité dont il est essentiel de tenir compte, mais dont on s'accommode aisément dans la plupart des problèmes d'origine. Il en irait autrement si l'on pouvait retrouver, dans un contexte géologique différent de celui de la zone d'incertitude considérée, d'autres points dont les compositions ne pourraient être distinguées des compositions définissant cette zone d'incertitude. On aurait alors deux zones d'incertitude qui présenteraient les mêmes compositions, malgré leur environnement géologique dissemblable. On admettra, pour la théorie, l'existence de tels cas, que l'on généralisera en parlant de *zones de conjonction* comme étant l'ensemble formé par les différentes zones d'incertitude dont les compositions seraient les mêmes, mais qui relèveraient de contextes géologiques différents.

Il est évident que l'existence de zones de conjonction constituerait un obstacle grave pour des attributions d'origine. Il est non moins évident que si l'on n'utilisait qu'un très petit nombre de constituants chimiques et des méthodes élémentaires de traitement des données il serait facile de trouver de multiples zones de conjonction. Avec un plus grand nombre de constituants chimiques et des méthodes de traitement des données suffisamment élaborées, les risques de confusion liées à l'existence éventuelle

de zones de jonction paraissent particulièrement bas ; ils ne semblent pas constituer d'obstacle sérieux pour l'utilisation des méthodes géochimiques de détermination des lieux de production des céramiques. Cela semble vrai, en tous cas, si l'on a affaire à un groupe monogénique de céramiques dont on cherche à retrouver l'origine, mais cela est beaucoup moins certain lorsqu'il s'agit d'un exemplaire isolé (cf. p. 1007, *Classements*).

Cas d'un groupe mixte probablement monogénique

Souvent le groupe mixte formé par les céramiques dont on cherche à déterminer l'origine et par les références localisées ne présente aucun critère de validation. Contrepartie évidente de la possibilité d'utiliser, comme références localisées, des prélèvements d'argile, ou des céramiques d'origine connue qui peuvent être très différentes, par l'époque et par les caractéristiques typologiques, des céramiques dont on cherche à déterminer l'origine.

Souvent aussi les compositions des références et celles des céramiques étudiées ne sont pas exactement les mêmes, bien que le groupe mixte soit effectivement monogénique. Ces différences impliquent généralement un manque d'homogénéité des gisements d'argile. Si l'on a affaire à des céramiques servant de références localisées cela suppose que les références et les céramiques dont on cherche à déterminer l'origine n'aient pas eu les mêmes approvisionnements en argile, qu'il s'agisse par exemple de points d'extraction différents à l'intérieur de l'atelier, ou d'un même point d'extraction exploité à des époques différentes. Dans le cas des prélèvements d'argile servant de références, les différences de composition résultent généralement du hasard des prélèvements, qui permet rarement de tomber très précisément sur les points d'extraction d'argile utilisés par les potiers.

Ainsi se trouve-t-on fréquemment en présence de groupes mixtes qui sont dépourvus de critères de validation et qui présentent des différences de composition internes, entre les références et les céramiques dont on cherche à déterminer l'origine. Ces différences sont toutefois assez faibles pour suggérer une origine commune, au moins comme hypothèse de travail.

Pour ces cas relativement nombreux de groupes mixtes probablement monogéniques la détermination de l'origine des céramiques étudiées est évidemment plus complexe que dans le cas des groupes mixtes sûrement monogéniques. Elle nécessite d'abord de pouvoir apprécier la signification des différences de composition observées. Celles-ci peuvent en effet résulter des causes accidentelles indiquées précédemment, le groupe mixte étant monogénique, mais elles peuvent aussi résulter du caractère poly-

génique de ce groupe. Dans ce dernier cas les céramiques d'origine inconnue auraient une origine différente des références (on suppose que les céramiques d'origine inconnue sont monogéniques).

Réseau de références localisées

Ainsi la question que nous nous posons ici est-elle de savoir si les différences de composition qui existent entre les céramiques d'origine inconnue et les références localisées correspondent ou non à des origines différentes pour ces deux groupes. Question essentielle que l'on peut se poser quelle que soit la valeur prise par la différence de composition précédente, puisqu'on aura toujours – pour une différence donnée – des cas pour lesquels cette différence n'impliquera pas de différence d'origine, et des cas pour lesquels cette différence correspondra à des origines différentes. Ces derniers cas seront toutefois de moins en moins nombreux à mesure que la différence de composition diminuera (cf. p. 1000, *Critères géochimiques d'évaluation*).

Le problème de la signification d'une différence de composition entre les références et les céramiques d'origine inconnue, à l'intérieur d'un groupe mixte, n'a pas de solution générale, mais uniquement des solutions particulières, qui ne valent que pour une région donnée. C'est seulement dans un contexte précis qu'une telle différence peut se révéler significative, ou ne pas l'être, compte tenu des autres compositions présentes dans la région. Car on ne peut apprécier de ressemblances qu'en fonction des différences existant par ailleurs.

Toutes ces remarques conduisent à admettre que la seule voie rigoureuse pour parvenir à une détermination d'origine – dans le cas des groupes mixtes qui sont probablement monogéniques – est d'utiliser un *réseau de références localisées* (ou de renseignements localisés). Il s'agit d'un ensemble de références correspondant sur le terrain à des points qui forment un réseau couvrant la région où se trouve l'origine recherchée. Si le réseau est à mailles suffisamment serrées pour qu'y figurent les compositions des différentes argiles disponibles et pour qu'on soit assuré de l'évolution spatiale de ces compositions, on pourra attribuer les céramiques d'origine inconnue à la zone réunissant les points qui présentent les plus fortes ressemblances avec celles-ci. On aura défini ainsi la zone d'incertitude liée au groupe dont l'origine était inconnue. Cette zone peut avoir des frontières assez différentes suivant la limite inférieure de probabilité que l'on accepte pour l'attribution des céramiques à la zone considérée, un tel problème restant d'ailleurs assez théorique (cf. p. 1002, *Zones d'incertitude*).

La constitution d'un réseau de références localisées n'est concevable en pratique que si l'origine recherchée se trouve à l'intérieur d'une région d'étendue restreinte. Pour tous les autres problèmes on est contraint d'adopter une démarche différente.

Probabilités à priori

Lorsqu'on recherche l'origine d'un groupe de céramiques à l'intérieur d'une région très étendue, on sera conduit à utiliser un *réseau simplifié* de références localisées, puisqu'il est hors de question de constituer un véritable réseau à grande échelle. Le réseau simplifié sera formé par l'ensemble des points qui paraissent avoir *a priori* une probabilité plus élevée que d'autres points pour être le lieu d'origine recherché. Ces points privilégiés seront choisis en fonction des données géologiques, ethnographiques, archéologiques et historiques relatives à la région considérée.

Deux phénomènes facilitent les recherches d'origine. Il s'agit de l'existence des zones d'incertitude et de la permanence des lieux de production, cette permanence étant comprise d'une manière non restrictive, ne se limitant pas à un site particulier mais à toute la région où des argiles de caractéristiques technologiques semblables peuvent être exploitées. Ces deux phénomènes concourent à transformer une recherche d'origine en une identification de région, ce qui est évidemment plus facile qu'une identification ponctuelle.

L'identification de la zone d'incertitude recherchée se fera, comme précédemment, en faveur des références les plus proches par leur composition des céramiques d'origine inconnue. Mais la difficulté, dans le cas d'un réseau simplifié, c'est que l'importance des différences de composition qui peuvent exister entre les références et les céramiques d'origine inconnue - importance due au caractère fortement discontinu du réseau utilisé - peut rendre les attributions d'origine moins assurées que dans le cas d'un véritable réseau de références localisées. La solution consiste alors à ne considérer l'attribution fournie par le réseau simplifié qu'en termes d'hypothèse, et à multiplier ensuite les points de référence autour de l'origine proposée afin d'en vérifier le bien-fondé.

En de nombreux cas cependant les différences de composition peuvent être faibles et les points sélectionnés pour la constitution du réseau simplifié peuvent sembler avoir - par rapport à tous les autres points - une très haute probabilité de contenir l'origine recherchée. On peut alors en rester là et accepter l'origine proposée en s'appuyant sur cette probabilité élevée. On dit alors que la détermination d'origine fait intervenir les *probabilités a priori* que

constituent l'ensemble des raisons qui ont conduit à sélectionner les points du réseau simplifié. Il va sans dire que la valeur de la détermination d'origine dépend en ce cas de la qualité du réseau simplifié utilisé. Elle dépend aussi, comme toujours, du degré de similitude qui existe entre les compositions des références et celles des céramiques d'origine inconnue, ainsi que de la valeur des critères de validation éventuels, qui peuvent rapprocher les références et les céramiques d'origine inconnue.

En d'autres cas c'est l'attribution à un point particulier du réseau qui peut sembler hautement probable, parce que ce point est connu, par exemple, comme étant un centre producteur très important. Si l'on ne procède pas à d'autres vérifications, l'attribution d'origine proposée fait intervenir la *probabilité a priori* que constitue la présence en ce lieu d'un centre producteur important. Comme toujours la probabilité *a priori* intervient dans la détermination d'origine avec les autres probabilités résultant de la similitude de composition et des critères de validation. On notera qu'une probabilité *a priori* du genre de celle qui vient d'être indiquée permet en certains cas de privilégier un point à l'intérieur d'une zone d'incertitude, lors d'une identification d'origine (cf. p. 1002).

Méthodes et techniques

Méthodes d'analyse

Il n'est pas inutile de rappeler, à propos des techniques, que les méthodes d'analyse ont moins d'importance que les démarches logiques qui utilisent leurs résultats. C'est pourquoi il n'a pas semblé nécessaire de présenter ici les différentes méthodes physiques d'analyse, car la géochimie des céramiques peut finalement s'accommoder de toutes les méthodes d'analyse, pourvu que soient préservées quelques qualités essentielles. Ces dernières doivent être précisées. Quant aux méthodes, on se contentera d'évoquer, occasionnellement et à titre d'exemple, les quatre principales : la spectrographie optique, l'activation neutronique, la fluorescence X et l'ICP-MS.

Qualité des mesures

De toutes les qualités d'une mesure, c'est la fidélité qui doit être recherchée en priorité lors du choix d'une méthode d'analyse en vue de l'étude géochimique des céramiques. Il est en effet indispensable de pouvoir reconnaître, même après des années, une composition qui aurait été rencontrée précédemment. La justesse serait en revanche une qualité secondaire si l'on ne se trouvait dans l'obligation de rendre ses résultats utilisables par d'autres. De plus on ne saurait accepter de trop grands écarts avec la réalité sans

compromettre les possibilités d'interprétation minéralogique des analyses. Quant à la précision il n'est pas nécessaire qu'elle soit très grande. Compte tenu des fluctuations habituelles des divers constituants chimiques dans les gisements d'argile on peut se contenter souvent d'une précision relative de $\pm 5\%$ pour 1σ . Avec des fluctuations supérieures à 10% , les mesures commencent à ne plus être utilisables. Ces limites concernent le résultat final des analyses, toutes causes aléatoires confondues ; elles varient quelque peu d'un constituant à l'autre, en fonction de leur dispersion à l'intérieur des gisements d'argile.

La fidélité requise pour les analyses donne à la fluorescence X un avantage sur les autres méthodes : elle constituait un handicap certain pour la spectrographie optique avant l'apparition des méthodes modernes d'émission, comme l'ICP.

Choix des constituants

Le problème du choix des constituants est double : quantitatif et qualitatif. Pour le quantitatif il faut d'abord signaler la course vers des listes de plus en plus longues de constituants chimiques analysés, à laquelle on a assisté il y a quelques décennies. Course vaine, fondée sur une appréciation inexacte de la situation. Certains pensaient en effet que pour éviter d'éventuelles erreurs dans la recherche des lieux de fabrication des céramiques, erreurs dues à des ressemblances, fortuites ou non, entre plusieurs gisements d'argile, il suffisait d'augmenter le nombre des constituants analysés, s'appuyant en cela sur la règle des probabilités composées. C'était la théorie du *fingerprint* d'après laquelle une liste suffisamment longue de concentrations caractériserait sans ambiguïté n'importe quel gisement d'argile. Cette empreinte digitale, signant telle production à l'exclusion de toute autre, n'était qu'une vue de l'esprit.

S'il faut effectivement pouvoir disposer d'un certain nombre de constituants mesurés sur un même échantillon - sans quoi l'on finirait par tout confondre - l'augmentation systématique du nombre des constituants analysés n'apporte pas grand chose au-delà d'une dizaine. Cela tient pour une part au fait que les constituants chimiques ne sont pas des variables indépendantes comme l'exigerait le calcul élémentaire des probabilités composées. Par ailleurs il faut distinguer deux cas dans les risques de confusion entre gisements d'argile. Si l'on a affaire à des gisements qui sont relativement indépendants quant à leur genèse, il est vrai qu'on aura avantage, pour éliminer les risques de confusion, à augmenter le nombre des constituants analysés. Mais s'il s'agit de gisements d'argile dont la genèse et l'environnement sont les mêmes, il ne sert pratiquement à

rien d'augmenter le nombre des constituants, des conditions semblables de genèse et d'environnement entraînant des caractéristiques de composition fort semblables aussi. Ce qui revient à dire que le nombre des variables indépendantes diminue encore... Pratiquement on est bien armé pour faire face aux différents cas possibles si l'on peut disposer de 15 à 20 constituants par échantillons.

Le problème du choix qualitatif des constituants est un problème encore assez mal connu. Peu d'études comparatives ont été faites sur cette question. Il semblerait toutefois que les divers constituants ne soient pas très différents les uns des autres. Ceux qui permettraient les meilleurs séparations d'un point à un autre seraient *a priori* ceux dont les concentrations varieraient le plus entre les deux points. Mais en général ces constituants sont aussi les constituants dont la dispersion en un point d'un gisement est la plus élevée. Or une dispersion élevée intervient dans les possibilités de séparation, en sens inverse des variations de composition existant d'un point à un autre.

En attendant d'en savoir plus, on doit cependant signaler que la prééminence des traces sur les constituants majeurs pour la caractérisation des ateliers est un mythe qui trouve son origine dans une confusion fréquente avec les problèmes de métallogénie. En fait la mesure des constituants principaux d'une céramique donne des résultats au moins aussi satisfaisants que les traces. Les constituants majeurs ont encore pour eux leur mesure aisée, sans compter l'inappréciable avantage de donner lieu à des interprétations minéralogiques que les traces permettent rarement. Sur ce dernier point il est évident que l'activation neutronique se trouve en position défavorable.

Traitement des données

Les méthodes de traitement des données ne constituent jamais un palliatif, permettant par exemple de suppléer à l'insuffisance ou à l'incohérence d'un échantillonnage, ou de résoudre un problème mal posé. Ce ne sont que des outils, qui ne peuvent remplacer des données manquantes. On peut dire que les méthodes de traitement des données se valent toutes, avec des qualités et des défauts spécifiques, pourvu qu'elles offrent un niveau minimal d'efficacité. Pour cette raison il n'a pas semblé nécessaire d'exposer ici les différentes méthodes de traitement des données, dont on évoquera seulement, à titre d'exemple, deux des plus utilisées : l'analyse de grappes et l'analyse discriminante quadratique. Mais on insistera sur leurs conditions d'utilisation et sur leurs limites, pour autant que ces observations puissent inciter à la réflexion, et à la critique envers l'ensemble des méthodes de traitement des données.

Représentation des dispersions

Qu'il s'agisse des céramiques provenant d'un atelier, ou des prélèvements d'argile dans une carrière, il importe de pouvoir représenter l'ensemble des compositions existant dans l'atelier ou dans la carrière. La manière la plus courante consiste à donner, pour chacun des constituants, la composition moyenne m , et la dispersion mesurée par l'écart-type σ . Cette manière n'est pas toujours très satisfaisante, car elle considère chaque constituant comme une variable indépendante. Pour tenir compte des relations entre les variables, il faut remplacer la liste des écarts-types correspondant aux divers constituants, par la matrice des variances et des covariances.

Dans l'un et l'autre cas on a l'habitude de considérer que les propriétés de l'écart-type calculé sont celles que la théorie lui donne lorsque les dispersions réelles peuvent être assimilées à une courbe de Laplace-Gauss. Cette assimilation n'est bien sûr qu'approximative. Toutefois les écarts à la normalité sont rarement la cause de difficultés sérieuses lors des comparaisons, à condition de prendre un minimum de précautions, par exemple en scindant les dispersions qui auraient plusieurs maxima, et en traitant séparément les compositions par trop marginales.

Mesure des ressemblances

L'avantage évident qui résulte de l'assimilation des dispersion réelles à une courbe de Laplace-Gauss c'est la facilité dont on dispose alors pour exprimer en termes de probabilité la distance entre la valeur moyenne d'un constituant et telle valeur particulière. Cette distance mesure en fait la dissemblance existant, pour un constituant donné, entre le groupe et un exemplaire particulier. En termes de probabilités on traduira cette dissemblance par la probabilité qu'a une composition ayant telle valeur particulière d'appartenir au groupe.

On détermine souvent la probabilité composée – produit des probabilités relatives à chacun des constituants – afin d'évaluer le risque plus ou moins élevé qu'a tel exemplaire particulier de ne pas appartenir au groupe considéré. Calcul plus que sommaire, pour lequel on suppose que tous les constituants se comportent comme des variables indépendantes. Aussi se contente-t-on souvent d'une approche qualitative, qui traduit simplement le fait que plus un exemplaire se trouve en position marginale dans un groupe, plus faible est sa probabilité d'appartenir au groupe.

Pour apprécier cette position marginale éventuelle on utilise quelquefois la distance euclidienne à la moyenne du groupe, mais plus souvent la distance généralisée ou distance de Mahalanobis, qui tient compte des relations entre les variables (coefficients de corrélation) et qui est donc

plus exacte. Les calculs se font généralement sur variables centrées réduites, $(x - m)/\sigma$, afin de donner à chacun des constituants un poids équivalent.

Classifications

Il s'agit ici de l'opération qui consiste à trier un ensemble de céramiques ou d'argiles afin de constituer des groupes formés d'exemplaires dont les compositions se ressemblent. Opération particulièrement importante comme on l'a vu au chapitre *Observations et raisonnements* (p. 999).

Il existe un très grand nombre de méthodes de classification et souvent, pour chacune d'elles, de nombreuses variantes. L'une de ces méthodes, parmi les plus utilisées en géochimie des céramiques, est l'analyse de grappes. Elle opère sur les distances entre individus et celles-ci sont généralement les distances euclidiennes. Leur utilisation ne constitue pas un handicap sérieux dans la mesure où ce sont les relations de proche voisinage qui sont déterminantes pour former les groupes. Ce sera surtout pour des exemplaires marginaux que l'on pourra rencontrer quelques difficultés.

L'aptitude de l'analyse de grappes à séparer les unes des autres les diverses populations de céramiques ou d'argiles – ou si l'on veut à ne pas mélanger des exemplaires appartenant à des populations différentes – dépend de plusieurs facteurs (on entend ici par population des exemplaires provenant d'un même atelier, ou d'une même carrière, ou plus généralement d'une même zone d'incertitude).

On notera d'abord qu'on ne saurait en aucun cas obtenir des résultats satisfaisants si les distances entre individus, à l'intérieur de chaque population, sont comparables aux distances qui séparent – dans l'espace à n dimensions correspondant aux n constituants – les frontières des différentes populations. De ce fait, si l'on veut arriver à séparer correctement deux populations de compositions voisines, il faudra nécessairement augmenter le nombre des exemplaires de ces deux populations afin que les relations de voisinage à l'intérieur de chacune des populations prennent le pas sur les relations allant d'une population à l'autre.

On sera par ailleurs attentif au fait que l'utilisation des variables centrées réduites peut avoir des effets néfastes sur certaines séparations. Lorsque des populations, de compositions très différentes, sont présentes dans une même classification, elles peuvent entraîner des valeurs élevées de l'écart-type de certains constituants, dont le rôle dans la classification se trouve amoindri d'autant. D'où la nécessité de reprendre la classification des ensembles complexes après avoir enlevé les populations qui s'isolent le mieux, et de refaire la classification de chacune des populations isolément.

On notera enfin que malgré toutes les précautions prises on ne saurait être assuré de l'absence d'exemplaires mal classés lorsque les populations ont des compositions voisines. Ce qui impose soit de les rechercher avec soin, soit d'éviter de tirer des conclusions de la présence dans un groupe de tel ou tel exemplaire particulier et de s'en tenir uniquement aux caractéristiques générales du groupe.

L'analyse de grappes, comme toutes les méthodes de classification n'est pas totalement objective, et l'on peut en jouant sur les paramètres des calculs obtenir des groupes qui soient plus ou moins homogènes, ce qui peut constituer un avantage, et n'est certainement pas un inconvénient si l'on contrôle la cohérence des groupes par d'autres moyens. Quant aux autres avantages de l'analyse de grappes ils résident dans une représentation graphique claire et suggestive, et qui le demeure quelque soit le nombre de populations en présence, et dans des calculs suffisamment simples pour qu'on ne perde pas tout contrôle sur les processus engagés.

Classements

On entend généralement par classement une opération consistant à rattacher (à attribuer) une ou plusieurs céramiques à des groupes préexistants. Il s'agit donc de méthodes qui fournissent une aide à la décision d'appartenance de tel exemplaire à tel ou tel groupe particulier.

Les méthodes de classement sont nombreuses et variées. L'analyse discriminante quadratique en est une forme assez élaborée, où, pour chaque exemplaire à classer, on calcule la probabilité de rattachement en faveur de chacun des groupes auxquels on compare cet exemplaire. La comparaison utilise les distances de Mahalanobis, les groupes de référence étant définis par leur composition moyenne et par leur matrice des variances et covariances. L'attribution se fait au groupe qui présente la plus grande probabilité de rattachement. En pratique cette probabilité est toujours proche de l'unité.

La difficulté, évidente, c'est qu'il y a toujours un groupe qui est plus proche que les autres de la céramique étudiée. Même si le groupe le plus proche est en réalité fort éloigné de la céramique à laquelle on le compare, l'attribution se fera quand même. Il faut donc adjoindre à la probabilité intergroupe qui a été calculée une probabilité intragroupe permettant de savoir si la céramique considérée a beaucoup de chance, assez ou peu de chance d'appartenir au groupe qui a été sélectionné comme étant le plus proche, et donc le plus probable, parmi tous ceux auxquels la céramique a été comparée. En l'absence de solution mathématique pour un tel problème, on se contente d'une évaluation, généralement suffisante, consistant à comparer la

distance de Mahalanobis de l'exemplaire étudié avec celles de l'ensemble des exemplaires du groupe. Plus cette distance sera grande et plus l'exemplaire se trouvant en position marginale risquera de ne pas appartenir au groupe considéré. Il va sans dire que l'on regarde comme étant probablement, voire certainement, étrangers au groupe tous les exemplaires dont les distances sont supérieures à la plus grande distance du groupe.

L'examen critique de l'appartenance réelle de l'exemplaire étudié au groupe auquel il a été attribué est grandement facilité si au lieu d'avoir affaire à un exemplaire isolé on a affaire à un groupe de céramiques que l'on cherche à rattacher à l'un ou l'autre des groupes de référence. On peut alors vérifier, par exemple, que la distribution des distances de Mahalanobis des céramiques du groupe de référence le plus proche est la même que celle des exemplaires à attribuer.

De fait quelles que soient les méthodes employées, les risques de confusion demeurent plus élevés pour des exemplaires isolés que pour des groupes (cf. p. 1002, *Zones de conjonction*). Constatation générale qui joue un rôle déterminant dans l'adoption d'une stratégie face à un problème donné.

Applications

Destinées à illustrer quelques-uns des concepts exposés précédemment, elles voudraient présenter aussi des exemples de classification de céramiques d'habitats et les problèmes qu'ils soulèvent.

Les céramiques considérées ici proviennent de sites néolithiques du Proche Orient. Leurs compositions ont été déterminées par fluorescence X, 20 constituants (Na, K, Rb, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Ni, Zn, Al, Cr, Fe, Si, Ti, Zr, La, Ce, P, V) étant mesurés sur chaque exemplaire, mais 8 seulement (K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, Si, Ti) dans certaines études plus anciennes.

Céramiques du Djebel Sinjar

Elles proviennent de trois sites voisins, en Mésopotamie du Nord : Tell Sotto (symbole TSO), Kül Tepe (KTP), Yarim Tepe I (YTP), dont le matériel étudié est daté du VIII^e millénaire BP¹. La classification de ce matériel a été faite par analyse de grappes, en affinité moyenne non pondérée sur

¹ Bader N.O., 1989, *Earliest Cultivators in Northern Mesopotamia*, Moscow, Nauka (en russe) ; Munchaev R.M., Merpert N.I., 1981, *First Agricultural Settlements in Northern Mesopotamia*, Moscow, Nauka (en russe) ; Bashilov V.A., Bolshakov O.G., Kuza A.V., 1980, The earliest strata of Yarim Tepe I, *Sumer*, 36, 43-64 ; Bader N.O., Bashilov V.A., Le Mièrre M., Picon M., 1994, Productions locales et importations de céramique dans le Djebel Sinjar, *Paléorient*, 20 (1), 61-68.

données centrées réduites relatives à 16 des 20 constituants chimiques mesurés, P, Na, Sr et La ayant été éliminés pour des raisons de pollution ou d'incertitude des analyses. Le diagramme qui traduit cette classification montre l'existence de quatre groupes de composition repérés par des chiffres de 1 à 4, et de trois exemplaires isolés (fig. 1). Chaque céramique y est identifiée par son numéro d'analyse précédé du symbole du site (TSO, KTP, YTP) et par un signe graphique correspondant aux différentes catégories de céramiques qui ont été distinguées dans ce matériel, ainsi qu'aux matériaux architecturaux, des briques crues pour l'essentiel. On notera que les classifications qui comprennent des groupes d'origines différentes peuvent être améliorés en enlevant ceux qui sont les plus marginaux (cf. p. 1006, *Classifications*), ce qui n'est pas indispensable pour cet exposé.

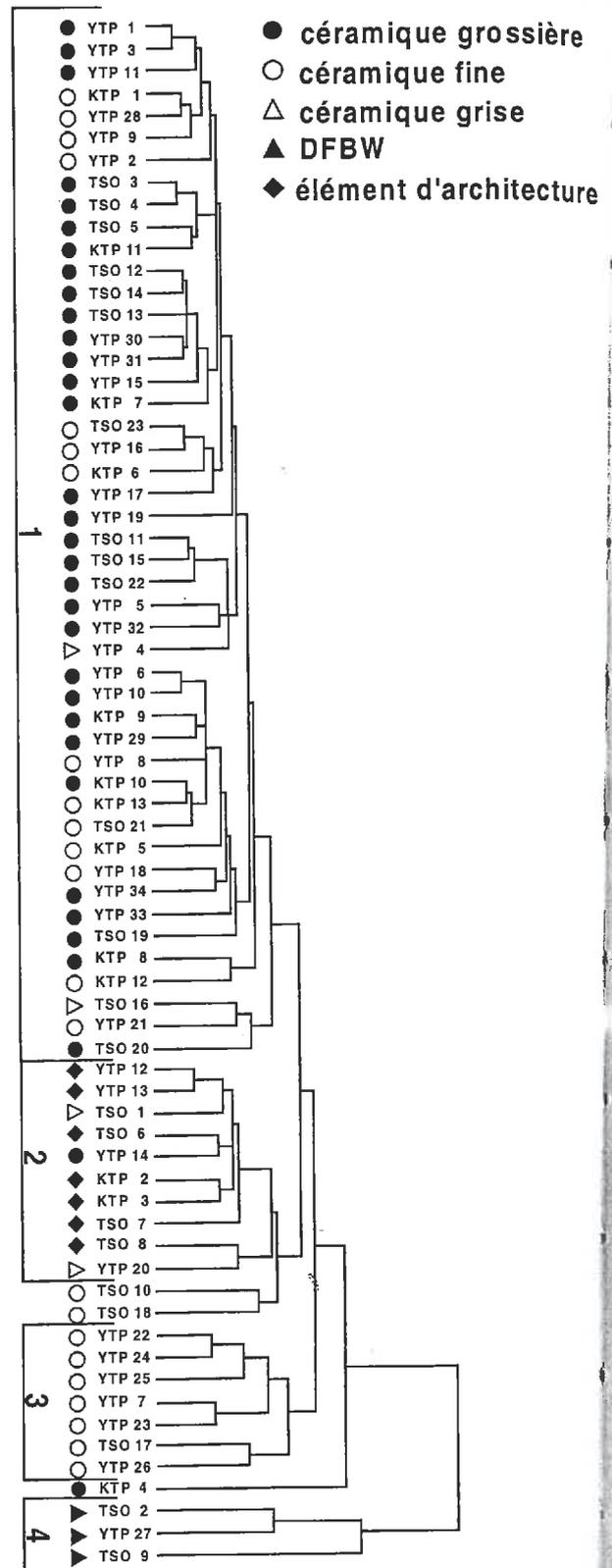
On voit que dans le groupe 1 les exemplaires des trois sites sont étroitement mêlés. Étant donné la proximité de ces sites, dont les plus éloignés ne sont séparés que de 7 km, on peut supposer, au cas où les trois sites seraient producteurs de céramiques, qu'on y aurait utilisé des argiles provenant de la même zone d'incertitude (cf. p. 1002). L'autre hypothèse étant celle d'un même centre qui aurait fourni les trois sites.

On pouvait espérer que les exemplaires du groupe 2 fourniraient des références pour l'identification de la production de chacun des sites (cf. p. 1001), puisqu'il s'agissait d'éléments architecturaux plus sûrement locaux. Mais leur regroupement à l'extérieur du groupe 1 montre que les éléments architecturaux n'ont pas la même composition que les céramiques, et qu'ils ne peuvent donc servir de référence pour l'identification de ces dernières. Ils sont beaucoup plus riches en chaux, comme c'est habituellement le cas des argiles employées pour la fabrication des briques crues. On notera aussi dans le groupe 2 le même mélange des origines que dans le groupe 1, ce qui pourrait être dû à l'existence d'une autre zone d'incertitude, plus probable ici que pour les céramiques, l'hypothèse d'un centre de production unique semblant plus douteuse pour les matériaux architecturaux.

Le groupe 3 a des caractéristiques géochimiques assez différentes de celles des groupes 1 et 2, avec notamment un rapport Cr/Ni plus faible, proche de 1,0, alors qu'il était de 1,6 pour les deux autres. Étant de surcroît constitué uniquement de céramiques fines on penserait volontiers à des éléments étrangers qui n'ont pas les mêmes critères de validation (cf. p. 1000). L'hypothèse la plus vraisemblable

Figure 1. Classification de céramiques et de matériaux architecturaux de trois sites voisins du Djebel Sinjar (Irak).

Figure 1. Classification of ceramics and architectural material found in three neighbouring sites in the Djebel Sinjar (Iraq).



étant qu'il s'agirait d'importations à moyenne ou courte distance, car une grande distance semble à cette époque moins probable dans le cas d'un approvisionnement régulier et relativement abondant comme le groupe 3.

Le groupe 4 a des caractéristiques géochimiques singulières, avec de très faibles pourcentages de titane (< 0,4) associés à des pourcentages élevés de magnésium, chrome et nickel. Ces caractéristiques plutôt rares se retrouvent généralement dans des argiles dont les dépôts se sont formés à proximité des zones ophiolithiques. De telles zones existent en Syrie du Nord ainsi que dans le sud-est de la Turquie, en Piérie et en Cilicie. Il existe donc pour les céramiques du groupe 4 une probabilité *a priori* (cf. p. 1004) en faveur de ces régions. Probabilité largement confirmée par les critères de validation (cf. p. 1000) que constituent les caractéristiques typologiques des céramiques du groupe 4 (dites *DFBW*, *Dark-Faced Burnished Ware*), caractéristiques que l'on retrouve en abondance sur les céramiques de ces régions, avec les caractéristiques de composition signalées précédemment. On a donc affaire avec le groupe 4 à des importations provenant d'au moins 500 km.

Céramiques de Bouqras

Elles proviennent du site de ce nom, situé dans la moyenne vallée de l'Euphrate ; et datent pour l'essentiel du VIII^e millénaire BP.²

On a éliminé, pour des raisons de simplification, les argiles et les briques crues, qui ont généralement des compositions différentes de celles des céramiques, comme on l'avait déjà noté sur les sites du Djebel Sinjar. La classification des exemplaires restants a été faite par analyse de grappes, mais seuls les 8 constituants chimiques indiqués précédemment ont été mesurés, car il s'agit d'une étude plus ancienne.

Le diagramme qui traduit cette classification montre l'existence de trois groupes de composition repérés par des chiffres de 1 à 3, et d'un ensemble hétérogène marqué 4 (fig. 2). Chaque céramique y est identifiée par son numéro d'analyse, précédé du symbole BQC dans la banque de données du laboratoire. L'appartenance aux différentes catégories de céramiques distinguées dans le matériel de Bouqras est indiquée par un signe graphique particulier.

Le groupe 1, constitué essentiellement de céramiques très calcaires à dégraissant végétal, doit représenter les productions locales. Du moins est-on assuré de la similitude de ses compositions avec celles des argiles de l'Euphrate, ce qui a été vérifié par ailleurs. On ne peut certes exclure que des importations provenant de sites voisins de la vallée puissent y être mêlées, les argiles de l'Euphrate conservant apparemment des compositions voi-

sines sur d'assez grandes distances, et constituant de ce fait une zone d'incertitude importante (cf. p. 1002 et ci-dessous *Céramiques d'El Kowm*).

Les compositions du groupe 3 sont assez proches de celles du groupe 1, mais elles s'en distinguent. De plus on y observe une proportion de céramiques fines et de céramiques décorées très supérieure à celle du groupe 1. Ces caractéristiques font penser à des importations, ce que semble confirmer l'absence de dégraissant végétal et une granulométrie de la pâte plus importante que celle du groupe 1. Ces importations pourraient être originaires d'une région peu éloignée de Bouqras, comme le suggère pour cette époque l'importance numérique du groupe 2. En effet des importations plus lointaines sont habituellement plus hétérogènes, comme c'est notamment le cas de l'ensemble 4 où figurent d'ailleurs un exemplaire de type *DFBW*, semblable à ceux du groupe 4 du Sinjar (cf. *supra*).

Les exemplaires du groupe 2 sont eux aussi des exemplaires importés comme en témoignent leurs compositions et les caractéristiques de leur dégraissant de type minéral. Le groupe étant assez important on pourrait songer, comme pour le groupe 3, à des importations à courte ou moyenne distance. Mais on ne peut exclure des importations lointaines car, s'agissant de céramiques destinées à la cuisson des aliments, ce qui n'était le cas ni du groupe 1, ni du groupe 3, cette spécialisation technique a pu générer des échanges spécialisés relativement importants bien que d'origine lointaine.

Céramiques d'El Kowm

Il s'agit d'un site du désert syrien, qui est situé à 80 km de la vallée de l'Euphrate. Le matériel analysé est constitué pour l'essentiel de céramiques, et de quelques argiles et fragments d'architecture. Les céramiques les plus nombreuses sont néolithiques et datent de la deuxième moitié du VIII^e millénaire BP, quelques unes d'entre elles étant plus récentes (Uruk) et datant du milieu du VI^e millénaire BP.³

Parmi le matériel recueilli sur le site on avait noté la présence de céramiques à engobe rouge, qui ressembleraient

² Akkermans P.A. *et al.*, 1983, Bouqras revisited : a preliminary report on a project in Eastern Syria, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 49, 336-349 ; Le Mière M., 1986, *Les premières céramiques du Moyen Euphrate*, Lyon, Université Lumière-Lyon 2, Thèse de Doctorat ; Le Mière M., Picon M., 1987, Productions locales et circulation des céramiques au VI^e millénaire, au Proche Orient, *Paléorient*, 13 (2), 133-147.

³ Stordeur D., Maréchal C., Molist M., 1991, Stratigraphie générale du tell néolithique d'El Kowm 2 - Caracol (Syrie), *Cahiers de l'Euphrate*, 5-6, 33-46 ; Le Mière M., 1986, *Les premières céramiques du Moyen Euphrate*, Lyon, Université Lumière-Lyon 2, Thèse de Doctorat ; Le Mière M., Picon M., 1987, Productions locales et circulation des céramiques au VI^e millénaire, au Proche Orient, *Paléorient*, 13 (2), 133-147.

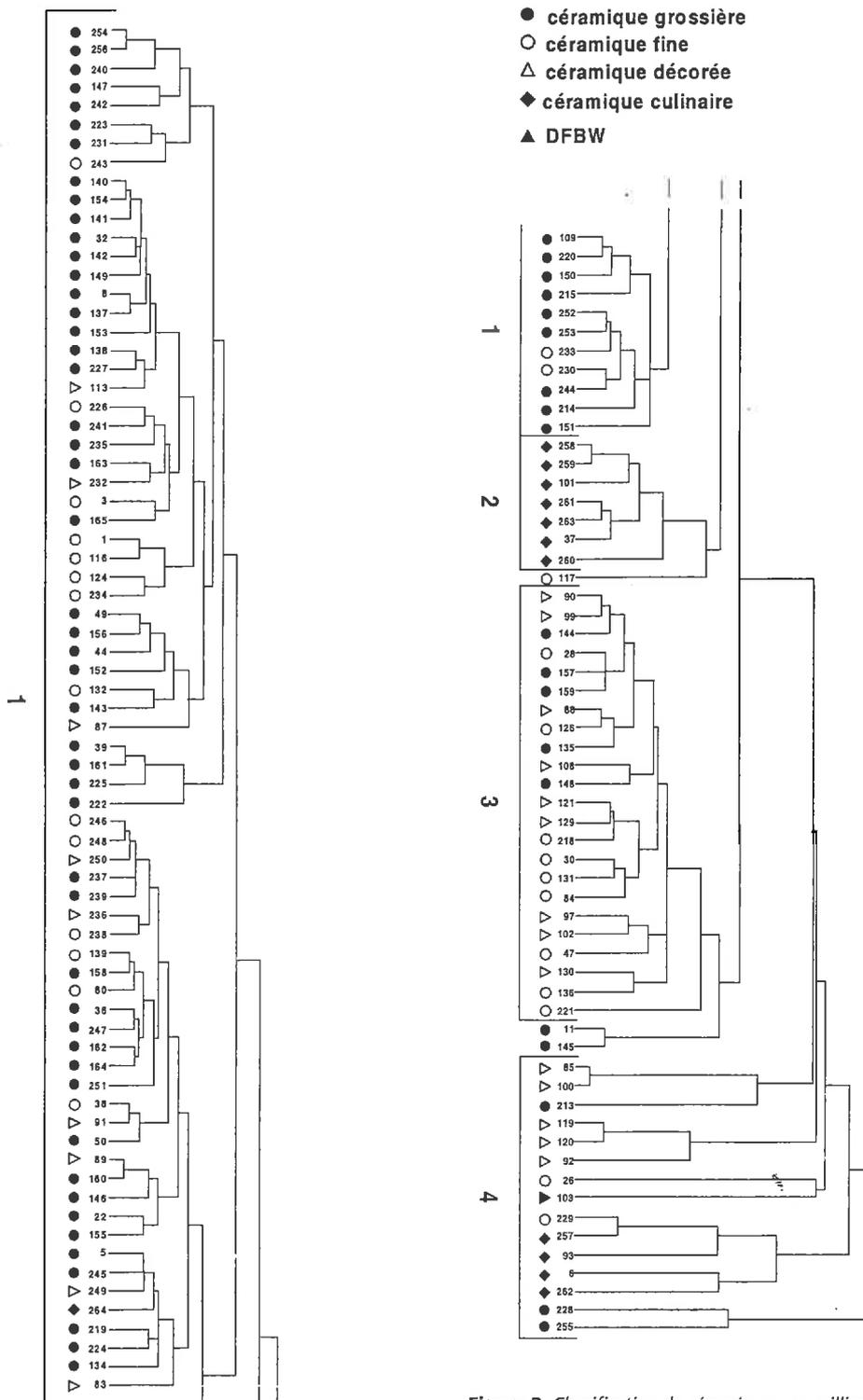


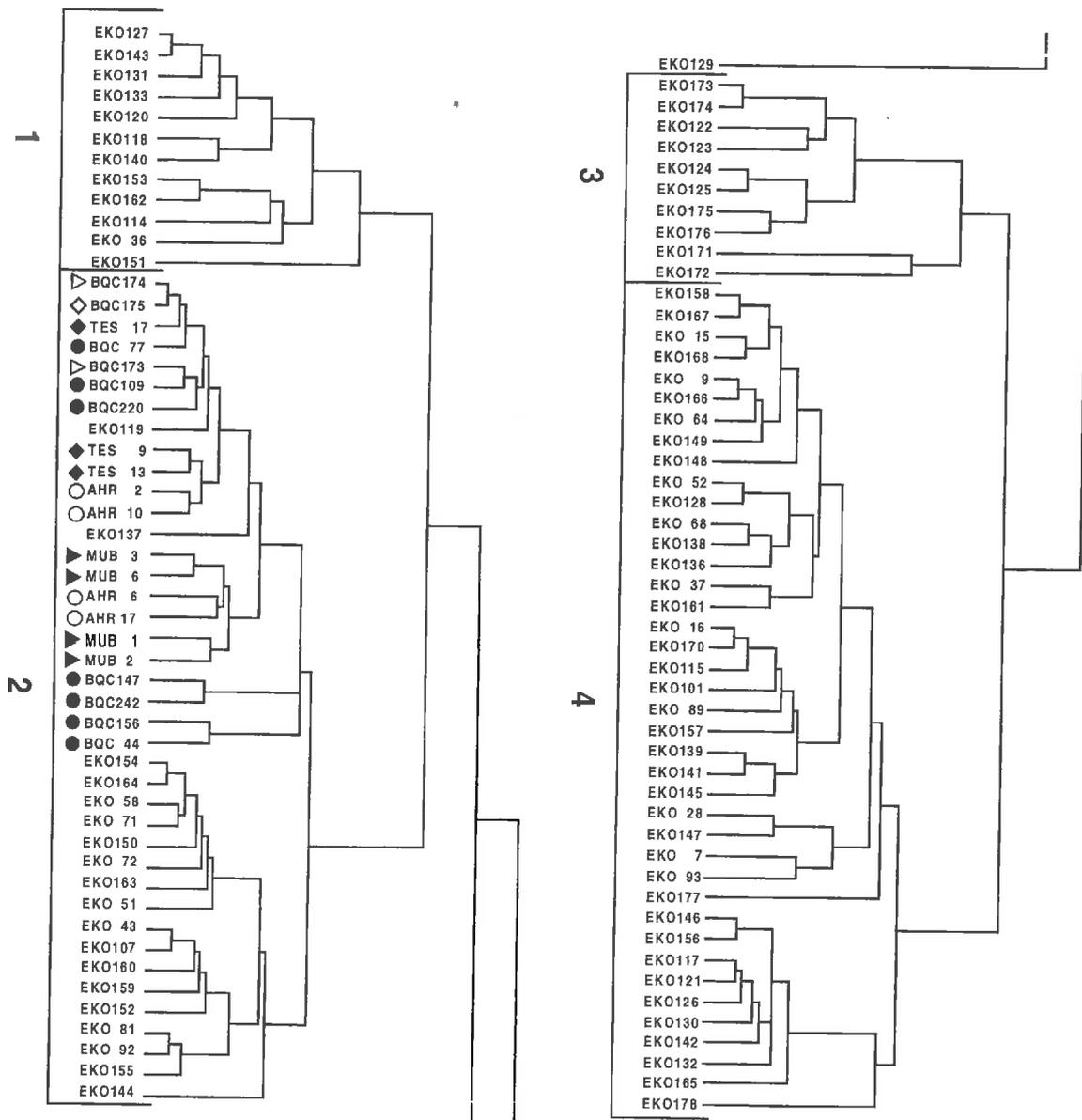
Figure 2. Classification de céramiques recueillies sur le site de Bouqras (Syrie).

Figure 2. Classification of ceramics found in Bouqras (Syria).

Figure 3. Classification de céramiques, d'argiles et de matériaux architecturaux du site d'El Kowm (Syrie) et d'un petit échantillonnage de matériaux et productions de la vallée de l'Euphrate.

Figure 3. Classification of ceramics, clays and architectural material found in El Kowm (Syria) and of a small sample of raw materials and productions coming from different sites in the Euphrates valley.

- ◆ Achara
- Bouqras
- ◆ Tell-es-Sin
- △ Jafra
- Abu Hureyra
- ▲ Mureybet



site
Syria).

beaucoup à des productions de la vallée de l'Euphrate, en particulier de Bouqras et de Tell es-Sin. Pour vérifier cette hypothèse on a introduit dans la classification du matériel d'El Kowm (effectuée dans les mêmes conditions que précédemment) des céramiques et des argiles originaires de plusieurs sites de la vallée (fig. 3). Ces exemplaires se réunissent avec les céramiques d'El Kowm que l'on suppose être originaires de la vallée, dans un même groupe, le groupe 2, mais ils ne se mélangent guère avec eux. Il semblerait donc que les exemplaires d'El Kowm ne soient pas originaires des sites considérés. En revanche les similitudes de composition des exemplaires du groupe 2 suggèrent que l'on serait là dans un cas de *ressemblances régionales*. On désigne ainsi des ressemblances moins fortes que celles qui existent à l'intérieur des zones d'incertitude (cf. p. 4) ; elles résultent de l'utilisation d'argiles, comme les argiles de la vallée, qui ont des caractéristiques géologiques communes. Celles-ci les opposent ici aux autres productions d'El Kowm qui sont faites avec les argiles tertiaires locales.

Parmi les groupes présents sur le site d'El Kowm, on notera encore le groupe 4 qui doit correspondre aux productions locales, le groupe 3 qui est constitué uniquement d'argiles et de fragments d'architecture, et le groupe 1 de céramiques majoritairement Uruk.

Discussion

Il est clair que les indications données sur le matériel des trois sites précédents et sur leur classification ne prétendent pas constituer un exemple d'une discussion réelle approfondie. Il s'agissait simplement d'illustrer quelques unes des possibilités offertes par l'étude géochimique des céramiques. Les discussions effectives sont souvent plus complexes, d'autant que la géochimie des céramiques trouve ses meilleures applications lorsqu'on a affaire à des ateliers bien définis et relativement peu nombreux, de telle sorte que les groupes monogéniques aient des caractéristiques précises et soient faciles à reconnaître. Ceci ne correspondant pas exactement aux conditions habituelles du Néolithique ! Si l'on ajoute aux difficultés précédentes dues à des structures de production en partie diffuses, celles qui résultent de l'usage fréquent des dégraissants ajoutés, lesquels sont une cause supplémentaire de fluctuations, on admettra que l'application des méthodes géochimiques aux céramiques préhistoriques requiert une particulière attention.

Doit-on conclure pour autant que d'autres méthodes conviendraient mieux pour résoudre les problèmes de classification et les problèmes d'origine de cette céramique ? Ce

n'est pas toujours évident. On trouvera certes des exemples où les méthodes pétrographiques ou minéralogiques seront particulièrement efficaces, et l'on aurait bien tort de se priver de leur aide. Cependant il ne faut pas perdre de vue que le pouvoir séparateur des méthodes pétrographiques et minéralogiques passe fréquemment les dimensions des phénomènes humains qu'elles seraient censées étudier. Les méthodes géochimiques ont au contraire, comme on l'a vu, un pouvoir séparateur généralement inférieur à quelques dizaines de kilomètres, ce qui reste donc à l'échelle des problèmes archéologiques les plus courants.

Les méthodes pétrographiques et minéralogiques ont peu d'aptitude à la constitution de groupes et à l'établissement de comparaisons, mais elles ne sont pas à rejeter pour autant. Sans doute est-il peu concevable, compte-tenu des limitations indiquées précédemment, que la pétrographie et la minéralogie des argiles parviennent à des résultats aussi intéressants que les méthodes géochimiques. Mais les renseignements qu'apportent les méthodes pétrographiques et minéralogiques étant le plus souvent de nature entièrement différente des renseignements fournis par les compositions, il serait tout à fait déraisonnable de vouloir se passer de ces méthodes. D'autant qu'elles peuvent fournir des hypothèses de localisation, en référence à des données géologiques largement disponibles, plus facilement que les méthodes géochimiques. Il reste toutefois à démontrer qu'elles sont suffisamment fines pour être autre chose que des méthodes complémentaires de la géochimie, ou des méthodes se limitant à un premier examen, ce qui est une autre perspective.

Bibliographie

L'essentiel des publications relatives à la géochimie des céramiques se trouve dans les quatre revues suivantes, où l'on trouvera également des indications bibliographiques complémentaires :

- Archaeometry*, publié par le « Research Laboratory for Archaeology and History of Art », Oxford University, vol. 43, 2001.
- Journal of Archaeological Science*, Academic Press, London, vol. 28, 2001.
- Revue d'archéométrie*, Bulletin de liaison du Groupe des méthodes physiques et chimiques de l'archéologie, Rennes, vol. 24, 2000.
- Pact*, Revue du Groupe européen d'études pour les techniques physiques, chimiques mathématiques et biologiques appliquées à l'archéologie, Louvain, vol. 42, 1994.