



HAL
open science

**CARACTERISATION ET GESTION DU SILEX DES
SITESMESOLITHIQUES ET NEOLITHIQUES DU
NORD-OUEST DE L'ARC ALPIN. Une approche
pétrographique et géochimique**

Céline Bressy-Leandri

► **To cite this version:**

Céline Bressy-Leandri. CARACTERISATION ET GESTION DU SILEX DES SITESMESOLITHIQUES ET NEOLITHIQUES DU NORD-OUEST DE L'ARC ALPIN. Une approche pétrographique et géochimique. Anthropologie sociale et ethnologie. Université de Provence - Aix-Marseille I, 2002. Français. NNT: . tel-00012083

HAL Id: tel-00012083

<https://theses.hal.science/tel-00012083v1>

Submitted on 4 Apr 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE AIX-MARSEILLE I - Université de Provence

U.F.R. Civilisations et Humanités

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE AIX-MARSEILLE I

Spécialité : Préhistoire

Présentée et soutenue publiquement

par

Céline BRESSY

**CARACTERISATION ET GESTION DU SILEX DES SITES
MESOLITHIQUES ET NEOLITHIQUES DU NORD-OUEST DE L'ARC ALPIN**
Une approche pétrographique et géochimique

Directeur de thèse : R. Chenorkian, Professeur (Université Aix-Marseille I)

JURY

M. F. FRÖHLICH	<i>Professeur (MNHN)</i>	Président
M. J.-M. GENESTE	<i>Conservateur du patrimoine</i>	Rapporteur
M. J.-P. TEXIER	<i>Directeur de Recherche (Bordeaux)</i>	Rapporteur
M. P. BINTZ	<i>Maître de Conférence honoraire (Grenoble I)</i>	Examineur
M. G. POUPEAU	<i>Chargé de Recherche (Bordeaux)</i>	Examineur

12 juin 2002

AVANT-PROPOS

Ce travail, réalisé au sein de l'ESEP (Economies, Sociétés et Environnements Préhistoriques, UMR 6636 du CNRS) à Grenoble, a pu aboutir grâce à une allocation de Recherche, accordée par l'Académie d'Aix-Marseille.

Je tiens à remercier chacun des membres du Jury pour avoir accepté de considérer ce travail. Je remercie Messieurs les rapporteurs, J.-P. Texier, directeur de recherche au CNRS et J.-M. Geneste, conservateur du patrimoine, ainsi que Messieurs les examinateurs, P. Bintz, maître de conférence honoraire de l'Université Grenoble I, R. Chenorkian, professeur à l'Université Aix-Marseille I, F. Fröhlich, professeur au MNHN et G. Poupeau, chargé de recherche au CNRS et directeur adjoint de l'IRAMAT.

La nature pluridisciplinaire de mon sujet de Thèse m'a permis de rencontrer et de collaborer avec des personnes d'horizons variés, contribuant à l'enrichissement de mon travail et de ma réflexion. Je souhaite leur exprimer ici ma reconnaissance et le plaisir que j'ai eu à travailler avec elles.

Ma plus sincère gratitude s'adresse à P. Bintz, maître de conférence honoraire de l'Université Grenoble I, pour avoir initié et suivi mon travail de recherche et pour les précieux enrichissements qu'il y a apporté par ses remarques et ses suggestions constructives. Je le remercie pour la confiance qu'il m'a accordée et qu'il me renouvelle.

Je remercie particulièrement R. Chenorkian, professeur à l'Université Aix-Marseille I, d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse suite au départ à la retraite de P. Bintz.

G. Poupeau, chargé de recherche au CNRS, a encadré mon étude pour les aspects archéométriques et méthodologiques. Je le remercie vivement pour m'avoir accueilli plusieurs années au sein du Groupe de Géophysique Nucléaire de l'UMR 5025 du CNRS (LGCA).

J.-A. Barrat, maître de conférence à l'Université d'Angers a élaboré et mis en place le protocole analytique appliqué pour la caractérisation géochimique du silex. La qualité des analyses obtenues doit beaucoup à ses compétences. Je le remercie non seulement pour cela mais encore pour avoir encadré mes premiers pas en géochimie.

J'ai eu beaucoup de plaisir à travailler pendant plusieurs années avec F. Keller du LGCA. Ses compétences et sa très agréable présence ont contribué au bon déroulement des analyses géochimiques.

Merci à T. Tillet pour m'avoir accueillie dans les locaux grenoblois de l'UMR 6636.

Je remercie C. Chauvel, directeur de recherche au CNRS et responsable du laboratoire de Géochimie, pour m'avoir facilité l'accès aux appareillages du LGCA. De même, ma reconnaissance s'adresse à P.

Van Der Beek, maître de conférence à l'Université de Grenoble I pour m'avoir fait bénéficier des infrastructures du LGCA jusqu'au terme de ma thèse.

Je remercie J. Affolter et C. Riche pour leurs réponses apportées à des questions de déterminations de faciès ainsi que J. Féblot-Augustins pour l'envoi d'échantillons de silex et les collaborations que nous avons pu établir.

Je suis particulièrement reconnaissante envers A. et H. Arnaud, respectivement directeur de recherche et professeur à l'Université de Grenoble I, pour leur disponibilité.

J'exprime mes remerciements à l'ensemble des personnes qui m'ont confié des échantillons archéologiques pour les examiner ou les analyser de manière destructive : R. Picavet, M.-C. Cauvin, C. Chataigner, T. Carter, M. Delgado et M. Malenfant.

Je souhaite encore remercier J.-P. Ginestet et G. Pion pour l'intérêt qu'ils ont manifesté envers mon travail et pour les indications qu'ils m'ont fourni sur les gîtes de silex.

De nombreuses personnes m'ont accompagnée sur le terrain ou donné des indications sur des gîtes de silex. Qu'elles trouvent toutes ici l'expression de ma gratitude, avec une mention particulière pour J.-M. Roche.

Je remercie S. Consigny, M. Blet et N. Dufresne pour m'avoir tenue informée des avancées de leurs recherches sur la caractérisation géochimique du silex.

J'exprime mes remerciements à A. D'Anna pour m'avoir permis d'élargir mon champ d'investigation et ouvert des perspectives nouvelles.

Ce travail est en partie le fruit de collaborations avec plusieurs étudiants en Préhistoire de Grenoble, en particulier S. Bernard-Guelle, A. Morin, G. Monin et D. Pelletier. Je profite de cet avant-propos pour saluer leur travail et les remercier d'avoir témoigné tant d'intérêt envers mes recherches.

Je remercie L. Bellot-Gurlet pour m'avoir fait bénéficier de son expérience sur la caractérisation des obsidiennes.

Je suis particulièrement redevable envers C. Brunet qui a concrétisé le projet de site web sur les matières premières et a réalisé le support CD de mon annexe 5. Je remercie également C. Bernard pour sa disponibilité.

J'adresse mes remerciements et mes amitiés aux personnes qui ont contribué à rendre plus agréable mon cadre de travail : S. Cousseran, O. Dorighel, A. Jelinek, E. Labrin, H.-G. Naton.

Je remercie C. Griggo, maître de conférence à l'Université Grenoble I, pour l'intérêt qu'il a témoigné envers mon travail.

Je salue le travail d'échantillonnage, de caractérisation et de détermination de provenance réalisé par C. Grünwald qui a constitué un précieux support à l'ensemble de mes recherches.

Un merci plus personnel et des plus sincères à Olivier pour avoir amélioré mon quotidien et m'avoir

fait progresser sur d'autres chemins que ceux de la Recherche. A ce sujet, j'ai également une pensée particulière pour la famille Thanh Long.

Je remercie mes parents qui m'ont toujours encouragée dans les choix que j'ai fait et m'ont apporté écoute et compréhension.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	13

PARTIE I : Le silex : approche géologique et contexte régional

CHAPITRE 1 : <i>Le silex : géologie et préhistoire</i>	17
I.- Le silex : un matériau géologique	17
I.A.- Définition et genèse du silex	17
I.B.- Propriétés du silex et caractérisation	19
II.- Le silex : une matière première	19
II.A.- L'étude des matières premières en Préhistoire : des perspectives multiples	19
II.A.1.- Les déterminations d'origine des matières premières	19
II.A.2.- L'intégration des données sur les matières premières à l'analyse typo-technologique	20
II.B.- Problématique	21
CHAPITRE 2 : <i>Les méthodes de caractérisation conventionnelles</i>	23
I.- Apports de la caractérisation macroscopique	23
I.A.- Historique	23
I.B.- Les critères de description macroscopiques	23
II.- Examens du contenu pétrographique	25
II.A.- Une évolution des approches	25
II.B.- Exposé méthodologique	26
II.B.1.- Introduction	26
II.B.2.- Matrice et éléments figurés	26
II.B.2.a.- Classification texturale	27
II.B.2.b.- Nature des grains	27
II.B.2.c.- Les caractères des particules sédimentaires	28
II.B.2.d.- Autres éléments figurés	28
II.B.3.- Les bioclastes	28
II.B.3.a.- Les microfossiles	29
Les Foraminifères	29
Les Ostracodes	30
II.B.3.b.- Les restes de macrofossiles	30
Les Spongiaires	30
Les Echinodermes	30
Les Brachiopodes	30
Les Bryozoaires	30
Les Lamellibranches ou Bivalves	30
Les Gastéropodes	33
Les Annélides	33
Les Algues à squelette calcaire	33
Incertae Sedis	33
II.C.- La dimension écologique de ces assemblages	35
II.C.1.- Zonation bionomique des fonds marins	35
II.C.1.a.- Les étages bionomiques (zonation verticale)	35
II.C.1.b.- Les ensembles bionomiques (zonation horizontale)	35
II.C.2.- Interprétation des assemblages	35
II.D.- Conclusion sur la caractérisation pétrographique du silex	35
CHAPITRE 3 : <i>Caractérisation des silex des massifs subalpins</i>	37
I.- Le cadre géographique	37
I.A.- Présentation géomorphologique	37

I.B. - Paléogéographie de la zone subalpine	37
II.- Connaissance des Ressources en silex et implications archéologiques	39
II.A.- Introduction	39
II.B.- Moyens mis en œuvre	39
II.B.1.- Les prospections	39
II.B.1.a.- Contextes géologiques d’affleurement	39
II.B.1.b.- Notions de gîtologie	40
II.B.2.- Lithothèque de référence	41
III. - Les silicifications des massifs subalpins et de leurs marges	42
III.A.- Introduction	42
III.B.- Le massif des Bornes	42
III.B.1.- Les données géologiques	42
III.B.2.- Les données acquises sur le terrain	42
III.B.3.- Les faciès identifiés	44
III.B.4.- Conclusion	44
III.C.- Les Bauges	46
III.C.1.- Les données géologiques	46
III.C.2.- Résultats des prospections	48
III.C.2.a.- Les sources valanginiennes	48
III.C.2.a.1.- Les gîtes	48
III.C.2.a.2.- Les faciès valanginiens	48
III.C.2.b.- Les sources sénoniennes	48
III.C.2.c.- Autres sources	50
III.C.2.d.- Conclusion	50
III.D.- Les massifs subalpins de Chartreuse et du Vercors	50
III.D.1.- Introduction	50
III.D.2.- Le massif de la Chartreuse	51
III.D.2.a.- Caractères géomorphologiques du massif	51
III.D.2.b.- Les données géologiques	51
III.D.2.c.- Les données de terrain	51
III.D.2.c.1.- Le silex valanginien	51
- Caractères généraux	51
- Description des faciès	53
III.D.2.c.2.- Silex sénonien	53
- Les affleurements primaires	53
- Les sources sénoniennes secondaires : le « silex tertiaire »	53
- Les formations quaternaires	54
III.D.2.d.- Conclusion sur les gîtes à silex de Chartreuse	54
III.D.3.- Le massif du Vercors	56
III.D.3.a.- Caractères géomorphologiques du Vercors	56
III.D.3.b.- Le silex du Nord du Vercors	56
III.D.3.b.1.- Les données géologiques	56
III.D.3.b.2.- Les données de terrain et les faciès marqueurs	58
- Silex en position primaire	58
- Les silex en position secondaire	59
Formations tertiaires	59
Formations quaternaires	59
III.D.3.b.3.- Bilan sur les caractéristiques des silex du Nord-Vercors	59
III.D.3.c.- Le silex du Sud du Vercors	60
III.D.3.c.1.- Travaux antérieurs	60
III.D.3.c.2.- Autres types	60
III.D.3.d.- Bilan sur le Vercors	60
III.D.4.- Les bordures du Vercors : la Vallée de l’Isère et le Royans	62
III.D.4.a.- Les données géologiques	62
III.D.4.b.- Les gîtes prospectés et les types livrés	62
III.D.4.b.1.- Silex valanginien	62
III.D.4.b.2.- Silex tertiaire	62
III.D.4.b.3.- Autres contextes d’affleurement	62
III.D.4.b.4.- Conclusion	63

III.E.- Les massifs subalpins du Sud et leurs marges	63
III.E.1.- Le Diois	63
III.E.1.a.- Données géologiques	63
III.E.1.b.- Gîtes échantillonnés et description des types	64
III.E.1.b.1.- Le silex du Tithonique	64
III.E.1.b.2.- Le silex du Valanginien	64
III.E.1.b.3.- Le silex barrémien	64
- Pellebit	64
- La Montagne de Belle Motte	65
- Glandage	66
- Lesches-en-Diois	66
III.E.1.b.4.- Autres types	67
III.E.1.b.5.- Silex en position secondaire : formation tertiaires et quaternaires	67
III.E.1.c.- Conclusion sur le Diois	67
III.E.2.- Vallée du Buëch et Dévoluy	69
III.E.2.a.- Le secteur de Lus la Croix Haute	69
III.E.2.a.1.- Le contexte géologique	69
III.E.2.a.2.- Les types marqueurs	69
- Silex sénonien	69
- Silex tertiaire	69
Le gîte de la Fay	69
Le gîte des Corréardes	71
III.E.2.b.- Le bassin de Maraize	71
III.E.2.b.1.- Silex en position primaire	71
Tré Maroua et Petit Penas (Le Saix)	71
III.E.2.b.2.- Silex en position secondaire	71
III.E.3.- Le Dévoluy	71
III.E.3.a.- Données géologiques	71
III.E.3.b.- Données de terrain	73
III.E.3.c.- Les silicifications du Jurassique et du Crétacé inférieur	73
III.E.3.d.- Les silicifications du Crétacé supérieur	75
III.E.4.- Buëch et Dévoluy : bilan	75
III.F.- Les ressources lithiques des massifs subalpins : synthèse	75
III.F.1.- Bilan sur les formations géologiques à silex	75
III.F.1.a.- Les terrains anté-jurassiques	75
III.F.1.b.- Le Jurassique	75
III.F.1.c.- Le Crétacé inférieur	75
III.F.1.c.1.- Le Valanginien	75
III.F.1.c.2.- L'Hauterivien	77
III.F.1.c.3.- Le Barrémo-Bédoulien	77
III.F.1.d.- Le Crétacé supérieur	78
III.F.1.e.- L'Eocène-Oligocène	78
III.F.1.f.- Le Miocène	78
III.F.1.g.- Les formations quaternaires	79
III.F.2.- Les questions d'accessibilité	79
III.F.3.- Conclusions	79

PARTIE II : Caractérisation géochimique et études de provenance

CHAPITRE 1 : Caractérisation géochimique du silex et provenance	83
I.- Introduction	83
I.A.- Principe de la caractérisation géochimique	83

I.B.- Bilan des recherches géochimiques sur les archéomatériaux	83
I.C.- Conclusions sur les études antérieures	85
II.- Application de la géochimie à la problématique régionale	85
II.A.- Une réponse quantitative à des questions archéologiques	85
II.B.- Choix des échantillons	85
II.C.- Considérations analytiques	86
II.C.1.- Justesse	86
II.C.2.- Reproductibilité	87
II.C.3.- Limites de détection	89
II.D.- Résultats des applications	89
II.D.1.- Présentation des données	89
II.D.1.a.- Les éléments mesurés en ICP-AES	89
II.D.1.b.- Les éléments traces	90
II.D.1.c.- Les éléments terres rares	90
II.D.2.- Problèmes analytiques rencontrés et recours possibles	91
II.D.3.- L'hétérogénéité du silex	92
II.D.4.- Les sources analysées	92
II.D.4.a.- Les sources primaires	92
II.D.4.a.1.- L'exemple d'une source bédoulienne	92
II.D.4.a.2.- Les sources primaires sénoniennes	97
II.D.4.a.3.- Conclusion sur les sources primaires	103
II.D.4.b.- Les sources secondaires	103
II.D.5.- Comparaison de la composition des sources sénoniennes de Chartreuse, du Vercors et du Bugey	112
II.D.5.a.- Silex sénonien des massifs subalpins de Chartreuse et du Vercors	112
II.D.5.b.- Silex sénonien du Bugey (Jura méridional)	113
II.D.5.c.- Le cas des silex tertiaires	116
II.D.6.- Conclusion sur la caractérisation géochimique des sources de silex	116
II.D.7.- Applications à la caractérisation des séries archéologiques	117
II.D.7.a.- Les possibilités d'attribution artefacts / sources	117
II.D.7.a.1.- Chauffe du silex et composition chimique	117
II.D.7.a.2.- La question de la patine	117
II.D.7.b.- Le site de Jiboui	121
II.D.7.c.- L'abri de la Grande-Rivoire	124
II.E.- Conclusions	124
CHAPITRE 2 : Caractérisation géochimique de l'obsidienne et provenance	125
I.- Introduction	125
I.A.- Objectifs de l'étude	125
I.B.- Le matériau	125
I.B.1.- Définition et formation	125
I.B.2.- Propriétés diverses	125
I.B.3.- Origine de la signature chimique	125
I.B.4.- Aspects gîtologiques	126
I.C.- Possibilités de caractérisation de l'obsidienne	126
I.C.1.- La datation	126
I.C.2.- L'analyse élémentaire	126
I.C.3.- La caractérisation par les propriétés structurales	126
II.- La caractérisation géochimique de l'obsidienne appliquée à trois études de provenance	126
II.A.- Approche méthodologique	127
II.B.- Deux exemples d'étude sur des sites de Turquie	127
II.B.1.- Çatal Höyük	127
II.B.1.a.- Présentation du site	127
II.B.1.b.- Historique des analyses d'obsidienne de Çatal Höyük	130
II.B.1.c.- Programme actuel de caractérisation de l'obsidienne de Çatal Höyük	131
II.B.1.d.- Résultats	131
II.B.1.e.- Discussion	137
II.B.1.f.- Conclusions et perspectives	138

SOMMAIRE

II.B.2.- Le site de Tell Kurdu	138
II.B.2.a.- Présentation du site	138
II.B.2.b.- Description du corpus analysé	140
II.B.2.c.- Résultats	140
II.B.2.d.- Discussion et conclusion	144
II.C.- Etudes péruviennes	146
II.C.1.- Les recherches antérieures	146
II.C.2.- Corpus analysé	146
II.C.3.- Résultats	146
II.C.4.- Interprétation des données	149
II.C.5.- Conclusion sur le Pérou	150
II.D.- Conclusion des études de provenance sur l'obsidienne	150
CONCLUSION	151
I.- Comparaison de deux matériaux	151
II.- Perspectives	152
 PARTIE III : Etude de sites mésolithiques et néolithiques des alpes du Nord	
 CHAPITRE 1 : Le Mésolithique et le Néolithique des Alpes françaises du Nord	
I.- Introduction	155
II.- Le Mésolithique ancien	155
II.A.- La Chartreuse	155
II.B.- Le Vercors	155
II.C.- Conclusion	157
III.- Le Mésolithique moyen	157
III.A.- Les Bornes	157
III.B.- La Chartreuse	157
III.C.- Le Vercors	160
IV.- Le Mésolithique récent	160
IV.A.- La Chartreuse	160
IV.B.- Le Vercors	161
V.- La transition entre le Mésolithique et le Néolithique ancien	161
VI.- Le Néolithique ancien	161
VI.A.- Les Bornes	161
VI.B.- La Chartreuse	161
VI.C.- Le Vercors	162
VII.- Le Néolithique moyen épical et le Chasséen	162
VII.A.- Les niveaux de l'Épical	162
VII.B.- Le Chasséen	162
VII.B.1.- Les Bornes	162
VII.B.2.- La Chartreuse	162
VII.B.3.- Le Vercors	162
VIII.- Le Néolithique final	163
VIII.A.- Les courants culturels septentrionaux	163
VIII.B.- Les courants culturels méridionaux	163
VIII.C.- Les courants culturels du Campaniforme	163
IX.- Conclusion	164
 CHAPITRE 2 : Bilan des travaux antérieurs sur l'approvisionnement en silex du Paléolithique final au Néolithique dans les Alpes du Nord	
I.- Le Paléolithique supérieur	165
I.A.- Saint-Thibaud-de-Couz	165
I.B.- Les grottes de la Passagère et Colomb	165

I.C.- Le col de la Charmette	165
II.- Circulation des matières premières au Mésolithique et au Néolithique	169
II.A.- Saint-Thibaud-de-Couz	169
II.B.- Pas de la Charmate	169
II.C.- Balme-Rousse	170
II.D.- Le Pas-de-l’Echelle	170
II.E.- La Grande-Rivoire	171
II.F.- Bouvante	172
II.G.- Saint-Laurent-en-Royans	172
II.H.- La diffusion du silex de Vassieux-en-Vercors	173
II.H.1.- Au Mésolithique	173
II.H.2.- Néolithique ancien	173
II.H.3.- Au Néolithique moyen	173
II.H.4.- Au Néolithique final et au Chalcolithique	174
II.I.- La diffusion des silex « marqueurs »	174
III.- Conclusion	174
CHAPITRE 3 : Etudes de séries	176
I.- Aspects méthodologiques : De la caractérisation d’un échantillon géologique à la détermination d’origine d’un artefact	176
I.A.- Les altérations de surface	176
I.B.- Problèmes d’exhaustivité du référentiel	177
I.C.- Protocole d’étude	177
II.- Applications	177
II.A.- Les sites des Hauts-Plateaux : deux exemples	177
II.A.1.- Introduction	177
II.A.2.- Etude de matières premières de l’industrie lithique de Fontaine de La Baume, St-Agnan-en-Vercors	178
II.A.2.a.- Présentation du site	178
II.A.2.a.1.- La stratigraphie	178
II.A.2.a.2.- La série lithique	178
II.A.2.b.- Etude des matériaux	178
II.A.2.b.1.- Spécificités de la série	178
II.A.2.b.2.- Les ressources lithiques locales	179
II.A.2.b.3.- Le spectre des matières premières	180
L’ensemble barrémo-bédoulien (BB)	180
L’ensemble sénonien (SEN)	180
Le silex turonien (TUR)	180
Le silex hauterivien (HTV)	180
Les indéterminables (IND)	182
II.A.2.b.4.- Résultats	182
Portée informative des pièces corticales	182
Corrélation des types de silex et des pièces retouchées	183
II.A.2.b.5.- Les aires d’approvisionnement	184
II.A.3.- Le Pas de l’Aiguille, Chichilienne (Isère)	186
II.A.3.a.- Présentation du site	186
II.A.3.b.- Les matières premières	188
II.A.3.b.1.- Le corpus étudié	188
II.A.3.b.2.- Variétés de matériaux	188
Le silex barrémo-bédoulien	188
Le silex hauterivien	191
Le silex sénonien	191
Le silex éocène	192
II.A.3.b.3.- Présentation des données	192
Pièces corticales et nature des gîtes d’approvisionnement	192
Introduction des matériaux sur le site	193
Sur la qualité de la matière première	193
Matières premières et pièces discriminantes	193
Bilan	193

II.A.3.b.4.- Les aires d’approvisionnement	194
II.A.3.b.5.- Conclusion sur le Pas de l’Aiguille	196
II.A.4.- Conclusion sur les sites des Hauts-Plateaux du Vercors	196
II.B.- Séries lithiques de Chartreuse : le cas de deux gisements	197
II.B.1.- Le Col de Porte (Isère, commune de Sarcenas)	197
II.B.1.a.- Présentation du site et acquis de la recherche	197
II.B.1.b.- Nouvelles données typo-technologiques	197
II.B.1.c.- Caractérisation des matières premières et recherche de provenance	199
II.B.1.c.1.- Le spectre des matières premières	200
II.B.1.c.2.- Variétés et provenances des matériaux	200
Silex sénonien	200
Silex valanginien	203
Les matériaux étrangers au massif	203
II.B.1.c.3.- Gestion des matériaux	203
II.B.1.c.4.- Conclusion sur le Col de Porte	205
II.B.2.- L’Aulp du Seuil	205
II.B.2.a.- Présentation du site	205
II.B.2.a.1.- Problématique	206
II.B.2.a.2.- Présentation des abris	206
L’abri Alp 1	206
- Données stratigraphiques	206
- Cultures matérielles et datations	207
L’abri Alp 3	208
- Stratigraphie	208
- Datations et séquence chrono-culturelle	209
Pour conclure sur la présentation des sites	209
II.B.2.b.- Les questions de provenance à l’Aulp du Seuil	209
II.B.2.b.1.- Introduction	209
II.B.2.b.2.- Approvisionnement en silex : gestion et origine de la matière première	210
Introduction	210
- Le potentiel lithique local du vallon de l’Aulp du Seuil	210
- Corpus examiné et limites de l’étude	210
II.B.2.b.3.- L’abri Alp 1	210
Données antérieures	210
- Etude des produits de débitage et des déchets de taille	211
- Matières premières et outillage	211
Nouvelles données sur l’origine des matériaux d’Alp 1	212
- Etude qualitative	212
Silex valanginien	212
Silex sénonien	212
Silex Barrémo-Bédoulien	215
- Répartition des familles de matériaux par horizons culturels	215
- Questions d’approvisionnement	215
II.B.2.b.4.- L’abri Alp 3	215
II.B.2.b.5.- Comparaison des résultats obtenus sur Alp 1 et Alp 3	216
II.B.2.c.- Conclusion	216
II.B.3.- Conclusion sur la Chartreuse	217
II.C.- Les sites des massifs cristallins	217
II.C.1.- Le site des lacs Robert, massif de Belledonne	217
II.C.1.a.- Présentation	217
II.C.1.b.- Résultats de l’étude des matières premières	217
II.C.1.b.1.- Description des types de silex	217

SOMMAIRE

- Type barrémo-bédoulien 1	217
- Type barrémo-bédoulien 2	217
- Type barrémo-bédoulien 3	219
- Type barrémo-bédoulien 4	219
II.C.1.b.2.- Observations sur le cortex	219
II.C.1.b.3.- Attributions de provenance	219
II.C.1.c.- Discussion et conclusion	220
II.C.2.- Les sites du Taillefer	220
II.C.2.a.- Introduction	220
II.C.2.b.- Etude des matières premières	220
II.C.3.- Conclusion	220
Conclusion	220

PARTIE IV : Conclusions

I.- Les gîtes	225
II.- Les méthodes	225
II.1.- Bilan	225
II.2.- Perspectives méthodologiques	226
III.- Implications archéologiques	226
III.A.- L'approvisionnement au Mésolithique et au Néolithique	227
Gestion des matières premières	227
III.B.- Fréquentation des zones d'altitudes	227
III.C.- Questions de territoires	228
Bibliographie	231
Table des figures	244
Table des tableaux	248

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de caractérisation du silex : échantillon géologique	250
Annexe 2 : Stratigraphie : divisions des temps géologiques du Secondaire au Quaternaire	252
Annexe 3 : Liste descriptive des gîtes de silex représentés dans la lithothèque de Grenoble pour les massifs subalpins	253
Annexe 4 : Fiches de caractérisation de 135 types géologiques de silex des massifs subalpins français. Support : CD-Rom	263
Annexe 5 : Illustrations photographiques de silex des massifs subalpins français. Support : CD-Rom	263
Annexe 6 : Description macroscopique et pétrographique des échantillons analysés par ICP-AES/-MS	264
Annexe 7 : Description du protocole d'analyse par ICP-AES/-MS	266
Annexe 8 : Données analytiques : résultats des analyses d'échantillons géologiques et archéologiques de silex par ICP-AES/-MS	273
Annexe 9 : Données analytiques : résultats des analyses d'échantillons géologiques et archéologiques d'obsidienne par ICP-AES/-MS	283
Annexe 10 : Rapports inédits des études sur les matières premières de sites subalpins réalisées par J. Affloter	291
Résumé/abstract	295

INTRODUCTION

Appréhender les mouvements et les déplacements participant aux phénomènes de peuplement ou de fréquentation saisonnière préhistoriques passe par la détermination d'origine des produits qui circulent. L'étude des matières premières contribue à évaluer les influences inter-régionales et à caractériser la nature des contacts entre les groupes humains. Elle permet en outre d'aborder la relation de l'homme avec son milieu naturel du point de vue de sa gestion et du territoire parcouru.

L'étude de provenance des matériaux est un aspect de la recherche préhistorique qui a pendant longtemps été ignoré. Les premières travaux systématiques sur ce sujet furent entrepris par des spécialistes du Néolithique, notamment polonais, afin de mieux cerner les phénomènes d'extraction minière et de diffusion du silex en Europe central. En France, les travaux d'A. Masson (Masson, 1981) ont apporté un éclairage méthodologique essentiel au développement des recherches de provenance du silex.

Selon l'environnement géologique des sites, un grand nombre de matériaux lithiques, comme le silex, l'obsidienne, le quartz, le quartzite, la rhyolite et différentes roches métamorphiques, a servi de matière première de débitage aux hommes de la Préhistoire. Dans les massifs préalpins français de moyenne altitude, cadre géographique de l'étude, le silex a été le plus utilisé en raison de sa disponibilité dans les formations calcaires régionales.

Pour les secteurs du Vercors et de Chartreuse, la détermination d'origine des silex a suscité un intérêt de la part de P. Bintz dès les années 1970, dans le cadre des recherches sur le site Paléolithique final de Saint-Thibaud-de-Couz. Ses prospections ont rapidement débouché sur l'élaboration d'une lithothèque. Sous son impulsion, C. Grünwald a effectué des travaux de caractérisation pétrographique sur les industries de Saint-Thibaud-de-Couz, du Pas de la Charmate et de Bouvante au cours de la deuxième moitié des années 1980 (Bintz et Grünwald, 1991) puis au début des années 1990, en collaboration avec J. Affolter (Musée de Neuchâtel) (Affolter et Grünwald, 1999).

Depuis 1996, les travaux de caractérisation des échantillons de silex naturels réalisés en parallèle avec celle des artefacts s'intègrent dans le Programme Collectif de Recherche coordonné par P. Bintz intitulé « Mésolithique et Néolithisation dans les Alpes du Nord ». La recherche des gîtes siliceux visant à compléter la lithothèque se rattache plus spécifiquement au programme « Prospection thématique ».

Le développement des moyens de caractérisation du silex, notamment quantitatifs, occupe une place privilégiée dans les investigations puisque régionalement se posent des problèmes de

discrimination des types auxquels les méthodes traditionnelles (examens macroscopique et pétrographique) répondent parfois partiellement. La possibilité d'effectuer des analyses géochimiques par ICP-MS et AES s'est présentée suite à l'acquisition de ces appareils par le LGCA (Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, UMR 5025-CNRS, Grenoble). Une collaboration de cinq années avec ce laboratoire m'a donné l'opportunité de réaliser plus de 300 mesures se répartissant entre des échantillons de silex et d'obsidienne.

Ce travail universitaire vise à aborder les modes d'approvisionnement en silex et par ce biais la mobilité des hommes et les notions de territoire au Mésolithique et au Néolithique en développant des moyens méthodologiques adaptés aux objectifs de discrimination des types de silex selon leur origine géographique. Le domaine géographique de ce travail, les Alpes nord occidentales françaises et leurs marges, apparaît comme un espace structuré et contraignant. Nous chercherons notamment à appréhender à travers les indications de provenance des matières premières dans quelle mesure ce milieu de montagne influence la mobilité des groupes préhistoriques.

Afin d'aborder ces questions nous avons orienté notre travail selon plusieurs directions qui sont :

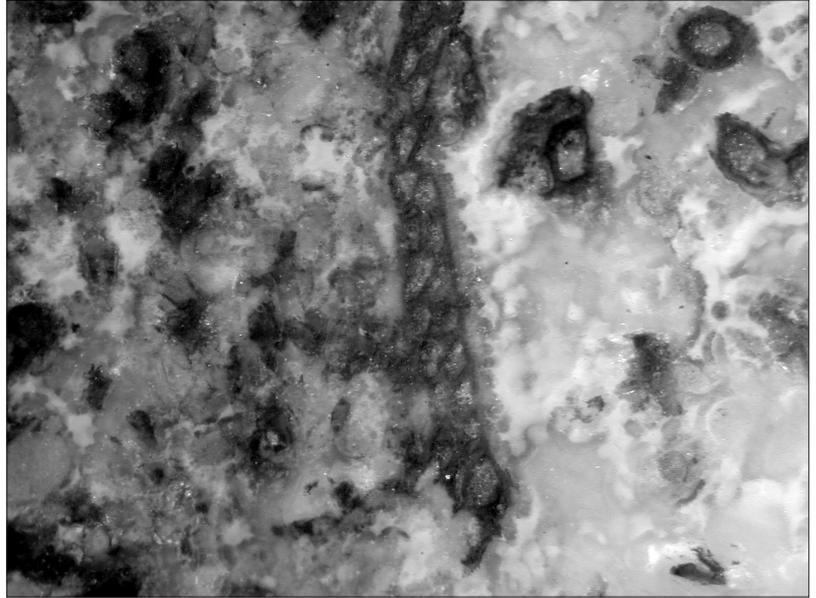
- La recherche des gîtes et la caractérisation des types qu'ils livrent afin de connaître les ressources en silex disponibles régionalement.

- L'application de méthodes de caractérisation physico-chimiques à des échantillons de silex géologiques et archéologiques pour en cerner les champs d'application les plus pertinents.

- L'étude de séries archéologiques par des examens « classiques » à la loupe binoculaire apportant des résultats qualitatifs et quantitatifs sur la gestion et les origines des silex composant les industries.

Ces trois volets d'investigation structurent cette thèse pour aboutir à une quatrième partie où les résultats obtenus sont discutés pour en dégager les implications archéologiques.

PARTIE I



Bryozoaires dans un échantillon de silex valanginien (St-Thibaud, Chartreuse)

Le silex : approche géologique et contexte régional

Le premier chapitre de cette partie considère successivement le silex, (i) en tant que matériau, afin d'en percevoir les propriétés intrinsèques qui permettront une différenciation entre les multiples variétés dispersées spatialement, puis (ii) comme une matière première débitée par les hommes préhistoriques et objet d'étude des préhistoriens. L'exposé de la problématique spécifique au domaine géographique qui nous occupe et aux cultures mésolithiques et néolithiques régionales clôturera ce chapitre.

Un second chapitre sera consacré à la présentation des méthodes de caractérisation traditionnellement appliquées au silex, les examens macroscopique et pétrographique, qui ont été adoptés pour la description des types de silex affleurant dans les massifs préalpins français, question qui occupera un troisième chapitre.

CHAPITRE 1 : *Le silex : géologie et préhistoire*

I.- LE SILEX : UN MATERIAU GEOLOGIQUE

I.A.- Définition et genèse du silex

Le silex est une roche sédimentaire siliceuse dont les caractères macroscopiques se rapportant à la couleur, au grain et à l'opacité sont variables. Généralement, le silex se décline dans les nuances de gris, jusqu'au noir et dans les teintes marron. Des couleurs plus vives (rouge, jaune, orange) peuvent s'observer dans le cas de silicifications pédogéniques. Il s'agit d'une roche dure à cassure conchoïdale composée de silice à plus de 95 %. Les préhistoriens se réfèrent à cette définition lorsqu'ils évoquent le silex et c'est celle que nous prendrons en compte au fil de notre texte. Pourtant, lorsqu'il est mentionné dans des travaux relatifs à la géologie, le terme de silex ne désigne qu'une silicification sédimentaire parmi d'autres, à la définition plus restreinte que celle précédemment exposée et reposant sur des caractéristiques minéralogiques et gîtologiques spécifiques (Cayeux, 1929 ; Fröhlich, 1999). Pour comprendre quelle est sa place au sein de la classification des silicifications sédimentaires, il convient avant tout autre chose de décrire les deux phases de la silice rencontrées dans ces types de roches. Des observations microscopiques réalisées dans le cadre de travaux relatifs à la préhistoire ou à la géologie (Badia et Fröhlich, 1975 ; Masson, 1981 ; Rio, 1982 ; Mouhsine, 1994 ; Dufresne, 1998) ont en effet montré que les silicifications sédimentaires sont constituées des différentes formes minéralogiques de la silice.

- L'opale-CT. Elle possède une structure cristalline désordonnée et se présente sous la forme de lépissphères de 1 à 20 μm de diamètre résultant du regroupement de lamelles cristallines de cristobalite.

- La calcédoine. Il s'agit d'une forme microcristalline fibreuse de la silice. Selon leur allongement, on distingue parmi les calcédoines, la quartzine (allongement positif) et la calcédoine s.s. (allongement négatif). Au sein des silicifications, l'organisation en fibres est moins nettes en relation avec leur processus de croissance.

La molécule associée à ces différentes formes de la silice est l'oxyde de silicium qui se présente sous la forme d'un tétraèdre $[\text{SiO}_4]$ au sein duquel l'atome de silicium occupe le barycentre et les atomes d'oxygène

les quatre sommets. L'angle de liaison entre les tétraèdres et la longueur de la liaison Si-O sont des paramètres qui vont varier légèrement, conduisant à différencier les phases de la silice (Fröhlich, 1999).

La description de leur processus de formation nous permet de mieux appréhender la nature des silicifications et par conséquent, de comprendre quelles sont leurs propriétés. Ce sont ces dernières qui nous orienteront vers les possibilités les plus pertinentes de caractérisation.

Pendant longtemps, la question de la formation du silex a soulevé un certain nombre de questions. Aujourd'hui, même si de nombreux aspects du processus global sont connus, certaines étapes de sa genèse demandent encore à être éclaircies.

La question du moment de la formation du silex a reçu une attention particulière. Il s'agissait de savoir si le processus se produit à un stade précoce de la diagenèse ou tardif. M. Rio (1982) a observé des évidences en faveur d'un stade précoce, alors que le sédiment est encore meuble et poreux. Il apparaît en fait que des silicifications se soient produites dans les deux cas (Weis et Wasserburg, 1987).

Une grande avancée dans la compréhension du mode de formation des silex a été constituée par le Deep Sea Drilling Project (DSDP) au début des années 1970. Ce programme associant plusieurs institutions océanographiques consistait à échantillonner les sédiments des fonds marins. Les études des carottages montrèrent que des silicifications se produisaient actuellement dans la plupart des principaux bassins océaniques (Calvert, 1971 ; Heath et Moberly, 1971 ; Lancelot, 1973).

Le processus global de la silicification repose sur la précipitation de la silice présente dans les eaux interstitielles des sédiments carbonatés. Ce mécanisme est fortement lié à la nature du sédiment encaissant (Lancelot, 1973 ; Keene et Kastner, 1974).

La silice qui va être mobilisée pour la formation du silex provient de sources multiples (fig. I.1). Une origine biogénique, par la dissolution des squelettes d'organismes siliceux (Calvert, 1971 ; Lancelot, 1973 ; Heath, 1974), a été proposée. Toutefois, de grandes quantités de silice peuvent également être libérées par lessivage des minéraux silicatés présents sur le continent dans les argiles, les roches et les cendres volcaniques (Calvert, 1974 ; Rio, 1982). L'origine biogénique est la plus communément admise, car elle est susceptible de fournir une quantité suffisante de Si sur une longue durée (fig. I.1).

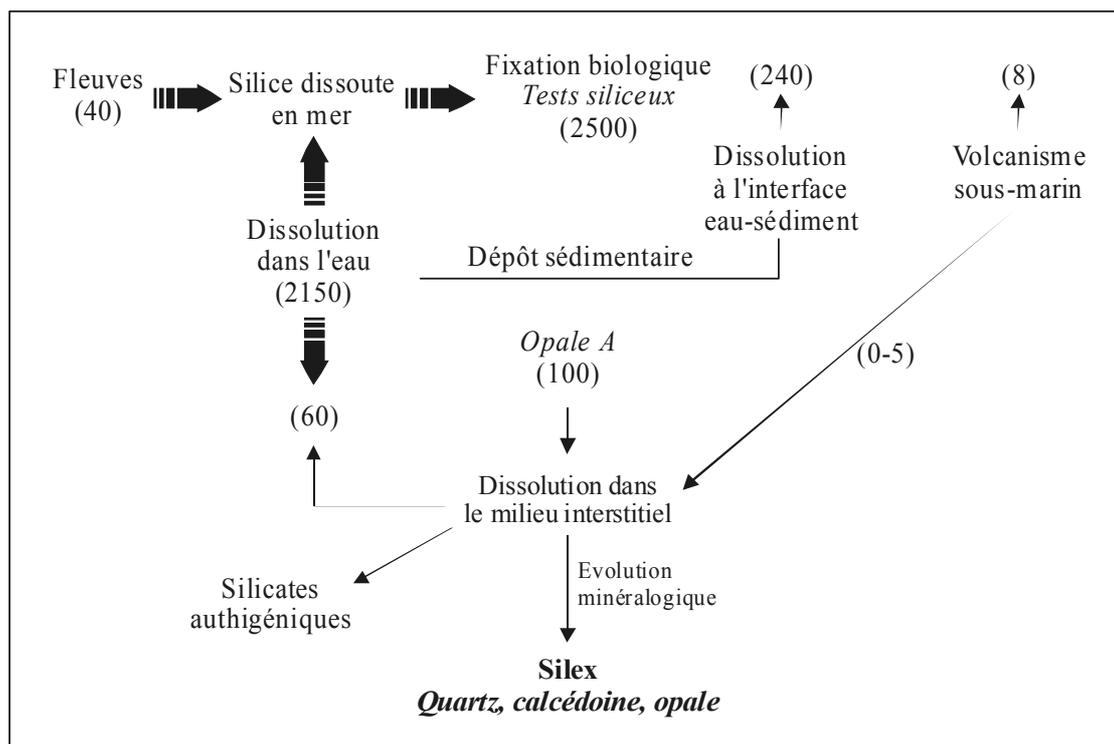


Figure I.1 - Cycle de la silice en mer. Entre parenthèses figurent les valeurs estimées de la silice dissoute (SiO_2 , 0,1 g/an). D'après Chamley (2000).

Globalement, un faible pH de l'eau est propice à la dissolution des carbonates et à la précipitation de la silice. Cependant, cette dernière est contrôlée par de nombreux autres facteurs dont la température, la pression et la présence d'impuretés. Les différents habitus de la silice requièrent des conditions différentes pour cristalliser, la principale étant la concentration en silice.

Ainsi, deux processus de genèse ont été distingués. Le premier repose sur la cristallisation d'opale-CT qui cimentent le sédiment en se développant dans ses pores (Fröhlich, 1999 ; Thiry et Milnes, 1991). Les silicifications résultant de ce mode de formation se présentent comme des corps massifs, des masses meubles ou encore sous la forme de ciment plus ou moins diffus dans les sédiments. C'est le cas des porcelanites et des silicites à opale-CT.

Le second conduit à la cristallisation de la silice en calcédoine par mise en solution des cristaux micrométriques de calcite constitutif de la roche encaissante. Ce remplacement des sédiments carbonatés préexistants, appelé épigénie, est isovolumétrique, conservant la structure et les composants du sédiment d'origine. Par exemple, les microfossiles initialement contenus dans les carbonates sont préservés par la silicification. Le processus prend fin lorsqu'il n'est plus alimenté par les fluides riches en silice. Postérieurement à la formation des silex, les sédiments calcaires sont compactés et émergent. Ce processus prévaut pour la formation des silex, des jaspes, des radiolarites et des

meulrières (Fröhlich, 1999). Leur composition minéralogique à calcédoine majeure ou seule détermine les caractéristiques générales de ces silicifications qui se présentent sous la forme de rognons ou de bancs dans un encaissant de nature différente, duquel ils s'individualisent et s'extraient aisément. Dans sa plus stricte acceptation le terme de silex est réservé aux corps siliceux présents dans les calcaires fins du Crétacé supérieur, tels les craies.

Dans les cherts, enfin, la calcédoine est associée à l'opale-CT. Ils se distinguent des roches siliceuses évoquées précédemment en se présentant comme des silicifications solidaires de leur roche-mère.

Leurs propriétés physiques et chimiques seront déterminées par la présence d'eau dans leurs micropores, par des minéraux argileux et carbonatés, des oxydes métalliques, de la matière organique.

Dans le cadre de notre travail, nous avons rencontré des silicifications qui, d'après leurs caractères généraux, leurs natures minéralogiques n'ayant pas été déterminée, correspondent à des silex, des cherts, des meulrières et, plus marginalement, des jaspes. Toutefois, dans la suite du texte nous privilégierons le terme de silex pour désigner l'ensemble des silicifications rencontrées afin de ne pas introduire de confusion vis-à-vis du vocabulaire classiquement employé dans les travaux de préhistoire.

I.B.- Propriétés du silex et caractérisation

La caractérisation des silex par des moyens pétrographiques est justifiée dans la mesure où la formation du silex est un phénomène isovolumétrique qui conserve les caractères du milieu sédimentaire dans lequel il s'est formé. Les méthodes de caractérisation pétrographiques des roches sédimentaires peuvent donc être appliquées au silex.

La discrimination des silex par leur composition minéralogique apparaît par contre moins pertinente étant donné leur caractère monotone. D'autre part des études antérieures ont montré les limites de cette approche (Masson, 1981 ; Dufresne, 2000).

La géochimie est, comme pour la plupart des roches sédimentaires, délicate à appliquer au silex. La raison en est l'origine complexe de la signature géochimique de ce matériau : on peut considérer que la roche enregistre les conditions géochimiques de son environnement de formation et celle des fluides chargés de silice qui contribuent à sa formation. En outre, la nature chimiquement semi-ouverte du silex, par l'existence de micropores, est susceptible d'incorporer des éléments chimiques provenant de son milieu d'enfouissement. Des études ont montré que des phénomènes de diffusion d'éléments dans les zones superficielles de la roche se produisaient (Walter, 1993). La partie interne des silex apparaît donc préservée de ces phénomènes de « pollution ». L'intérêt d'adopter une approche géochimique réside dans son caractère quantitatif par comparaison avec d'autres méthodes, plus subjectives. D'un point de vue géologique, le silex a fait l'objet de plusieurs études géochimiques (Weis et Wasserburg, 1987 ; Murray *et al.*, 1990 ; Armstrong *et al.*, 1999) afin de caractériser et de mieux comprendre les environnements de dépôt.

II.- LE SILEX : UNE MATIERE PREMIERE

En raison de ses qualités physiques, dureté et fracturation conchoïdale, le silex a été une matière première de débitage recherchée durant la Préhistoire. La présence ubiquiste de ce matériau dans l'environnement a permis un approvisionnement au sein de multiples sources. Les silex taillés des séries archéologiques peuvent être considérés comme des marqueurs des déplacements des groupes préhistoriques à condition de déterminer leur origine géologique et géographique.

II.A.- L'étude des matières premières en Préhistoire: des perspectives multiples

Depuis une trentaine d'années seulement, les préhistoriens ne s'intéressent plus seulement à la forme des objets archéologiques mais également au matériau qui les constituent. De nos jours, les monographies de

sites réservent systématiquement une place aux questions des matières premières. Le développement des études technologiques, dans lesquelles la nature des matières premières constitue une composante informative essentielle (Perlès, 1991 ; Pelegrin, 1995), a grandement contribué à la stimulation des recherches dans ce domaine.

Les informations apportées par la caractérisation des matières premières concernent deux directions de recherche complémentaires. La première est liée aux questions de provenance et de mobilité des groupes humains tandis que la seconde intéresse la gestion des matières premières en fonction des systèmes techniques.

II.A.1.- Les déterminations d'origine des matières premières et plus particulièrement du silex peuvent être exploitées de différentes manières. Elles nous renseignent en premier lieu sur la distance d'éloignement site-gîte(s) et en conséquence, sur l'extension du territoire exploité ou parcouru. En outre elles donnent une idée de l'investissement physique fourni pour l'acquisition du matériau en relation avec le dénivelé et les obstacles naturels jalonnant le parcours entre le site et le gîte. La dimension spatiale des données sur les matières premières témoigne également de l'organisation des déplacements, rayonnants ou unilatéraux (Féblot-Augustins, 1997).

A travers le spectre de matières premières et par leur variété d'origines, il est possible de percevoir le mode d'exploitation du territoire : c'est-à-dire de chercher à savoir s'il s'agit d'une exploitation extensive ou au contraire raisonnée du territoire. Le degré de mobilité du groupe considéré peut ainsi être jugé. La nature de l'approvisionnement, opportuniste (réalisé à l'occasion d'une activité autre que l'acquisition de matière lithique) ou orientée, peut également être perçue en considérant l'éventail des matériaux et l'éloignement des sources.

Du point de vue des distances mises en jeu, une matière première de provenance locale marque l'étendue du territoire exploité intensivement à partir du site occupé. Le terme local est couramment employé pour désigner des sources dont la distance au site est comprise entre 0 et 5 km, soit une heure de marche (Affolter et Grünwald, 1999). Entre 5 et 20 km, les sources sont considérées comme voisines (Geneste, 1985) et, au-delà, comme lointaines. L'origine de matières premières rapportée à cette dernière zone peut renvoyer aux déplacements des groupes antérieurs à leur arrivée sur le site considéré.

Enfin, l'identification de silex allochtones, ayant circulé sur des distances supérieures à 80 km environ, dans une série est souvent délicate à interpréter car elle peut témoigner :

- de relations ou contacts avec des populations qui ont séjourné à proximité de la zone-source,
- d'un besoin de matériaux de qualité non disponibles dans l'environnement immédiat,

- de l'existence de réseaux d'échange organisés à grande échelle,
- de l'origine géographique d'un groupe fréquentant saisonnièrement une autre entité géographique,
- de l'existence de raids vers des régions éloignées (Turq, 1990),
- ou enfin d'une suite d'évènements plus complexes qui ont conduit à l'introduction de ces matières d'origine lointaine.

Ces informations contribuent à une meilleure compréhension des comportements socio-économiques des groupes humains étudiés.

II.A.2.- L'intégration des données sur les matières premières à l'analyse typo-technologique est également susceptible de déboucher sur un grand nombre d'informations.

L'acquisition des matériaux lithiques se rapporte aux premières phases de la chaîne opératoire.

Le premier intérêt de la discrimination des silex par types dans le cadre de l'étude technologique est de faciliter le remontage de produits issus d'un même bloc de matière première. Ces raccords, ainsi que la représentation des matières premières selon les phases de la chaîne opératoire renseignent sur les modalités de transport et sur le mode d'introduction sur le site de chaque type de matière première (blocs bruts ou préformés, supports ou produits finis) (Geneste, 1988). Les résultats de ces approches fournissent des éléments d'argumentation sur le statut du site. Il est ainsi possible de distinguer :

- des sites d'extraction et d'exportation, par la présence d'éclats d'amorce et de blocs testés,
- des sites d'extractions et de production (faciès d'atelier) dans lesquels les éclats corticaux dominent et les produits vers lesquels est orienté le débitage font défaut,
- des sites de consommation où une majorité de produits finis est représentée,
- ou enfin des sites mixtes.

Par la mise en relation des données technologique et celles concernant les matières premières peut également être décelée une éventuelle gestion différenciée de la matière première (Perlès, 1991). Ce point mérite d'être mieux défini et développé étant donné l'intérêt et les travaux que cette question a suscités. Il s'agit, après avoir déterminé la multiplicité des schémas opératoires et mis en évidence la diversité des matériaux composant la série de reconnaître une utilisation préférentielle de certains matériaux pour telle chaîne opératoire ou la confection de certains supports (Perlès, 1991).

L'utilisation préférentielle de certains matériaux (Geneste et Rigaud, 1989) peut être liée à la disponibilité régionale en matières premières et/ou aux nécessités techniques (production de différents supports qui va demander des natures particulières de matériaux). Dans le dernier cas, les blocs doivent

répondre à des critères de morphologie et de qualité à la taille particuliers, prédéterminés par les produits qu'on a l'intention d'obtenir (Pelegrin, 1995). A l'inverse, la matière première peut contraindre le débitage conduisant à l'adaptation des techniques à un matériau particulier.

Cependant, au-delà des contraintes liées à la matière première, le choix dont elle était l'objet pouvait dépendre des traditions culturelles des populations, de leur identité ou de critères esthétiques.

L'utilisation différentielle des matières premières peut par ailleurs répondre à des nécessités fonctionnelles. Ainsi, certains matériaux aux qualités variables seront choisis pour être en adéquation avec les activités auxquelles ils sont destinés (Pradel et Tourencq, 1967).

Enfin, le mode d'acquisition et de gestion des matériaux lithiques est fortement corrélé aux modes de vie, sédentaire ou nomade, et au degré d'organisation sociale et économique d'une population. Ainsi, les problématiques concernant les matières premières ne se posent pas aux archéologues dans les mêmes termes suivant l'époque préhistorique considérée.

Après s'être convaincu de l'intérêt multiple et indéniable des études sur les matières premières, il convient de recadrer cette problématique sur le silex, objet de notre étude, dans le contexte géographique et chrono-culturel qui nous occupe.

Ces dernières années deux travaux ont été consacrés à la caractérisation du silex dans les limites régionales de notre étude ou dans la fourchette chronologique que nous nous sommes fixés. Chacun possède une orientation propre. Le premier a porté sur la diffusion de silex à partir d'un secteur géographique, en l'occurrence le plateau de Vassieux-en-Vercors qui associe sources et sites d'atelier (Riche, 1998). L'auteur a adopté une vision « centrifuge » de la question des matières premières. Son approche méthodologique est légèrement différente de la nôtre puisque Riche a réalisé ses observations sur les échantillons géologiques à partir de lames minces qui offrent une vision très différente de celle obtenue sous loupe binoculaire. Cependant lorsqu'elle étudie les séries archéologiques, elle procède aussi par examen non destructif des microfaciès (loupe binoculaire). C. Riche est ainsi parvenue à une caractérisation fine des différents faciès de Vassieux-en-Vercors et les a comparés et discriminés des autres sources régionales susceptibles de fournir des rognons présentant des faciès convergents avec ceux de Vassieux.

Pour la période du Mésolithique, une étude récente a consacré une part importante à la question des approvisionnements de sites provençaux (Guilbert, 2000). L'auteur y présente l'inventaire des sources oligocènes échantillonnées en Provence et exploite ce référentiel dans le cadre de l'étude de quatre séries

mésolithiques. Ses données sur les matières premières sont intégrées à l'approche technologique adoptée.

Notre étude se distingue de celles-ci dans la mesure où nous aborderons, en considérant les sites receveurs, les questions d'acquisition des matériaux, de mobilité, de réseaux inter-sites mettant en jeu toutes les potentialités des gîtes siliceux et de territorialité.

La détermination d'origine des silex d'un site archéologique permet d'appréhender l'extension du territoire mais encore faut-il préciser quel niveau d'analyse territoriale peut être atteint. On peut distinguer selon la distance, déterminée par le trajet-source au site, et en fonction de la quantité de matériel introduit sur le site :

- le territoire de subsistance, correspondant à la zone dont les ressources sont exploitées intensément à partir du site.
- le territoire culturel qui s'apparente à l'espace rassemblant des groupes appartenant à un même ensemble culturel et soumis à des liens sociaux. La nature de ces relations est difficile à appréhender en Préhistoire mais peut être approchée par l'identification de silex allochtones.

Deux niveaux de lecture se distinguent alors : l'un économique, l'autre social.

Toutefois, selon le statut du site (halte de chasse, campement résidentiel, atelier de taille), la provenance des matières premières peut revêtir une signification différente et matérialiser les trajets parcourus avant l'arrivée au site : la proportion de matières premières introduite sur le site relevant de ce cas de figure varie selon la nature du gisement.

Enfin ces questions de territorialité doivent être reconsidérées d'un point de vue culturel et abordées différemment selon le mode de vie des populations : nomades ou sédentaires, mésolithiques ou néolithiques.

La nature de l'approvisionnement et des matériaux qui circulent peuvent apporter un éclairage sur le degré de mobilité des populations nomades et sur la place de l'acquisition des matières premières au sein du système d'exploitation des ressources naturelles.

Les matières premières permettent d'appréhender et d'évaluer la composante mobile des populations sédentaires. De plus elles mettent en évidence l'existence de systèmes d'acquisition organisés dans le cas de matériaux ayant circulé sur de longues distances ou sous la forme de supports ou d'outils standardisés.

II.B.- Problématique

Différentes matières premières lithiques ont circulé dans les Alpes du Nord. Les roches vertes (Thirault *et al.*, 1999), l'obsidienne (Brisotto, 1998 ; Brisotto *et al.*, 2000) et le quartz (Cousseran, 2000 ; Cousseran, 2001 ; Cousseran *et al.*, 1998), présents en faibles proportions sur les sites, peuvent être rencontrés aux côtés du silex, prédominant dans les gisements préhistoriques des massifs préalpins. La présence de ces différents matériaux revêt des significations différentes, certaines

d'ordre essentiellement fonctionnel et d'autres d'ordre symbolique et esthétique. Par sa fréquence dans les séries, le silex constitue un matériau moins prestigieux, qui répond à des besoins « quotidiens » et dont l'acquisition tenait une place importante dans les préoccupations de subsistance des hommes préhistoriques. Ce matériau est donc porteur d'informations ayant trait au comportement économique et social des groupes humains et à leur relation avec l'environnement, qu'il faut déchiffrer. La caractérisation des types de silex permet de mettre en évidence des caractères discriminants sur la base desquels peut s'opérer une comparaison entre échantillons archéologiques et géologiques dans le but d'identifier la provenance des pièces taillées. La question de la méthode la plus adaptée se pose alors pour que les critères utilisés soient pertinents et fiables. Le choix de cette méthode doit être fait en prenant en compte différents paramètres. Le premier est l'importance numérique des échantillons à considérer lors de l'étude d'une série. Ainsi, il faudra que l'approche adoptée soit suffisamment souple, rapide et non destructive pour permettre son application à des séries archéologiques importantes. Les méthodes qui réunissent ces qualités sont celles classiquement employées dans le cadre des études sur les matières premières, la caractérisation macroscopique et pétrographique. Le second paramètre intervenant dans le choix de la méthode est lié à la particularité des silex régionaux et aux problèmes de caractérisation qu'ils posent. Ainsi, selon les contextes, les moyens analytiques doivent être redéfinis pour parvenir aux résultats les plus satisfaisants. Pour surmonter les difficultés de discrimination de certains silex rencontrés localement, il a été fait appel à l'analyse élémentaire, destructive. Cette méthode est utilisée avec succès pour la caractérisation d'autres matières premières, tout particulièrement l'obsidienne, et nous nous interrogerons sur ses possibilités d'application au silex en faisant quelques comparaisons avec le premier matériau.

Un aspect de notre travail, pluridisciplinaire par essence et par nécessité, a donc consisté à comparer différentes méthodes de caractérisation et à définir pour chacune d'elles ses domaines d'application et ses limites dans le cadre régional que nous nous sommes fixé, qui pose des problèmes spécifiques.

A travers l'énoncé de ces aspects méthodologiques se profilent différentes directions qui ont été traitées dans cette thèse. L'amélioration de la connaissance des types de matières premières disponibles dans les massifs préalpins et leur caractérisation apparaissent comme des éléments essentiels. Disposer d'un référentiel suffisamment large est un point de départ obligé pour répondre aux besoins de comparaison avec les artefacts et identifier les provenances. Cette démarche permet alors d'aborder les questions de territorialité et de mobilité dans le domaine géographique particulier qui est le nôtre, les Alpes du

Nord. Toutefois, étant donné l'ampleur des disponibilités en silex dans les Préalpes et le temps nécessaire à l'inventaire de la majorité de ces sources, nous avons concentré nos efforts dans la recherche de silex marqueurs, c'est-à-dire de silex présentant des caractères (pétrographiques ou géochimiques) suffisamment spécifiques pour qu'ils puissent par leur seule présence dans une série archéologique indiquer une zone-source. Ainsi il est possible de parvenir à définir les secteurs d'approvisionnement d'un site dans leur globalité.

La spécificité du milieu de montagne, par ses contraintes climatiques, topographiques et la diversité des biotopes, est une composante essentielle de notre problématique et sera considérée lors de nos réflexions sur les déplacements. La montagne en effet marque et structure le paysage, constituant des repères dans celui-ci. Elle ne semble pas avoir été durant la Préhistoire perçue comme une frontière puisque après la fonte glaciaire, les zones d'altitude étant devenues accessibles, elles ont été fréquentées ainsi que l'attestent des sites du Magdalénien supérieur au Néolithique final. Enfin, c'est le milieu dans lequel la circulation des groupes humains peut sans doute être la mieux matérialisée et identifiée, grâce à l'existence de passages obligés, constitués par les cols, des pas et des vallées.

L'approche des relations entre la plaine et les milieux de montagne d'une part et entre les massifs préalpins d'autre part est rendue possible par l'identification de l'origine des silex à condition que le référentiel de comparaison concerne une aire géographique suffisamment vaste. Cette question présente une grande importance étant donné le caractère saisonnier des occupations des massifs préalpins puisqu'elle permet d'approcher l'origine géographique des groupes qui les ont fréquentés.

Les problèmes de gestion du territoire seront également abordés et pour cela, les données typo-technologiques, si elles existent pour la série étudiée, seront intégrées à la réflexion sur la nature de l'approvisionnement et sa place par rapport à d'autres activités. Il s'agira de mettre en évidence si les zones fréquentées par les groupes préhistoriques identifiées au moyen des matières premières se rapportent à leurs territoires de subsistance, exploités à partir de leur site, au cours d'un laps de temps conséquent ; si elles correspondent à des jalons sur le parcours saisonnier d'un groupe donné ; si elles résultent d'un approvisionnement indirect, traduisant les limites du territoire ou de l'espace culturel d'une population.

La perspective d'une comparaison diachronique de l'approvisionnement nous a conduit à considérer les périodes du Mésolithique et du Néolithique. Nous avons ainsi cherché à savoir de quelle manière les stratégies d'acquisition du silex ont évolué entre ces deux époques séparées par de profondes mutations économiques et sociales. Comment s'exprime cette

rupture du point de vue des matériaux exploités ? Perçoit-on une augmentation des distances d'approvisionnement au Néolithique, en relation avec ce qui est connu dans d'autres secteurs géographiques (Vaquer, 1990) ? Et qu'en est-il de la diversité des matières premières exploitées ?

D'un point de vue synchronique, nous avons cherché à savoir si en fonction des entités géographiques naturelles constituées par les massifs, des comportements différents étaient observés vis à vis de la gestion des matériaux. En d'autres termes, le potentiel en silex et le contexte géologique propres à chaque massif ont-ils eu une incidence sur l'approvisionnement ?

Enfin, les distances de déplacement varient-elles pour la même période selon les sites considérés ?

Le silex témoigne des circulations des groupes préhistoriques, de leurs lieux de passage et de leurs éventuels rapports avec des populations établies dans des aires géographiques éloignées, mais il n'est pas le seul. Ainsi, la question de la territorialité perçue à travers le silex sera réexaminée à la lumière des informations acquises sur d'autres matériaux qui ont circulé comme les coquillages, l'obsidienne, les roches vertes et le quartz, sans négliger les caractéristiques techniques significatives d'influences extérieures des outils lithiques ou, pour les périodes récentes, du mobilier céramique. Elles nous donneront une vision soit complémentaire, soit convergente de la mobilité et des contacts entre populations ou ensembles culturels.

Ainsi, notre démarche est de cerner à partir des sites receveurs les zones ayant servi à l'approvisionnement. Il s'agit d'une approche avant tout territoriale dans le sens de l'espace géographique parcouru et exploité mais également de l'espace culturel, conduite grâce à une bonne connaissance des ressources régionales, qui demande un travail important de prospection et de caractérisation d'échantillons de référence. Cette première étape a été réalisée au moyen des méthodes traditionnellement employées pour la caractérisation du silex, les approches macroscopiques et pétrographiques non destructives.

CHAPITRE 2 : Les méthodes de caractérisation conventionnelles

Les différentes méthodes de caractérisation du silex peuvent être d'ordre quantitatif ou qualitatif. Celles faisant appel aux critères qualitatifs sont les plus répandues en raison du peu de moyens matériels qu'elles nécessitent. Nous décrivons donc dans ce chapitre les approches pétrographiques (observations macroscopiques et à la loupe binoculaire) qui sont classiquement employées pour discriminer les types de silex et retrouver leur origine géographique. Elles constituent la base du travail que nous avons mené et sont une étape incontournable avant d'aborder les questions de caractérisation du silex sous des angles méthodologiques plus originaux.

I.- APPORTS DE LA CARACTERISATION MACROSCOPIQUE

I.A.- Historique

Cette méthode est la plus communément appliquée en Europe et la plus accessible. Elle consiste à décrire le silex d'après ses caractères macroscopiques. L'attribution d'une pièce à un type de matière première donné se fait par comparaison avec les échantillons d'un référentiel préalablement constitué. Ses modes d'application n'ont guère changé à travers le temps mais les critères d'identification n'ont jamais été standardisés. Les termes employés pour décrire les silex varient selon les chercheurs, non seulement du point de vue de leur nature mais encore de leur définition.

De nombreuses études sur les matières premières se basent sur la seule caractérisation macroscopique pour discriminer les types de silex. C'est le cas des travaux de P. Y. Demars (1982) et de C. Torti-Zannoli (1985). Les résultats se sont révélés satisfaisants d'après ceux qui en ont fait usage, mais ont parfois été remis en cause (Masson, 1983).

Les avantages de cette méthode sont nombreux. Le premier est la simplicité de sa mise en oeuvre, car elle ne nécessite aucun matériel onéreux. Elle ne demande pas non plus de connaissances particulières. Elle est également très rapide et peut donc prendre en compte un grand nombre de pièces. Enfin, elle n'est pas destructive.

Certains aspects de cette méthode, plus discutables, expliquent la prudence de certains auteurs qui ne l'utilisent qu'en l'associant à d'autres méthodes de caractérisation (Aubry, 1991). La subjectivité de ce type d'approche est souvent reprochée. La perception des couleurs, de l'éclat et du grain principalement peuvent varier en fonction de l'expérience et du jugement de l'observateur. En outre, la description macroscopique appliquée aux silex archéologiques est rapidement limitée par l'état de surface des pièces (patine, désilicification, lustré, imprégnations superficielles) qui

rend très délicate leur comparaison avec les échantillons géologiques caractérisés à partir d'une fracture fraîche. Au-delà du problème de l'interprétation personnelle des critères, des silex d'origines géologiques et géographiques différentes peuvent présenter des aspects convergents. Les multiples types de silex aux caractères visuels identiques peuvent alors être confondus si le stade de la caractérisation macroscopique n'est pas dépassé. Malgré les quelques réserves formulées, ce mode de description demeure une démarche préliminaire à toute caractérisation plus « poussée » et nous exposons ci-après les critères que nous avons utilisés.

I.B.- Les critères de description macroscopiques

La variété des aspects macroscopiques du silex conduit à des combinaisons de critères relativement diversifiées. Les descriptions sont opérées à partir d'une fracture fraîche pour les échantillons géologiques. Dans le cadre des études de provenance, quelques caractères apparaissent plus discriminants que d'autres.

La caractérisation macroscopique emploie un vocabulaire descriptif qui, souvent, n'a pas de rapport avec la nature effective des composants qu'il qualifie.

Le premier exemple est donné par le **cortex**. La nature chimique de ce dernier est siliceuse. Toutefois, d'après les critères macroscopiques qui renvoient à son aspect, le cortex pourra être qualifié de crayeux, de calcaire, de calcaro-gréseux ou d'alluvial (fig. I.2).

Le terme d'alluvial concerne les surfaces naturelles de silex qui, suite à la dissolution du cortex initial, portent des stigmates en coups d'ongle (Masson, 1981) provoquées par un transport, alluvial ou autre. Ce type de cortex est parfois qualifié de néo-cortex.

D'autres types de surfaces naturelles peuvent être rencontrés sur le silex. Il s'agit notamment de cassures diaclasiques, souvent reconnaissables par la présence d'arrachements organisés en marches d'escalier. Elles sont provoquées par les contraintes tectoniques imposées aux silex dans leur encaissant. Le transport dans les éboulis peut également entraîner des fracturations naturelles.

Il existe par ailleurs différentes sortes d'altérations superficielles pour les silex affleurant en position subprimaire ou secondaire provoquant une modification superficielle de la couleur et de la translucidité du silex. Il est ainsi possible de rencontrer des silex montrant une surface naturelle marron translucide, totalement différente de l'aspect interne du silex. Enfin des imprégnations ferrugineuses et des activités bactériennes peuvent se surimposer aux types de cortex décrits précédemment, colorant de diverses manières la surface naturelle du silex. A ce sujet on peut citer le

phénomène de patine noire (Badia, 1977). Dans le décompte des pièces corticales, lors de l'étude des matières premières d'un site, la présence résiduelle de chacun de ces types de surface naturelle sera prise en compte.

L'aspect du cortex mais aussi son épaisseur, sa coloration et sa délimitation avec la matrice siliceuse varient en fonction des sources. Les variations les plus sensibles concernent les affleurements primaires et secondaires. Ainsi, l'observation du cortex sur une pièce archéologique va fournir des informations sur le gîte d'origine.

La **couleur** est une donnée subjective mais qui permet de visualiser plus précisément l'aspect du silex. C'est pourquoi dans notre travail nous avons choisi de la nommer plutôt que de donner un code renvoyant à une charte de couleur (type code Munsell). De plus en raison de l'hétérogénéité fréquente du silex (taches, passées plus claires ou plus sombres, litage, etc.), un code ne servirait à définir qu'une zone limitée de la surface du silex.

L'**éclat** renvoie non seulement au degré d'opacité du silex mais encore à son aspect mat, gras ou brillant (fig. I.2).

Le **grain** se réfère à une notion de toucher. Il peut être qualifié de fin, parfois très fin, de moyen ou de grossier (fig. I.2).

La **cassure** renvoie à l'aspect de la surface fraîche obtenue après percussion. Elle est soit conchoïdale, lorsque les ondulations sont marquées, lisse, si ces dernières ne le sont pas ou esquilleuse dans le cas d'une présence de petites « écailles » provoquées par l'onde de percussion.

Certains silex présentent des variations importantes de couleur qui sont parfois organisées et qualifiées par les termes de **zonation**, de **litage** ou de **rubannement**. La **zonation** correspond à une variation de la couleur du silex de manière concentrique et dont la fréquence est irrégulière. Le **litage** se rencontre le plus souvent sur des silex à la morphologie de plaquette. Il se traduit macroscopiquement par une alternance régulière et fréquente de couleurs, due à une répartition différenciée des éléments figurés observables à la loupe binoculaire. Enfin, le **rubannement** qualifie une variation de la couleur et de l'opacité des bandes associée à celle du grain.

Une rubrique est destinée à relever la présence éventuelle d'inclusions. Elles peuvent se rapporter à des cristaux de quartz détritiques, à des reliquats calcitiques visibles à l'œil nu qui se présentent sous la forme de taches blanches plus ou moins régulières, s'accompagnant ou non d'une variation du grain, et à des micro-géodes, parfois tapissées de petits cristaux de quartz automorphe.

Enfin, des commentaires peuvent être rédigés pour détailler certaines particularités du silex que la grille descriptive ne prendrait pas en compte.

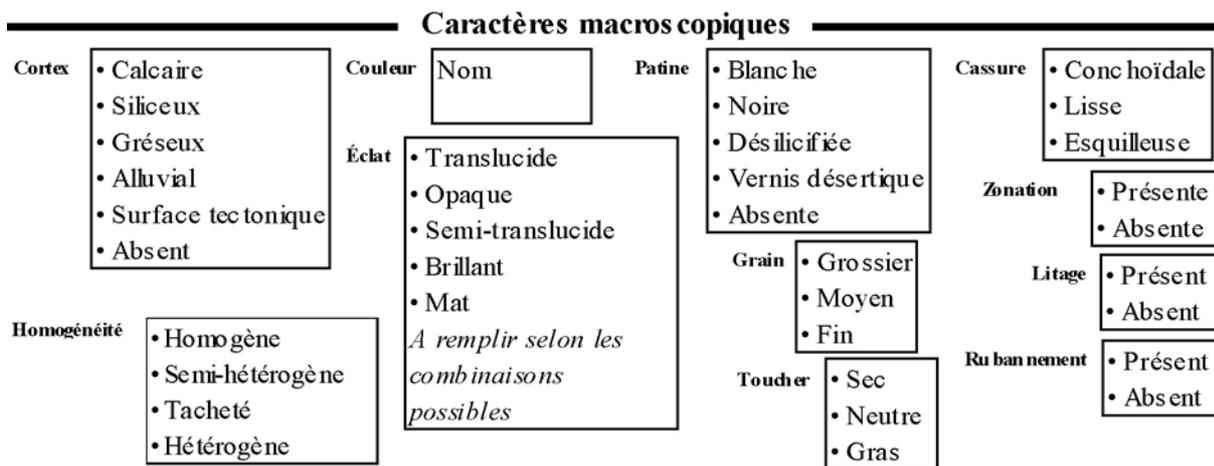


Figure I.2 - Critères descriptifs utilisés en fonction des rubriques de description macroscopique du silex.

L'ensemble des critères décrits ci-dessus sont pris en compte dans les fiches de caractérisation d'échantillons de silex naturels et taillés (annexe 1) mises au point à la suite d'une réunion tenue dans le cadre du programme CIRCALP (Affolter *et al.*, 1999). Le modèle de ces fiches est le fruit d'une réflexion approfondie et concertée entre différents chercheurs, lithiciens et pétrographes. Ces fiches ont été réalisées

dans le but d'homogénéiser les critères d'identification et de faciliter la communication et les échanges d'informations entre les chercheurs travaillant sur les questions de caractérisation du silex. Elle regroupe non seulement les informations rapportées aux caractères macroscopiques du silex mais encore celles obtenues par des méthodes plus « poussées ». En effet, pour dépasser ce premier stade d'observation, accessible tant aux spécialistes qu'aux typo-technologues, l'emploi de

moyens plus « lourds » est nécessaire. Les observations à la loupe binoculaire, considérées par certains auteurs comme le prolongement de la caractérisation macroscopique (Grégoire, 2001), relèvent à notre avis plutôt du premier stade, non destructif, de l'analyse pétrographique car les critères retenus ne sont plus uniquement qualitatifs mais également quantitatifs (proportion des éléments figurés dans la matrice, mesure des diamètres de ces éléments). Nous proposons, après avoir exposé la place de cette approche dans les études de provenance, de décrire les critères utilisés et d'énumérer, en les définissant, les composants minéraux et organiques qui ont été rencontrés dans les échantillons examinés.

II.- EXAMENS DU CONTENU PETROGRAPHIQUE

II.A.- Une évolution des approches

Par son mode de formation, le silex conserve les micro-organismes et les particules carbonatées compris dans les sédiments qui ont été le siège de la silicification. Ce sont ces éléments, témoins du milieu et de l'époque de formation de la roche, et leurs combinaisons qui vont être discriminants dans l'analyse pétrographique. Il existe plusieurs techniques pour les observer dans le silex. Celle que nous avons utilisée, l'examen à la loupe binoculaire, présente l'avantage d'être non destructive. Depuis la publication des travaux de A. Masson, au début des années 1980, (Masson, 1981, 1984, 1987) ce mode de caractérisation s'est considérablement répandu (Affolter, 1989 ; Bintz et Grünwald, 1990 ; Riche, 1998 ; Guilbert, 2000 ; Grégoire, 2001). L'inconvénient majeur de cette méthode est sa dépendance vis à vis de l'état de surface de la pièce. Comme pour les observations macroscopiques, la patine rendra moins fiable les déterminations de provenance. Pour surmonter cette contrainte, un mode d'observation destructif doit alors être envisagé.

L'analyse pétrographique par lames minces, destructive, précise souvent les déterminations micropaléontologiques et le mode de formation du silex. Elle permet en outre d'identifier les différentes formes minéralogiques de la silice qui constituent le silex (opale, calcédoine, micro-cristaux de quartz, etc.) (Dufresne, 1999 ; Grégoire, 2001). Le recours aux lames minces peut venir en complément de l'étude non destructive pour répondre à des questions précises ou être totalement intégré à l'étude (Riche, 1998). Pour les silex d'Auvergne a été menée une étude basée principalement sur l'examen pétrographique et minéralogique en lames minces de roches siliceuses utilisées au cours de la Préhistoire. L'un des buts de ce travail était de déterminer la nature de ces différentes silicifications (Surmely *et al.*, 1998).

D'autres études se sont appuyées quasi exclusivement sur les déterminations micropaléontologiques, et parfois sur l'identification d'un seul genre d'organismes. Il s'agit par la détermination des espèces de dater le silex, de retrouver son milieu de formation et son étage géologique. La connaissance des associations stratigraphiques au cours des temps géologiques nous le permet de manière assez précise et la localisation géographique de la source du silex sera limitée à l'extension des formations mises en évidence par l'étude.

L'approche micropaléontologique s'avère particulièrement adaptée lorsqu'on cherche à discriminer des silex d'une même région mais d'âges ou de faciès différents.

Cette méthode a été utilisée très tôt dans une optique archéologique par Deflandre (1935) et Valensi (1955, 1960) qui étaient des géologues spécialisés. Le dernier auteur a combiné description pétrographique et détermination des microfossiles en lames minces (essentiellement des Dinoflagellés et Acritarches) afin de caractériser des silex provenant du Grand-Pressigny (Valensi, 1955).

Plus récemment, Manuelle Mauger (1984, 1985), qui a travaillé sur les matières premières du Bassin Parisien, a eu recours à la micropaléontologie après avoir expérimenté sans résultats satisfaisants dans son contexte d'étude, les techniques "classiques" de caractérisation (pétrographie, observation visuelle). Elle s'est basée sur l'identification des Dinoflagellés présents dans les silex du Sénonien après extraction de ces organismes. Cette technique, nécessitant une attaque acide de la pièce, est destructive. Ayant également travaillé sur la caractérisation des silex tertiaires du Bassin parisien, Mauger a cherché à distinguer les différentes espèces d'oogones de Charophytes par l'intermédiaire de répliques observables au MEB (Microscope Electronique à Balayage). Cette technique consiste à prendre l'empreinte en relief de tous les éléments contenus dans la roche par la méthode des *peels*. L'altération de la pièce reste minime car seule une zone superficielle est légèrement attaquée à l'acide avant d'y déposer une feuille d'acétate qui va constituer le support de l'empreinte.

Jehanne Affolter (1994) s'est appliquée à évaluer l'intérêt de différents micro-organismes dans l'optique de caractériser et de discriminer des silex.

Ainsi, dans certains cas, l'étude micropaléontologique peut se suffire à elle-même et aboutir à des discriminations fiables. Dans la majorité toutefois, elle est associée à d'autres méthodes de caractérisation, afin de constituer un critère supplémentaire de discrimination et/ou de confirmer une attribution présumée. Il faut garder à l'esprit qu'elle ne permet pas de retrouver le lieu d'approvisionnement mais d'orienter seulement la recherche en fonction du niveau stratigraphique révélé par les microfossiles. Enfin, elle est inefficace dans le cas où (i) le silex ne

contient pas de micro-organismes (silex azoïques) ou (ii) lorsque leur fragmentation ou leur mauvaise conservation rend la détermination difficile. Enfin, selon le degré de précision recherché, il peut être nécessaire de faire appel à un spécialiste.

En résumé, l'étude des micro-organismes et plus généralement du contenu pétrographique du silex peut et a été effectuée à des échelles différentes, selon les moyens mis en œuvre, qui découlent des problématiques qui ont été posées. Dans le cadre de nos propres travaux, nous avons limité nos caractérisations aux informations apportées par l'examen à la loupe binoculaire.

II.B.- Exposé méthodologique

II.B.1.- Introduction

La genèse du silex succède à celle des carbonates. Ainsi que nous l'avons exposé précédemment, les éléments composant les sédiments carbonatés, sièges de la silicification sont préservés, parfois partiellement, dans le silex. Cette propriété nous autorise à employer pour caractériser le silex des méthodes identiques à celles appliquées au calcaire. Dans les paragraphes qui suivront, nous utiliserons à plusieurs reprises les termes de sédiment ou de roche carbonatée car ils sont plus appropriés lorsqu'il est question du moment de dépôt des éléments constitutifs qui seront postérieurement retrouvés dans le silex.

Comme le calcaire, le silex offre par la combinaison de multiples constituants des aspects différents. Ces associations d'éléments sont révélatrices d'un milieu de dépôt spécifique, se rapportant aux conditions qui régnaient au moment du dépôt des carbonates. Le terme de microfaciès sédimentaire qualifie non seulement l'aspect de la roche observée mais également la nature du milieu de dépôt.

Contrairement aux roches carbonatées, l'identification des microfaciès sédimentaires des silex ne nécessite pas obligatoirement la confection de lames minces : en effet, le simple examen à la loupe binoculaire d'une surface, préalablement humidifiée pour obtenir une certaine translucidité, permet de relever les différents critères nécessaires à la discrimination de types.

Les observations ont été réalisées à différentes échelles. Les grossissements les plus fréquemment utilisés ont été x 16 et x 40. Les grossissements intermédiaires ont été employés de façon occasionnelle. La variation de ces échelles permet d'observer les faciès sédimentaires dans leur globalité ou dans le détail.

Le grossissement x 16 est particulièrement adapté à l'examen de pièces archéologiques appartenant à une série importante. Il permet en outre d'effectuer un premier repérage des bioclastes dont la nature sera ensuite précisée à plus fort grossissement.

A grossissement x 40, la perception de chaque élément figuré est meilleure et la description de la nature des grains est facilitée. C'est le plus souvent à ce grossissement qu'ont été effectuées les caractérisations de microfaciès.

Cette approche est celle que nous avons adoptée pour l'étude des séries archéologiques et la caractérisation des échantillons géologiques.

Il convient cependant de détailler et d'expliquer en quoi les critères retenus, au-delà de leur caractère discriminant, sont significatifs d'un milieu de dépôt et comment sa reconnaissance peut nous donner des informations sur la provenance géographique du silex, qui nous intéresse dans le cadre de notre problématique archéologique.

La démarche de caractérisation d'un silex se décompose en plusieurs étapes :

- Reconnaissance de la matrice et des éléments figurés ; définition de la texture
- Identification des bioclastes
- Conclusions sur la place du faciès dans la zonation bionomique des fonds marins
- Interprétation paléogéographique

Notre objectif est de présenter et de définir les différents composants observés dans les silex sur lesquels notre étude a porté afin de faciliter la lecture et la compréhension des paragraphes qui seront consacrés à la description des types de silex régionaux.

II.B.2.- Matrice et éléments figurés

II.B.2.a.- Classification texturale

Au sein de la roche considérée sont distingués les grains, ou éléments figurés, et la matrice qui constitue le liant entre les grains.

Les roches sédimentaires font l'objet de plusieurs classifications. Celle de Dunham (1962), conduisant à une interprétation dynamique des milieux a été la plus souvent appliquée au silex.

Les proportions respectives entre matrice et grains (considérant leur forme, leur taille et leur position les uns par rapport aux autres) sont désignées par la texture sédimentaire (Dunham, 1962) :

- *Présence de matrice micritique* (boue calcaire) :

Grains non jointifs :

Plus de 10 % : WACKESTONE

Moins de 10 % : MUDSTONE

Grains jointifs : PACKSTONE

- *Absence de matrice micritique* :

Grains jointifs : GRAINSTONE

Une dernière classe désigne les calcaires construits (par exemple les calcaires récifaux) : BOUNDSTONE

Lors de l'examen d'une pièce en silex, le pourcentage d'éléments figurés ou grains est déterminé en s'appuyant sur des diagrammes de fréquence (Baccelle et Bosellini, 1965).

On note qu'une correspondance directe existe entre la texture et l'hydrodynamisme du milieu (tabl. I.1) :

Classification de Dunham	Type de dépôt	Hydrodynamisme (agitation)
Mudstone	Vase	Nul
Wackestone	Vase sableuse	Très faible
Packstone	Sable vaseux	Faible à modéré
Grainstone	Sable	Fort

Tableau I.1 - Relation entre la classification texturale et l'hydrodynamisme.

La classification ne prend en compte qu'une partie des caractéristiques d'un sédiment, qui sont souvent complexes. Il s'agit donc de détailler et d'illustrer les différents éléments figurés rencontrés dans le silex, par observation à la loupe binoculaire. Ils se présentent différemment des éléments rencontrés en lame mince dans les roches carbonatées. Pour chacun des composants présentés, nous précisons leur intérêt dans une optique de discrimination des types de silex et ce qu'ils nous apprennent sur les milieux de dépôt.

II.B.2.b.- Nature des grains

Parmi les grains, on distingue :

Les intraclastes : particules de la granulométrie de sables ou de graviers, arrondies ou anguleuses. Il s'agit d'un fragment de sédiment carbonaté, pénécemporain du sédiment qui le contient et remanié sur place ou à faible distance.

Les oolites : particules calcaires sphériques ou ovoïdes composées d'un nucléus de nature quelconque (quartz, bioclaste, etc.) et d'un cortex qui entoure le « noyau » par couches concentriques en nombre variable (fig. I.3). Leur diamètre est conventionnellement inférieur à 2 mm.

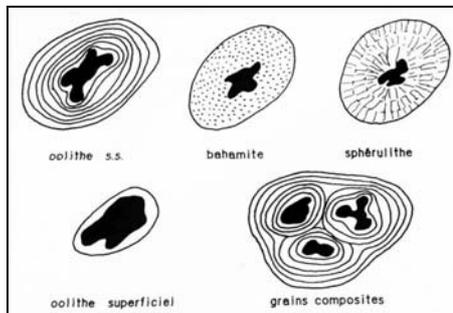


Figure I.3 - Les principaux types d'oolites. D'après Cojan et Renard (1997).

Les péloïdes : particules de forme ovoïde, sans nucléus ni squelette, produit par la transformation de fragments calcaires variés (bioclastes ou autres) par micritisation due à des actions notamment algaires (fig. I.4). Le terme de *pellet* concerne plus particulièrement les pelotes fécales. Celles-ci sont de nature calcaire et produites par des Gastéropodes, Crustacés ou Bivalves. Leur dimension est généralement comprise entre 100 et 500 µm.

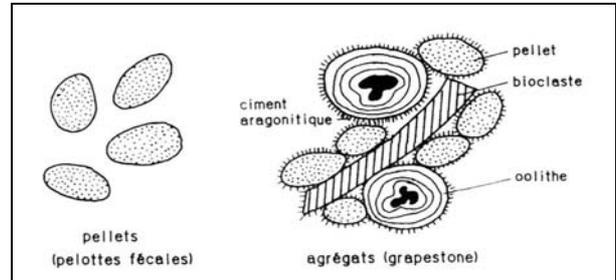


Figure I.4 - Pelloïdes. D'après Cojan et Renard (1997).

Enfin, on observe parfois des agrégats de péloïdes, de bioclastes ou d'oolites (fig. I.4) qui résultent d'une cimentation en milieu peu agité favorisée par certaines algues qui jouent un rôle dans la fixation du sédiment.

La description pétrographique d'un échantillon de silex repose encore sur des remarques faites à propos d'éventuels phénomènes de recristallisation, de figures sédimentaires, etc. Le silex peut conserver le granoclassement de la roche-mère. Le classement des grains se fait en fonction de leur diamètre, selon une épaisseur variable (fig. I.5).

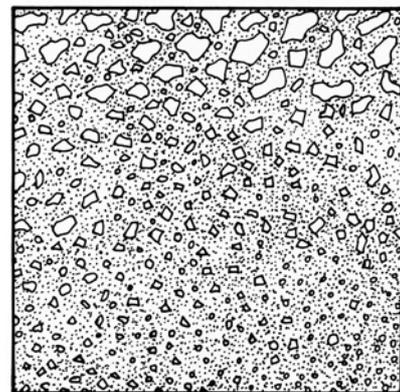


Figure I.5 - Exemple de granoclassement dans une roche sédimentaire (50x environ). D'après Charollais et Davaud (1976).

De la répétition de la séquence peut résulter un litage. Les origines de ce phénomène sont diverses. Il peut être lié aux variations de la capacité de transport du milieu ou à la décantation sur place d'une suspension.

Nous avons également pu observer des traces de bioturbations (dues à l'activité d'organismes fousseurs postérieurement au dépôt sédimentaire) dans certains silex. Elles s'identifient par une modification de la

nature des éléments inclus dans la matrice siliceuse, formant des réseaux organisés et se recoupant.

II.B.2.c.- Les caractères des particules sédimentaires

La description du silex ne se limite pas à l'identification des éléments qui le composent mais prend en compte différents caractères des particules sédimentaires, comme la dimension des grains, leur forme et leur surface ainsi que leur arrangement. Ces informations nous renseignent encore sur les milieux de sédimentation mais apportent autant de paramètres susceptibles de varier, présentant un intérêt dans les possibilités de discrimination des silex, qui nous intéressent particulièrement.

La loupe binoculaire qui a été utilisée pour l'étude est équipée d'un micromètre qui a permis de mesurer les dimensions des éléments figurés, intraclastes, bioclastes, oxydes et autres encore.

Le « tri » des grains intervient comme un critère de caractérisation. Lorsque le diamètre des différents grains est proche ou identique, on parle de sédiment bien trié ou bien classé, tandis que lorsque leurs dimensions sont très variables, le sédiment est dit mal classé (fig. I.6). Ce classement des grains permet d'apprécier l'importance des actions de tri au cours du transport et du dépôt. Il est donc l'expression de la force d'un courant. Ainsi les milieux les plus exposés présenteront un meilleur classement que ceux moins agités.

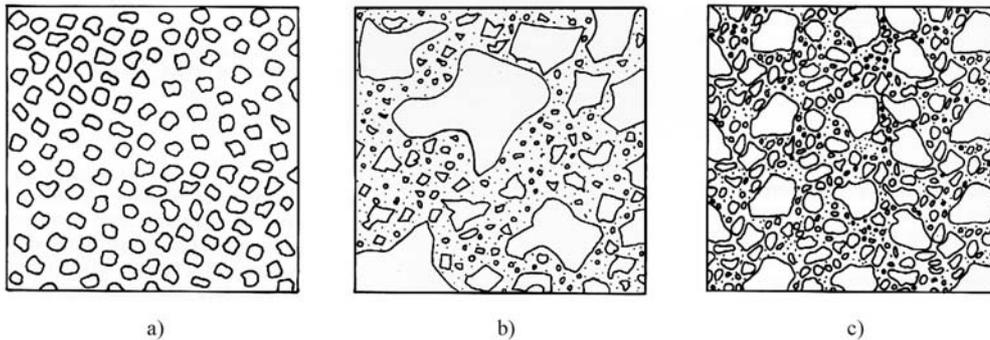


Figure I.6 - Tri d'une roche sédimentaire : a) bien triée, distribution unimodale. b) moyennement triée, distribution bimodale. c) mal triée, distribution plurimodale. D'après Charollais et Davaud (1976).

		1	2	3	4	5	6
Sphéricité	b forte						
	a faible						
		très anguleux	anguleux	subanguleux	subémoussé	émoussé	très émoussé

Figure I.7 - Détermination visuelle de la sphéricité et de l'émoussé. D'après Pettijohn *et al.* dans Tucker (1982).

La sphéricité (rapport largeur/longueur) et l'émoussé des grains sont déterminés visuellement (fig. I.7). Un émoussé croissant traduit l'importance du transport subi par le grain. Ces informations sont également reportées sur chaque fiche descriptive, soit sous la forme d'un code, soit d'un commentaire.

II.B.2.d.- Autres éléments figurés

On observe encore dans la matrice des éléments figurés non carbonatés comme des oxydes de fer, de la matière organique, des minéraux (glauconie, dolomie, etc.). Ils entrent en compte dans la description du contenu pétrographique.

Les oxydes de fer par leur nature (points, grains et taches diffuses) et leur répartition dans le silex jouent un rôle important dans la coloration du silex et son éventuelle hétérogénéité macroscopique.

II.B.3.- Les bioclastes

La sédimentation carbonatée résulte en partie de l'accumulation d'organismes après leur mort. Leur observation et leur identification apportent des informations précieuses sur les peuplements fossiles et l'attribution stratigraphique de l'échantillon. Seules les parties dures de ces organismes, calcaires ou siliceux sont conservées : tests, coquilles, squelettes, spicules.

II.B.3.a.- Les microfossiles

Les Foraminifères

Il s'agit d'organismes unicellulaires (protozoaires) marins. Ils possèdent un squelette ou test minéralisé formé par une succession de loges communiquant entre elles par des forams (orifice) (fig. I.8). L'intérieur du test est doublé par une couche basale organique dite chitinoïde. Celle-ci est conservée dans le silex et s'observe particulièrement bien en lame mince. La taille des Foraminifères est variable, pouvant parfois dépasser le centimètre. Ils sont abondants dans les eaux marines tempérées à chaudes et les différentes espèces peuvent être rattachées à un milieu soit planctonique soit benthique (vivant sur les fonds marins). Les premiers caractérisent des boues calcaires à argilo-calcaires des bassins océaniques de moyenne profondeur tandis que les seconds sont présents dans les mers peu profondes, dans des milieux sédimentaires très divers.

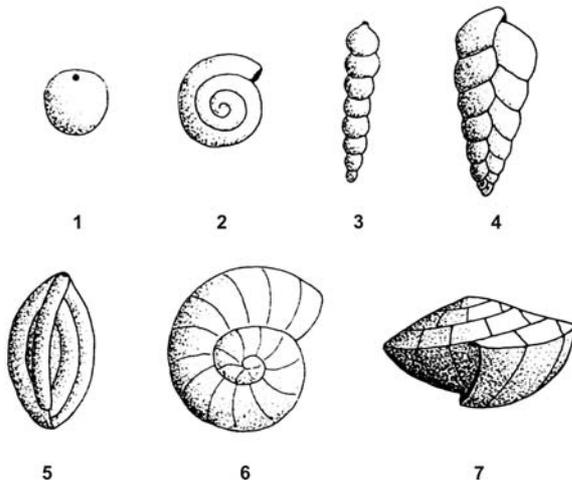


Figure I.8 - Exemples des morphologies des tests de Foraminifères. 1 et 2 : type uniloculaire ; 1 : sphérique (Orbulina) ; 2 : spiralé (Cornuspira) ; 3 à 7 : type pluriloculaire ; 3 : unisériel tubulaire (Nodosaria) ; 4 : bisériel (Textularia) ; 5 : en peloton (Quinqueloculina) ; 6 : planispiralé évolutive (Operculina) ; 7 : trochospiralé (Rotalidé).

Le nombre, la forme et l'arrangement des loges permettent d'identifier les différents groupes de Foraminifères. Certains genres sont caractéristiques d'un étage géologique, constituant donc d'excellents indicateurs stratigraphiques. Lorsqu'une identification plus poussée, au niveau de l'espèce, est requise, l'examen à la binoculaire n'est plus suffisant. Il est alors nécessaire de pratiquer une lame mince, qui offre une meilleure perception de leurs caractères comme l'ornementation du test, et de faire appel à un spécialiste.

Leur identification est donc importante dans le cadre des recherches de provenance, d'autant plus que la diversification des espèces et leur prolifération se produit au Crétacé, période à laquelle la majorité des silicifications régionales se rapporte.

Quelques Foraminifères caractérisent certains silex et je souhaite les évoquer dès à présent :

- Orbitolines (fig. I.9) : il s'agit de grands Foraminifères (leur dimension atteint quelques millimètres). Ils ont une forme conique aplatie à base concave. Les Orbitolines se rencontrent dans les milieux circalittoraux calmes du talus externe des plate-formes. Elles abondent au Crétacé inférieur (du Barrémien au Cénomanién). L'Urgonien présente des couches à Orbitolines.

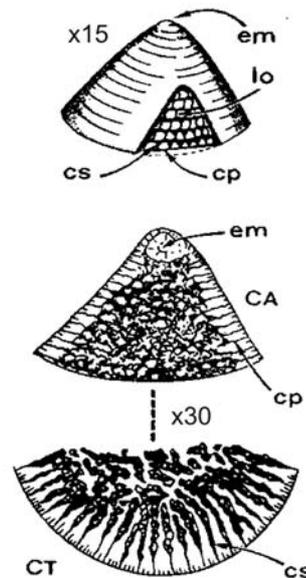


Figure I.9 - Vue schématique (a) et en lame mince (b) d'une Orbitoline. D'après Foucault et Raoult (1995). cp, cs : cloisons primaires, secondaires, em : appareil embryonnaire, lo : loge, CA : coupe axiale, CT : coupe transversale.

- Orbitoïdes (fig. I.10) : ces Foraminifères peuvent dépasser un centimètre. Leur forme est biconvexe. Ils sont typiques du Crétacé supérieur dans les milieux circalittoraux des plates-formes externes. Ils sont mentionnés dans les calcaires d'Autrans (Vercors), datés du Maestrichtien (Porthault, 1974).

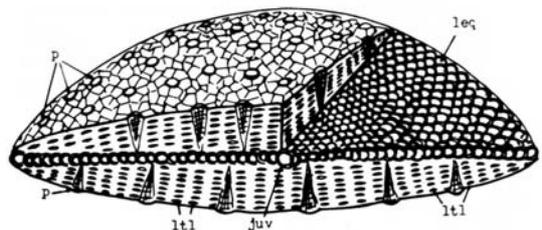


Figure I.10 - Vue schématique d'une Orbitoïdes, grossissement x 20. D'après Bignot (1988). juv : juvenarium, leq : loges équatoriales, ltl : loges latérale, p : pilier.

Les noms d'autres types de Foraminifères, tels que les Glomospira, les Miliolidés, etc., apparaîtront au cours des descriptions de microfaciès de silex.

Les Ostracodes

Ce sont des Crustacés dont le corps est contenu dans une carapace calcitique composée de deux valves (fig. I.12). Celles-ci sont réunies dorsalement par une série de muscles. Ils se rencontrent dans tous les milieux aquatiques, marins ou d'eau douce. Cependant, compte tenu de la fragilité de leur coquille, ils se fossilisent le plus souvent dans les milieux calmes. Leur état de conservation dans le silex est excellent. Ils sont le plus souvent entiers avec leurs deux valves accolées (Affolter, 1994). Ce fait empêche l'observation de la face interne de la carapace qui porte les empreintes musculaires, sur lesquelles repose en grande partie la classification des Ostracodes.

Les Ostracodes et les Foraminifères constituent les microfossiles les plus couramment observés à la loupe binoculaire de manière non destructive.

Des micro- et nanofossiles organiques palynomorphes (spores, pollens, Dinophycées) ainsi que des microfossiles siliceux (radiolaires et diatomées) sont également conservés dans le silex mais ne seront pas abordés en détail ici puisqu'ils demandent le plus souvent la confection de lames minces et des moyens d'observation plus spécifiques.

II.B.3.b.- Les restes de macrofossiles

Les descriptions des organismes suivants concernent des macrofossiles dont les éléments dissociés et les débris sont souvent inférieurs à un millimètre. Le silex en renferme fréquemment.

Les Spongiaires

Ce terme, synonyme d'Eponges, désigne un groupe zoologique formé d'individus sans organes différenciés, composés d'une paroi poreuse entourant une cavité gastrique. Ce sont leurs spicules (bâtonnets siliceux ou calcaires constituant leur squelette) qui sont abondamment présents dans les silex d'origine principalement marine. Ils se présentent sous la forme de baguettes allongées traversées d'un canicule parfois visible (fig. I.12). On distingue les spicules monaxones et triaxones, tous deux rencontrés dans le silex, par le nombre d'axes qu'ils présentent. Il existe également des spicules dits punctiformes, qui ont l'apparence d'un anneau d'une centaine de microns ou plus de diamètre.

L'intérêt stratigraphique des Spongiaires est faible mais leur abondance peut contribuer à caractériser certains types de silex.

Les Echinodermes

Il s'agit d'un embranchement zoologique d'animaux marins au squelette formé de plaques de calcite monocristalline et présentant une symétrie axiale. Seuls deux groupes, les Echinides (oursins) et les Cnidaire (lys de mer) se rencontrent abondamment dans les sédiments.

Leurs débris, fragments de plaques, radioles (épines portées par les plaques) ou entroques (débris de tiges de Cnidaire) (fig. I.13) se rencontrent fréquemment dans les silex marins et sont significatifs d'un milieu de plate-forme carbonatée. Leur état très fragmenté de conservation dans le silex ne permet pas de les utiliser comme indicateurs stratigraphiques.

Certains spicules rencontrés dans le silex sont ceux issus de la fossilisation du squelette calcitique d'un groupe de Cnidaire, les *Alcyonaires*. Leurs spicules ont des formes très diverses (épineuse ou baguette à section trifoliée) sans canal visible (fig. I.14).

Les Brachiopodes

Ce groupe zoologique comprend des individus marins protégés par une coquille bivalve à symétrie bilatérale (fig. I.15). Des fragments de leur coquille peuvent être retrouvés dans les silex mais leur intérêt stratigraphique est faible dans le cadre de la caractérisation. Ils se rencontrent dans les faciès peu profonds, sur les plates-formes et le haut du talus continental, dans les milieux infratidaux.

Les Bryozoaires

Il s'agit d'organismes coloniaux généralement constructeurs. Ils sont composés d'individus appelés zoécies (fig. I.16).

Les Bryozoaires jouent un grand rôle dans la sédimentation de plate-forme et récifale. Cependant, ils sont largement répandus, depuis les milieux peu profonds jusqu'aux abysses. Plusieurs classes de Bryozoaires sont distinguées, notamment celles des Cyclostomes et des Cheilostomes. La première est la plus ancienne, connue depuis le Paléozoïque, tandis que la seconde apparaît au Crétacé moyen. Leur identification peut ainsi conduire à une interprétation stratigraphique. Ces classes se différencient par la complexité de l'organisation coloniale et les structures zoéciales.

Les Bryozoaires n'ont pas de signification stratigraphique mais sont révélateurs de la zone de sédimentation le long d'une plate-forme.

La conservation des parties dures de Mollusques dans le silex est attestée. Ils se rencontrent sous la forme de débris (pour les Lamellibranches) ou de fossiles parfois entiers (Gastéropodes).

Les Lamellibranches ou Bivalves

Ce sont des Mollusques à symétrie bilatérale protégés par une coquille calcaire formée de deux valves réunies par une charnière dorsale (fig. I.18). Ils se rencontrent dans les milieux marins et plus rarement dans les eaux continentales. Ils sont abondants dans les

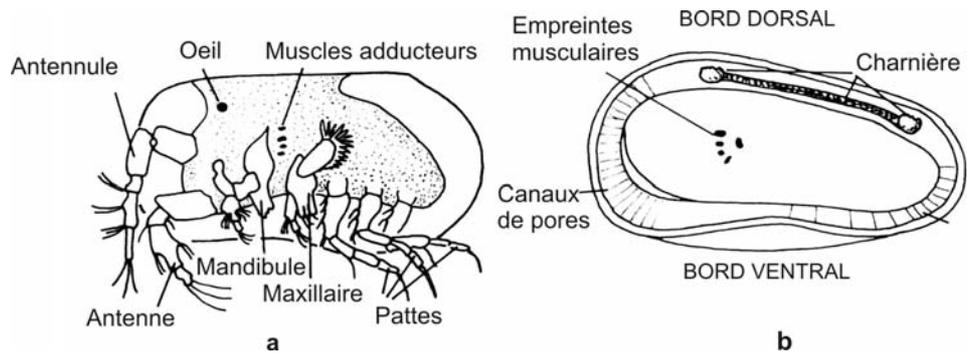


Figure I.11 - Représentation schématique d'un ostracode actuel (a) et de sa valve droite (b). Grossissement x 45.

Figure I.12 - Spicules siliceux (a-c) et calcaire (d) de Spongiaires. Grossissement x 30. D'après Bignot (1988). a : spicule monaxone diactine ; b : spicule monaxone monactine ; c : spicule triaxone hexactine ; d : spicule tetraxone.

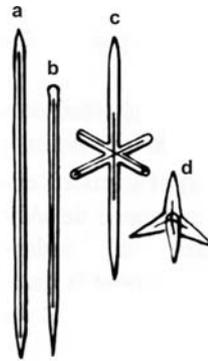


Figure I.14 - Spicules aragonitiques d'Alcyonaire. Grossissement x 70. D'après Bignot (1988).

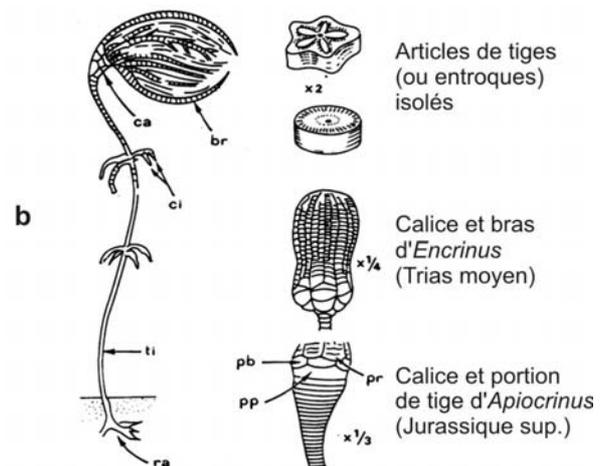


Figure I.13 - Exemples d'Echinodermes. D'après Foucault et Raoult (1995). a) Echinide : Hemicidarid (Jurass.-Crét.) ; b) Crinoïde - br : bras, ca : calice, ci : cirres, ra : racines, ti : tige, pb, pr, pp : plaques basale, radiale, proximale.

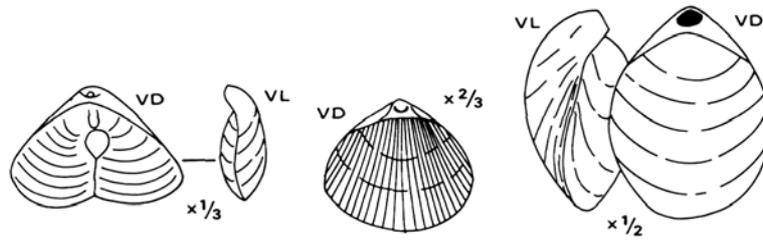


Figure I.15 - Représentation schématique de quelques Brachiopodes. D'après Foucault et Raoult (1995). a) Pygope (Jur. sup.-Crét. inf.) ; b) Cyclothyris (Crétacé) ; c) Terebratula (Mioc.-Plio.). VL, VD : vue latérale, dorsale.

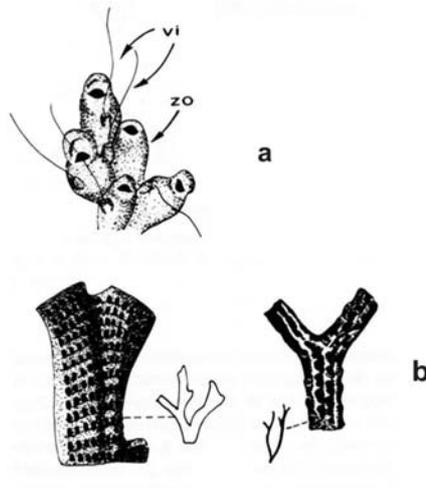


Figure I.16 - Représentation schématique de Bryozoaires. D'après Foucault et Raoult (1995). a) individus actuels - zo : zoécies, vi : vibraculaires ; b) exemples de colonies fossiles (grossies et grandeur nature).

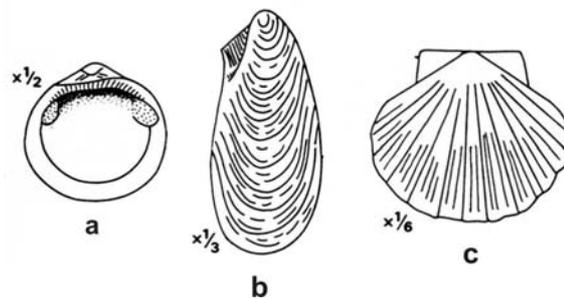


Figure I.17 - Exemples de Bivalves. D'après Foucault et Raoult (1995). a) Glycimeris (Crét.-Actuel) ; b) Inoceramus (Jur.-Crét.) ; c) Pecten (Eoc.-Actuel).

sédiments des mers peu profondes. Certaines espèces sont fousseuses.

Leurs fragments de coquille s'observent dans le silex. Leur intérêt stratigraphique est faible.

Les Gastéropodes

Ces Mollusques présentent une coquille enroulée univalve dont la forme est un critère important de reconnaissance en lame mince (fig. I.18).

Ils appartiennent aux fonds marins meubles et peu profonds (fonds sableux ou vaseux, récifs) mais également aux milieux d'eau douce ou saumâtres. La plupart des Gastéropodes sont benthiques, et contribuent à la formation de diverses formes de pelotes fécales.

Leur mode de conservation dans le silex est varié. Les parois conservées présentent parfois un aspect opalescent, bleuté, tandis que les loges sont emplies de matrice siliceuse. Des coupes transversales d'autres échantillons, montrent des cavités, correspondant aux anciennes loges, plaquées de petits cristaux de quartz.

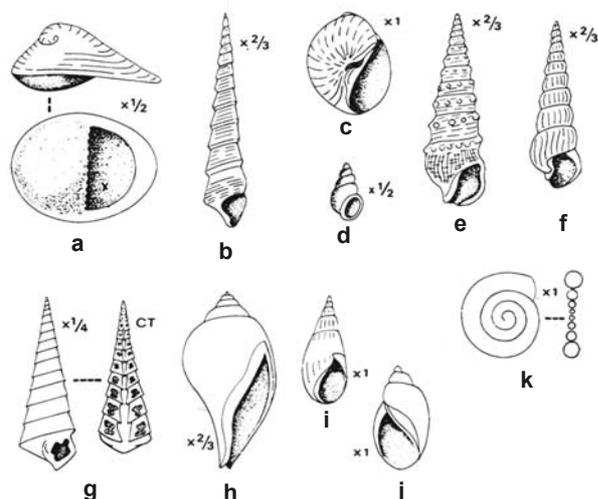


Figure I.18 - Quelques exemples de Gastéropodes. D'après Foucault et Raoult (1995). a) Velates (Eocène) ; b) Turritella (Crétacé-Actuel) ; c) Natica (Crétacé-Actuel) ; d) Cyclostoma (Crétacé -Actuel) ; e) Cerithium (Tert.-Actuel) ; f) Potamides (Tert.-Actuel) ; g) Nerinea (Jurass.-Crétacé) ; h) Sycum (Tert.-Actuel) ; i) Lymnaea (Lias-Actuel) ; j) Physa (Jurass.-Actuel) ; k) Planorbis (Jurass.-Actuel).

Les Annélides

Il s'agit de vers annelés. Dans les silex marins, il arrive d'observer les tubes calcaires qu'ils sécrètent. Leur valeur stratigraphique est faible et c'est surtout du point de vue lithogénétique (rôle constructeur, fixation du sédiment environnant, participation aux phénomènes de bioturbation) que leur intérêt est important. Ecologiquement, leur présence indique des milieux marins allant de la zone littorale à des profondeurs de 1000 m. Dans le silex peuvent être retrouvés des

éléments tubulaires blancs qui sont le résultat de leurs sécrétions.

Les Algues à squelette calcaire

Sous ce nom sont désignés les organismes pluricellulaires photosynthétiques pourvus d'un thalle calcifié susceptible de se fossiliser et d'être rencontré dans les silex.

Il est possible de rencontrer dans le silex :

- *Les Charophytes* – Groupe intermédiaire entre les algues et les mousses, vivant en eaux douces, calmes et peu profondes. Leurs oogones (organes de reproduction femelle connus à l'état fossile sous le nom de gyrogonites) sont caractéristiques des sédiments lacustres et bien identifiables dans les silex des milieux lacustres (fig. I.19). Leurs tiges par contre peuvent avoir été remaniées et se rencontrer dans des faciès autres que dulçaquicoles.

- *Les Dasycladales* – Seul le manchon de ces algues vertes unicellulaires, d'où partaient de leur vivant des rameaux, peut être fossilisé (fig. I.20). Au Secondaire, elles abondent sur les plate-formes marines peu profondes (profondeur inférieure à 5 m).

- *Les Cyanophycées* – Algues bleues filamenteuses vivant dans des milieux littoraux, parfois en eaux douces (fig. I.21).

- *Les Rodophycées* – Algues rouges marines, formées par la juxtaposition de cellules polyédriques, pouvant former des récifs (fig. I.22). Leur développement est important à partir du Crétacé moyen.

Incertaines Sedes

Ce terme est employé pour désigner des objets à la morphologie définie mais dont la position systématique générale (animaux, végétaux, traces d'activités organiques, éléments inorganiques) est inconnue. Plusieurs formes d'Incertaines Sedes se rencontrent assez systématiquement dans les silex barrémo-bédouliens du Sud du Vercors (notamment dans les silex du plateau de Vassieux-en-Vercors).

Les microfaciès sédimentaires dépendent des facteurs sédimentologiques qui ont présidé à la formation de la roche. Leur variété et la multitude de possibilités de combinaisons de ces facteurs vont permettre d'établir des distinctions, dans le cas des caractérisations de silex, entre les types. En outre, ces microfaciès permettent de restituer le milieu de dépôt sédimentaire.

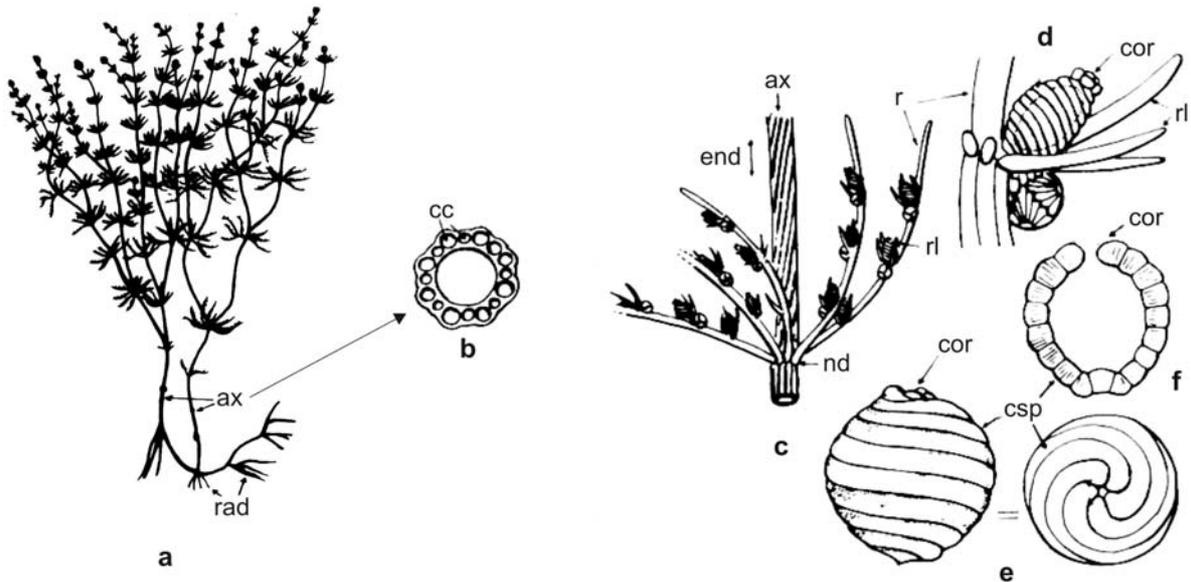


Figure I.19 - Algues calcaires Charophytes. D'après Bignot (1988). ax : axe, cc : cellule corticale, cor : coronule, csp : cellule spirale, end : entrenoeud, rad : radicelle, rl : ramule. a) vue du thalle d'un individu vivant (*Chara*, Eoc.-Actuel), 1/4x ; b) coupe transverse d'une axe de thalle, 25x ; c) détail d'un verticille de rameau portant des verticilles de ramules, 25x ; d) détail d'un verticille de ramules portant des oogones, 25x ; e) gyrogonite de *Tectochara* (Crét. sup.-Actuel) à cinq cellules spiralées jointives au sommet, 20x ; f) coupe axiale d'un gyrogonite à pore apical (*Porochara*, Jurass.-Paléoc.), 20x.

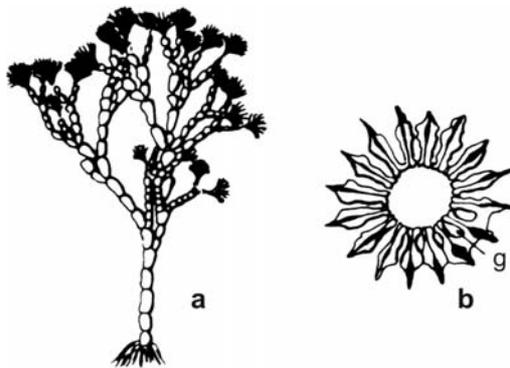


Figure I.20 - Exemple de Dasycladale (*Cymopolia*, Crét.-Actuel). D'après Bignot (1988). a) vue externe du thalle d'un individu vivant, 1/2x. b) coupe transversale dans un verticille de gamétanges (g), 15x.



Figure I.21 - Exemple de Cyanophyte (*Cayeuxia*, Jurass.-Crét.). D'après Bignot (1988). a) coupe axiale du Thalle, x10. b) détail des filaments ramifiés enrobés de calcaire, 50x.

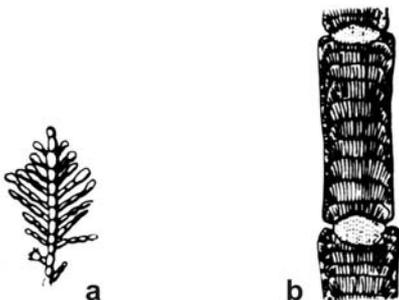


Figure I.22 - Exemple de Rhodophycée (*Corallina*, Eoc.-Actuel). D'après Bignot (1988). a) fragment du thalle d'un individu vivant, x1. b) coupe axiale de plusieurs articles séparés par des sutures non calcifiées, 20x.

II.C.- La dimension écologique des assemblages

La somme des informations obtenues par l'identification des éléments qui composent la roche examinée permet d'envisager la caractérisation de son environnement de dépôt.

Les assemblages de bioclastes, notamment, reflètent le plus souvent les associations biologiques initiales, ou biocénose, correspondant à un biotope réunissant les conditions nécessaires au développement de ces organismes. Leur distribution dans le milieu marin est déduite de la comparaison avec les modèles actuels.

II.C.1.- Zonation bionomique des fonds marins

Cette zonation, définie par les biologistes, est fondée sur l'étagement vertical ou horizontal des peuplements benthiques marins. Cet étagement est dû à l'interaction de plusieurs facteurs. Les principaux sont l'éclairement, l'agitation, les propriétés chimiques des eaux (salinité, oxygénation), la température, la nature du substrat (meuble ou rocheux) et la profondeur.

II.C.1.a.- Les étages bionomiques (zonation verticale)

Cette zonation verticale dépend principalement de l'éclairement et de l'exondation. Un étage bionomique correspond à une zone bathymétrique où règnent des facteurs environnementaux propices au développement de peuplements spécifiques.

Les étages bionomiques sont regroupés en fonction de la présence de lumière en deux domaines :

- le domaine phytal, qui est caractérisé par la pénétration des rayons lumineux, permettant la vie des végétaux.

Quatre étages se rapportent à ce domaine. Il s'agit de haut en bas de l'étage supralittoral, peuplé par des organismes ne supportant que des immersions exceptionnelles ; l'étage médiolittoral qui correspond à la zone de balancement des marées ; l'étage infralittoral qui débute par des niveaux exceptionnellement émergés et qui est limité par l'étage circalittoral où vivent les algues adaptées à un faible éclairement et qui prend fin à la profondeur arbitraire de 200 m.

- Le domaine aphytal, qui est marqué par l'absence de lumière et où les végétaux photosynthétiques ne peuvent pas se développer. On distingue de haut en bas les étages bathyal, abyssal et hadal.

II.C.1.b.- Les ensembles bionomiques (zonation horizontale)

Ils sont fonction de l'agitation, de la salinité et de la température des eaux. Du large vers la côte se distinguent :

- l'ensemble pré-littoral (correspondance avec l'étage circalittoral)
- l'ensemble de plate-forme, subdivisé en :
 - o plate-forme externe, caractérisée par un milieu ouvert où l'agitation est forte et propice au développement de bioconstructions (correspondance avec l'étage infralittoral).
 - o plate-forme interne, dont les milieux sont relativement plus calmes (correspondance avec l'étage infra- et médiolittoral).
- l'ensemble margino-littoral, qui correspond aux milieux temporairement exondés ou à salinité variable (correspondance avec l'étage médio- et supralittoral).

Le tableau I.2 regroupe les ensembles bionomiques et illustre la zonation paléogéographique. Les caractères relatifs aux microfossiles et aux sédiments associés à chacun de ces milieux sont indiqués.

II.C.2.- Interprétation des assemblages

L'interprétation des sédiments anciens, par comparaison avec les modèles actuels, conduit à esquisser l'évolution paléogéographique d'une région. Dans nos travaux, nous ferons usage de la connaissance paléogéographique locale, qui sera présentée au début du chapitre suivant pour replacer les silex caractérisés par un microfaciès particulier dans leur contexte géologique.

II.D.- Conclusion sur la caractérisation pétrographique du silex

Une fiche descriptive standardisée consigne les caractères pétrographiques du silex auxquels elle se rapporte et permet une comparaison rapide entre les types (annexe 1). Cette description détaillée du silex permet de définir le microfaciès sédimentaire avec précision, en combinant les données relatives à la nature des particules, à leur taille, à leur forme et à leur arrangement. Le microfaciès, spécifique au silex, constitue un critère pour comparer des échantillons de silex entre eux et matérialise en outre les conditions environnementales qui ont accompagné le dépôt des sédiments. La reconnaissance des milieux de dépôt, à partir d'une pièce taillée en silex, peut paraître incongrue dans le cadre archéologique des recherches de provenance. Or elle ne l'est pas puisque la connaissance des terrains géologiques et de la paléogéographie régionale permet à partir de la détermination d'un microfaciès de rechercher quelles formations ont pu livrer ce type de matériau et d'en exclure d'autres. Des pistes de recherche nous sont ainsi fournies pour identifier l'origine de la matière première.

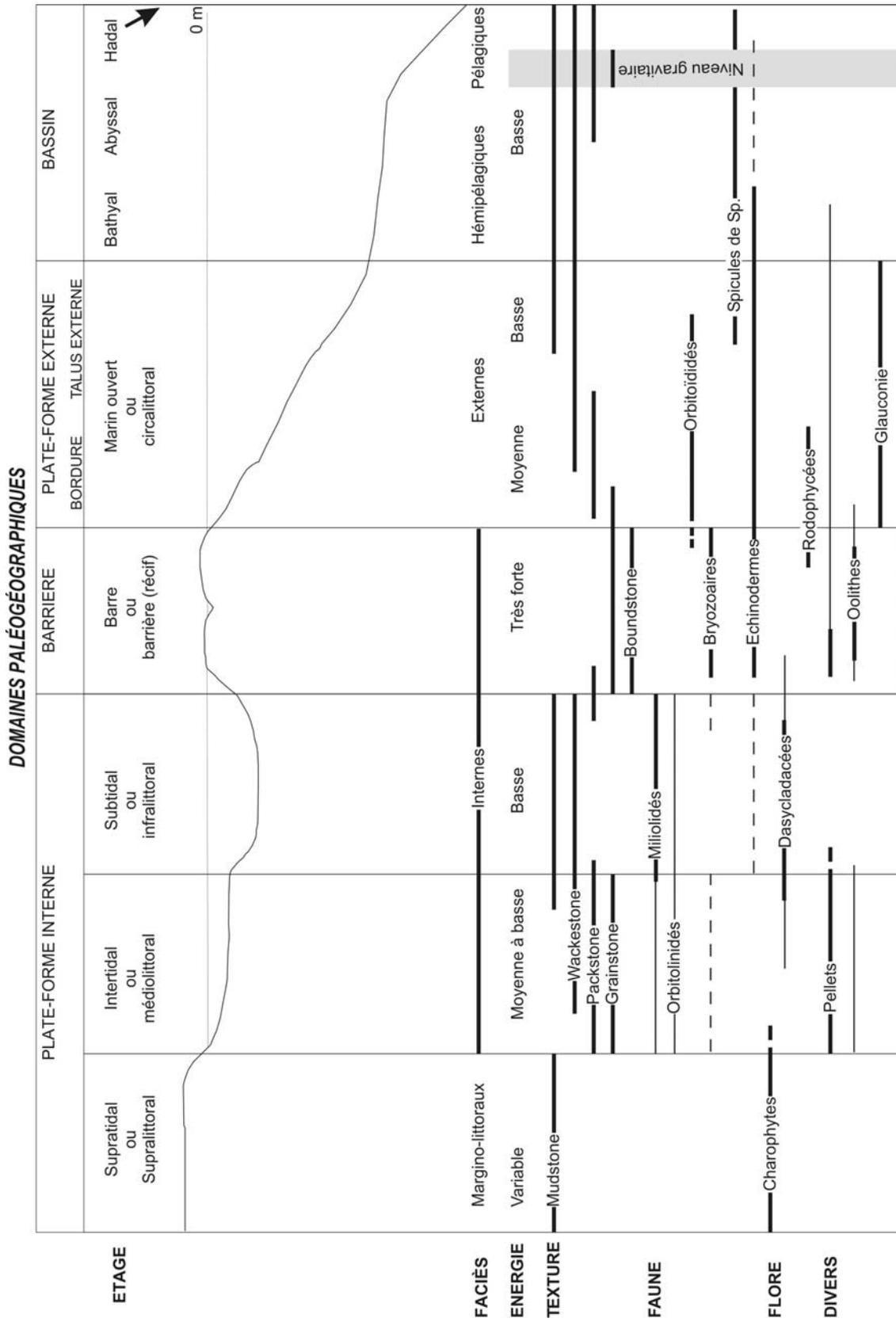


Tableau I.2 – Ensembles bionomiques et zonation paléogéographique.

CHAPITRE 3 : *Caractérisation des silex des massifs subalpins*

I.- LE CADRE GEOGRAPHIQUE

I.A.- Présentation géomorphologique

On peut distinguer dans les Alpes du Nord deux domaines, une zone externe, ou dauphinoise, et une zone interne. La première est composée d'un ensemble de chaînes bordant l'arc alpin qui s'oppose à la seconde, plus interne par rapport à la précédente, à la structure plus complexe et toujours allochtone. La zone dauphinoise (ou massif alpin externe) est constituée par les massifs cristallins externes à matériel surtout hercynien et par les massifs subalpins calcaires et marneux qualifiés de préalpins par les géographes. Ces deux ensembles sont séparés par un grand sillon d'érosion, le "sillon subalpin" qu'emprunte en particulier la vallée de l'Isère, venant du nord, et le Drac, venant du Sud. Le "sillon molassique périalpin", qui descend jusqu'à la basse vallée du Rhône, marque la séparation avec les régions jurassiennes situées plus à l'ouest (fig. I.23).

Le secteur concerné par l'étude comprend plusieurs massifs subalpins. Du nord au sud, il s'agit des Bornes, des Bauges, de la Chartreuse, du Vercors, du Diois et du Dévoluy. Les quatre premiers massifs appartiennent aux chaînes subalpines septentrionales. Ils sont morphologiquement bien individualisés car séparés par des vallées transversales. Le relief est surtout marqué par les calcaires urgoniens qui forment d'importantes barres rocheuses. La structure tectonique de ces massifs consiste en une série de plis parallèles entre eux qui sont déversés vers le N-W. La phase tectonique est récente, datant de la fin du Miocène.

Les chaînes subalpines méridionales du Diois et du Dévoluy constituent un ensemble morphologiquement mal individualisé. La barre urgonienne a disparu. La structure tectonique est plus complexe en raison d'une superposition de deux systèmes d'âges différents, l'un remontant au Crétacé supérieur-Eocène tandis que l'autre date de la fin du Miocène.

L'altitude de l'ensemble de ces massifs reste modeste en dépassant rarement 2300 m.

Le relief contrasté des zones étudiées va conditionner les voies de pénétration et de circulation à l'intérieur des massifs. Les particularités géomorphologiques de chaque massif seront détaillées dans le cadre des présentations des ressources en silex.

I.B.- Paléogéographie de la zone subalpine

Nous proposons de présenter succinctement la mise en place des dépôts sédimentaires formant les massifs subalpins. Cet exposé de l'évolution paléogéographique de la zone permettra de mieux appréhender l'enchaînement des séquences

stratigraphiques des massifs subalpins et les faciès donnant lieu à la formation de silex.

Au Jurassique, la mer envahit le domaine dauphinois. Des marnes ou marno-calcaires noirâtres et monotones à fossiles pélagiques sont déposées. Ces formations se terminent par un niveau franchement calcaire formant la corniche tithonique.

Au Crétacé inférieur, on assiste à la concentration de dépôts vaseux donnant des séries marneuses à calcaro-marneuses dans une zone orientée E-W, qui durera jusqu'au Turonien (zone vocontienne). De part et d'autre de cette zone, une tendance néritique s'exprime. Au Nord elle se manifeste par l'intercalation de niveaux calcaires littoraux ou subrécifaux dont le plus célèbre est l'Urgonien qui constitue un faciès entre le Barrémien supérieur et de l'Aptien inférieur. Il s'agit de calcaires blancs, épais de 300 à 400 m, riches en rudistes, Miliolidés et algues calcaires avec parfois quelques polypiers. Ces bancs zoogènes alternent avec des couches à pâte fine issues de la précipitation chimique du carbonate de calcium.

Dans les chaînes subalpines septentrionales, la masse de calcaire urgonien est coupée de quelques niveaux marneux riches en Orbitolines.

Plus au sud, l'équivalent de l'Urgonien ne se retrouve que dans le Ventoux.

Le Crétacé supérieur voit la formation de calcaires pélagiques à Foraminifères renfermant des silex. Ces faciès passent vers l'Ouest et le Sud à des formations de plus en plus gréseuses, marines puis continentales (alimentées par l'érosion du Massif Central).

Le golfe turonien s'assèche progressivement, et la mer alpine se calque quasiment sur le futur arc alpin.

Le Crétacé supérieur ne joue un rôle morphologique que dans le Dévoluy où il forme le haut des crêtes et dans quelques régions limitrophes du Diois (Saou, Dieulefit).

Au commencement du Tertiaire, la zone dauphinoise émerge, et de nouvelles déformations E-W se produisent. Ce domaine est alors sujet à l'érosion continentale. La mer est confinée à des zones externes et internes. Elle envahit à nouveau la bordure orientale à partir de l'Eocène moyen et jusqu'au début de l'Oligocène (soulèvement interne). La transgression du Miocène ne fait qu'effleurer les bordures des domaines subalpins et notamment la Chartreuse et le Vercors en y déposant des molasses et des conglomérats deltaïques. Postérieurement a lieu le plissement général de tout le domaine externe.

Au sein de cette séquence, les silicifications ont touché les faciès des plate-formes carbonatées (domaines externes) comportant un apport détritique plus ou moins important. Selon les secteurs géographiques, les formations correspondant à ce type de faciès sont principalement le Valanginien, le Barrémo-Bédoulien et le Sénonien.

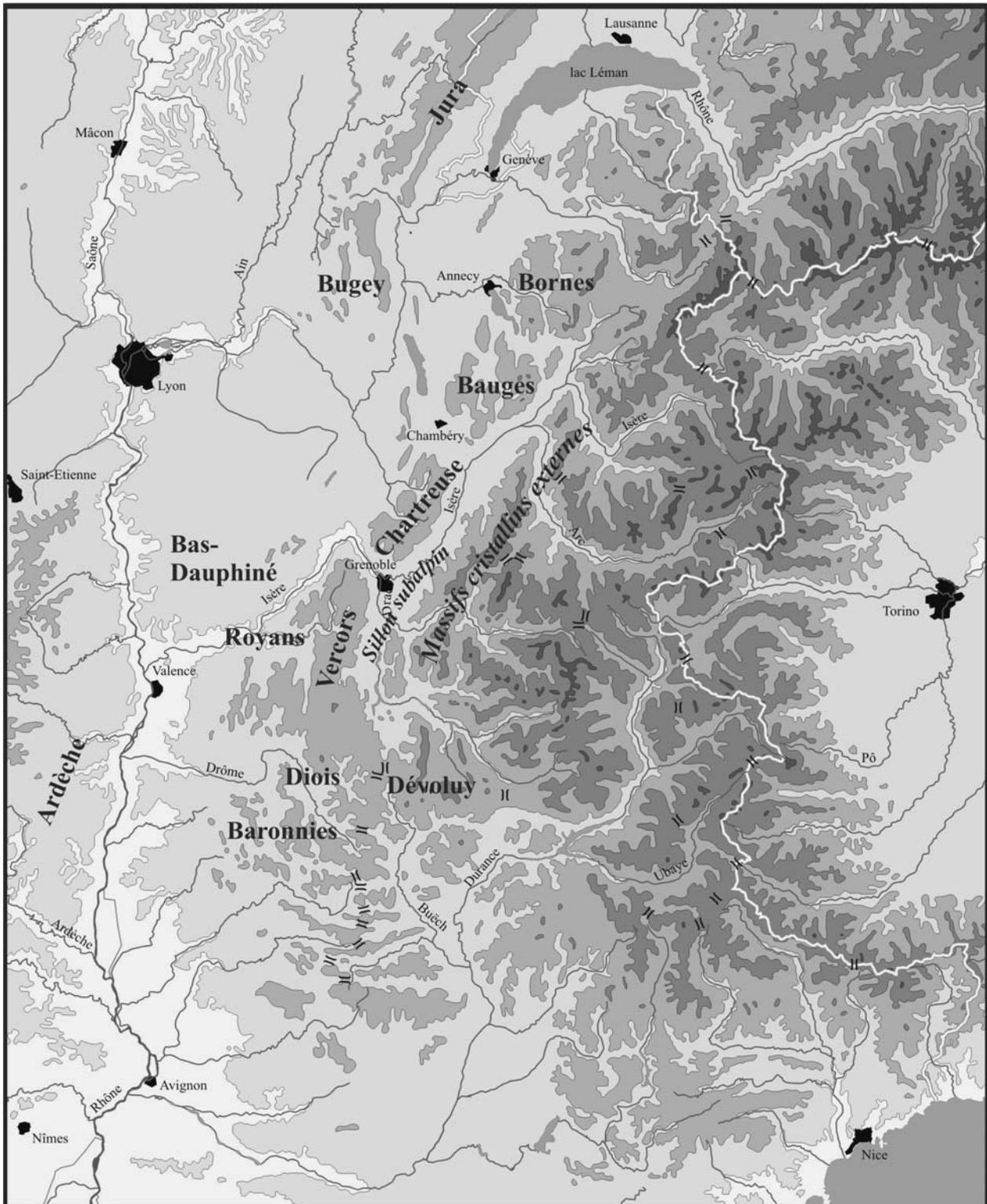


Figure I.23 - Situation des massifs subalpins dans le quart sud-est de la France.

II.- CONNAISSANCE DES RESSOURCES EN SILEX ET IMPLICATIONS ARCHEOLOGIQUES

II.A.- Introduction

Les études sur les ressources en silex des massifs subalpins ont, jusqu'à peu, concerné essentiellement la Chartreuse et le Vercors, de façon ponctuelle (Riche, 1998, pour les silex des plateaux de Vassieux et d'Ambel) ou plus étendue (Bintz et Grünwald, 1990 ; Grünwald et Affolter, 1999). C'est dans le cadre des travaux menés par ces derniers auteurs que la constitution d'une lithothèque, destinée à recevoir les échantillons de silex de différents secteurs géographiques, a été amorcée.

La mise en évidence de circulations de matériaux sur des distances plus ou moins importantes selon les époques justifie l'étendue géographique prise en considération par l'étude (depuis le massif des Bornes, pour le secteur le plus septentrional, au Dévoluy, dans les Alpes du Sud). Seul ce type d'approche permet de mettre en évidence des zones de contacts privilégiées entre différentes aires géographiques, ou à l'opposé des « frontières ». C'est aussi la seule possibilité de mesurer l'importance et la nature des axes de circulation à travers la quantité et les types de matériaux transportés. Pendant longtemps, certaines diffusions de silex sur de longues distances sont restées ignorées en raison d'un cloisonnement régional de la recherche sur les matières premières. La volonté de communication et d'échange sur ce sujet se fait actuellement sentir et ouvrira de nouvelles perspectives dans la recherche de provenance du silex et, sans doute aussi, d'autres matériaux (roches vertes par exemple).

Un autre aspect inhérent à l'étude des ressources lithiques et de leur exploitation sur une grande échelle est qu'elle offre la possibilité de prendre en compte la variabilité des comportements vis à vis de la matière première selon l'environnement et l'altitude. Ainsi, les relations entre les secteurs de plaines et de montagnes peuvent être abordées.

A quelques particularités près, les silicifications intéressent principalement quatre formations géologiques dans les massifs subalpins. Il s'agit du Valanginien, du Barrémo-Bédoulien, du Sénonien et du Tertiaire. Retrouver les affleurements à silex de chaque massif afin d'acquérir une connaissance de ces matériaux nécessite un travail de terrain continu.

II.B.- Moyens mis en œuvre

II.B.1.- Les prospections

Nous procédons au repérage sur les cartes géologiques des formations mentionnées par les auteurs comme « calcaires à silex » ou « à chailles ».

Cependant, les géologues peuvent porter un intérêt variable à ces accidents siliceux et la présence de silex est quelquefois éludée. Par ailleurs, par rapport à l'extension du figuré choisi pour désigner les niveaux à silex, les gîtes se présentent de façon ponctuelle et la répartition des rognons en leur sein est totalement aléatoire. La lecture de descriptions de coupes géologiques apporte aussi des informations sur la présence de silex. Elle présente l'avantage d'indiquer un point localisable précisément sur une carte. D'autres sources de renseignements non négligeables sont les personnes ayant l'habitude de parcourir le secteur concerné par les recherches.

Les prospections sont ainsi orientées d'après l'ensemble des indications recueillies. Elles sont effectuées de préférence à la fin de l'automne ou au début du printemps car dans nos régions, les gîtes sont rendus inaccessibles d'une part en hiver, en raison de la neige, et d'autre part durant l'été, à cause du couvert végétal qui masque les affleurements. Sur le terrain nous essayons de prélever l'ensemble des types qui sont représentés au sein du gîte. De plus, pour un même type nous échantillons les nodules présentant des variations par rapport à l'aspect le plus courant. Le maximum d'observations sur les contextes géologiques et gîtologiques est réalisé sur place.

II.B.1.a.- Contextes géologiques d'affleurement

Les informations prises en compte pour chacun des gîtes échantillonnés sur le terrain sont :

- la carte géologique couvrant le secteur du gîte.
- L'étage géologique de l'affleurement.
- La roche encaissante : description succincte.
- Le milieu de dépôt (par exemple marin ou lacustre).
- Le faciès (par exemple récifal).
- La position : primaire, sub-primaire ou secondaire.

Ce dernier point doit être défini plus précisément pour lever toute ambiguïté sur les termes employés. On distingue les gîtes où les silex se trouvent en position primaire, in situ dans leur roche-mère, de ceux où ils affleurent en position secondaire. Un silex en position primaire est demeuré depuis sa formation dans la roche calcaire qui a été le siège de la silicification. Un silex en position secondaire a subi une histoire composée de différentes étapes. Le nodule a d'abord été désolidarisé de sa roche-mère à la suite d'une érosion, puis il a été transporté par des agents naturels (l'eau le plus souvent) sur une distance variable. Enfin, il s'est déposé dans un nouveau sédiment d'âge géologique postérieur à celui dans lequel il s'est formé. Dans notre secteur, les silex rencontrés dans des conglomérats ou des poches tertiaires et dans des formations quaternaires illustrent ce cas de figure. Il existe certains contextes d'affleurement pour lesquels la compartimentation entre silex en position secondaire et primaire n'est pas nette.

Il s'agit des argiles de décalcification à silex. Les nodules ont subi un léger transport et la nature physico-chimique de son encaissant a varié. Nous estimons que la position de ces silex est secondaire en raison de la modification du milieu d'enfouissement. De plus, sur certaines cartes géologiques, ces argiles portent un figuré différent de celui de leur roche-mère. Enfin, les cortex des silex conservés dans ce milieu peuvent porter des traces de la modification, notamment des colorations par des oxydes de fer.

Un dernier terme, position sub-primaire, qualifie les silex présents dans les éboulis, lorsque la roche-mère se trouve à proximité immédiate mais qu'ils en sont détachés. La gravité est dans ce cas le seul agent de transport mis en cause.

Nous avons choisi d'employer ces différents termes pour désigner les contextes d'affleurement reconnus pour les silex des massifs subalpins mais d'autres se rencontrent dans la littérature. Nous signalons les termes employés par P. Fouéré (1994) afin d'éviter toute équivoque car ils prendront dans la suite de notre texte une signification différente. Cet auteur englobe sous l'appellation « gîte autochtone » les silicifications comprises dans la roche-mère et les éboulis. Les « gîtes sub-allochtones » indiquent un transport des nodules peu important (cas des silex repris dans des altérites de la roche-mère ou dans des colluvions). Enfin, le terme d'allochtone désigne les cas où le silex a été déplacé sur des distances plus ou moins longues, comme les gîtes sur terrasses alluviales.

La question du contexte géologique se pose par ailleurs du point de vue des appellations dans le cas des silex en position secondaire. Il s'agit de savoir si un silex formé par exemple dans un calcaire sénonien et remanié dans une poche éocène sera considéré comme sénonien ou éocène. Ainsi, faut-il, pour le qualifier, prendre en compte son âge de formation ou son niveau géologique final d'affleurement ? D'un point de vue géologique, la seconde solution prévaudrait. Toutefois du point de vue de la caractérisation, les éléments identifiés dans le silex (microfossiles) renvoient à son étage de formation. Ainsi un décalage existe entre les informations fournies par le matériau et le contexte géologique d'affleurement sur le terrain. Dans nos régions, il faut savoir que l'origine géographique d'un silex sénonien trouvé dans un site archéologique, pour garder cet exemple, doit être recherchée dans les terrains calcaires sénoniens, mais aussi dans les formations tertiaires (sables éocènes, poches oligocènes, conglomérats de base miocènes), ou quaternaires (cônes d'éboulis ou de déjection, moraines, résurgences karstiques). En conséquence, nous avons choisi d'indiquer dans nos différentes bases de données les deux informations, c'est-à-dire l'origine première du silex et la formation dans laquelle il affleure actuellement. Toutefois, au cours de prospections, il n'est pas systématiquement possible d'attribuer son niveau géologique de formation à un silex en position secondaire. En cas de doute, seule une lame mince

permet de dater précisément l'échantillon d'après son contenu paléontologique.

Du point de vue archéologique, le contexte géologique d'affleurement conditionne l'accessibilité aux silex et permet donc de mieux appréhender le comportement des préhistoriques face à la matière première. Par exemple, la présence dans un massif donné de sources en position secondaire peut offrir des facilités quant à l'extraction des nodules. Les silex déposés dans des sédiments meubles (poches oligocènes et éocènes, argiles de décalcification, etc.) peuvent aisément être récoltés. De plus ces formations peuvent subir une érosion (ravinement, mise à nu par les agents atmosphériques) qui révèle en surface la présence de silex. A l'inverse, ces types de source peuvent être masqués par le couvert végétal qui se développe de manière préférentielle sur ces terrains meubles. Nous constatons encore aujourd'hui ce problème lors des prospections.

II.B.1.b.- Notions de gîtologie

La gîtologie se rapporte aux caractéristiques du gîte et constitue une rubrique des fiches de caractérisation de silex (annexe 1). Elle prend en compte :

- le mode d'affleurement de la source échantillonnée (bord de route, falaise, etc.) qui nous informe sur le caractère artificiel ou naturel du gîte.
- la morphologie (nodules plaquettes, etc.) et les dimensions des silex récoltés.
- l'abondance en silex.
- La fracturation des nodules.

Ces différentes informations sont importantes à relever pour différentes raisons. La première est qu'elles vont permettre d'estimer si le gîte a potentiellement pu être exploité aux périodes préhistoriques. L'abondance et l'absence de fracturation des nodules peuvent le rendre plus attractif. D'autre part, la morphologie et, plus encore, les dimensions des nodules sont des caractères qui ont pu avoir des conséquences sur le choix des gîtes par les préhistoriques en tenant compte de l'évolution des critères de sélection au cours du temps. Pour schématiser, les populations paléolithiques recherchaient des nodules aux dimensions plus importantes que ceux répondant aux besoins des mésolithiques. Ainsi des sources potentiellement exploitables par les mésolithiques ne pourront plus être considérées comme telles lorsque les études porteront sur des séries antérieures.

Enfin, la morphologie des silex, partiellement induite par la nature du gîte (fig. I.24), est importante à double titre :

- du point de vue du préhistorique, elle représente une contrainte de laquelle peut découler un choix technologique.

- lors de l'étude de provenance, elle est une source d'informations, dans la mesure où persistent des plages naturelles résiduelles sur l'artefact qui évoquent

la forme du bloc d'origine (fig. I.24) et la nature, primaire ou secondaire, du gîte.

		MORPHOLOGIE					
		Blocs Nodules	Bancs Plaquettes	Rognons ovoïdes à branchus	Cassons	Galets	
MODE D'AFFLEUREMENT	Primaire						
	Affleurement calcaire		△ □	△ □			
	Sub-primaire						
	Eboulis	△ □	△ □	△ □	△ □		
	Secondaire						
	Poche tertiaire	■ △					●
	Alluvions	●					●
Moraines	■ △					●	

Caractères corticaux

cortex frais □

cortex érodé ■

surface diaclasique △

alluvial ou néo-cortex ●

Figure I.24 - Principaux exemples de modes d'affleurement et morphologies de silex associés. Classification des cortex en fonction des contextes d'affleurement.

II.B.2.- Lithothèque de référence

Précédant ce travail, les prospections de P. Bintz, dès la fin des années 70 et celles menées par C. Grünwald, jusqu'au milieu des années 1990, avaient permis de constituer une lithothèque comportant des échantillons d'un grand quart sud-est de la France. Un intérêt particulier avait été porté aux massifs subalpins de Chartreuse et du Vercors en relation avec l'étude des matières premières des sites régionaux.

La gestion de la lithothèque et le traitement de l'ensemble des échantillons qu'elle comprend demandent un temps considérable. En ce qui concerne les échantillons stockés depuis plusieurs années, des informations relatives principalement à la localisation des gîtes (coordonnées et commune) et au contexte géologique du gîte font souvent défaut. Un travail de recherche de ces données a été entrepris à l'aide des notes et fiches laissées par C. Grünwald. Elles ont été introduites dans la base de données « lithogîte ». Cette banque de données a été mise en place dans le souci de pérenniser les informations basiques relatives aux sources représentées dans la lithothèque qu'elles aient été échantillonnées plusieurs années auparavant ou tout récemment. Nous avons choisi d'y faire figurer des rubriques liées :

- A la localisation géographique du gîte : lieu-dit et commune ; secteur (massif ou département) ; coordonnées Lambert II ou III en X et Y.
- Au contexte géologique du gîte : nom de la carte géologique ; formation géologique du gîte où ont été prélevés les échantillons ; son symbole sur la carte géologique ; la formation d'origine du silex.

- A l'échantillonnage : nombre d'échantillons présents dans la lithothèque pour le gîte ; nombre de types représentés par l'échantillonnage ; nombre de types nouveaux, qui n'avaient pas été rencontrés dans un autre gîte.

Pour faciliter les recherches, le numéro de tiroir localisant les échantillons dans la lithothèque est également indiqué. Enfin, figurent le(s) numéro(s) du ou des types échantillonnés pour le gîte, la date de récolte, et une dernière rubrique indiquant si les échantillons ont été enregistrés dans la base « fiches matières premières ». Il existe actuellement 395 fiches qui correspondent à autant de points de prélèvement de silex.

Cependant pour un nombre important de gîtes (échantillonnés avant 1996), certaines rubriques n'ont pu être complétées. Ce manque d'informations nous conduit à retourner sur le terrain pour enrichir les échantillonnages, et pour mieux appréhender le gîte, en précisant par exemple ses limites spatiales et son contexte géologique précis.

Au prélèvement sur le terrain et à l'enregistrement dans la base de données « lithogîte » succède le travail de caractérisation de l'échantillon. Il est systématiquement effectué sur l'ensemble des échantillons qui viennent alimenter régulièrement la lithothèque à la suite des prospections que nous menons. Les échantillons sont lavés, marqués (inscription du lieu-dit). Ils sont examinés à la loupe binoculaire afin de compléter les fiches descriptives d'échantillon gérées par la base « fiches matières premières ». Les observations sont réalisées sur un ou plusieurs éclats frais tirés des nodules récoltés. Chaque fiche

correspond à un faciès identifié sur le gîte. Il y a autant de fiches descriptives pour un même gîte que de types de silex qu'il a livrés. Au moment de la rédaction de ce chapitre, cette base de données comporte près de 230 fiches entièrement complétées (description macroscopique et pétrographique non destructive) et 89 autres partiellement remplies. Le modèle de la fiche a été élaboré dans le cadre du programme CIRCALP, coordonné par A. Beeching (1999), en concertation avec différents archéologues et lithiciens pétrographes dont J. Affolter (Musée de Neuchâtel) et E. Jautrée (Lyon). Cette fiche a été conçue afin d'adopter une terminologie commune entre chercheurs, dans la perspective de mettre en réseau les différentes lithothèques régionales.

III.- LES SILICIFICATIONS DES MASSIFS SUBALPINS ET DE LEURS MARGES

III.A.- Introduction

Nous proposons de décrire les contextes géologiques d'affleurement de silex pour chacune des régions prises en compte dans notre étude d'après la bibliographie géologique. Le découpage adopté correspond aux entités géographiques constituées par les différents massifs subalpins suivants : du nord au sud, les Bornes, les Bauges, la Chartreuse, le Vercors, le Diois et le Dévoluy. Les secteurs de piedmont du Vercors (le Royans et plus largement la vallée de l'Isère) ainsi que la vallée du Buëch sont également pris en compte car ils constituent des zones de contact, de jonction, entre les massifs. Les informations bibliographiques relatives à la présence de silex au sein des différentes formations géologiques peuvent être plus ou moins abondantes selon les régions en raison de l'intérêt variable accordé par les géologues au silex, souvent qualifié d'« accidents siliceux ». Ainsi, nos attributions d'échantillons à une formation s'appuient souvent d'avantage sur les observations de terrain que sur les indications figurant sur la carte géologique. Nous décrirons ensuite les potentialités en silex en terme d'abondance et de qualité pour chacun des massifs ainsi que leurs faciès les plus significatifs et spécifiques d'après les échantillons dont nous disposons dans la lithothèque de Grenoble. La liste des gîtes qu'elle regroupe pour les massifs subalpins et leurs marges est rassemblée en annexe 3 de même que les fiches de caractérisation des échantillons mentionnés dans le texte, réunies en annexe 4. L'annexe 5 illustre par des photographies de microfaciès vus à la loupe binoculaire les différents types de silex rencontrés.

Le but de ce chapitre n'est pas de réaliser un catalogue descriptif de l'ensemble des sources de silex de l'aire d'étude. Il se révélerait d'une approche plutôt fastidieuse et pêcherait par son manque d'exhaustivité en raison de la constante progression dans la

connaissance des gîtes. De plus un déséquilibre prononcé existe entre les régions prospectées intensément et celles pour lesquelles les recherches s'amorcent. Ainsi, il s'agit plutôt de mettre en évidence les différences entre massifs sur le plan des ressources potentielles en silex et de définir, pour chacun d'eux des marqueurs lithologiques, se rapportant à une source ou à un étage géologique.

III.B.- Le massif des Bornes

Le massif se partage, en trois ensembles assez différents du nord-ouest vers le sud-est.

La partie occidentale est un vaste bombement constitué de trois anticlinaux séparés par de profonds synclinaux. Ce sont d'ouest en est les anticlinaux de Veyrier, du Parmelan et du Bargy.

La partie médiane est constituée par la dépression de Thônes et du Grand Bornand. Celle-ci correspond à un vaste synclinal.

La partie orientale est constituée par la chaîne des Aravis.

III.B.1.- Les données géologiques

Les cartes géologiques (Annecy-Ugine, 1992 et Annecy-Bonneville, 1986) mentionnent plusieurs formations à silex. Elles se répartissent de la manière suivante :

- Le Sinémurien (Lias) présent dans les klippen (klippe de Sulens et klippe des Annes)
- Le Valanginien (n2b)
- L'Hauterivien (n3)
- La base du Barrémien (n4-5)
- Le Crétacé supérieur indifférencié (C1-7, du Cénomaniens au Maestrichtien).

Dans cette dernière formation des silicifications sont présentes à partir du Coniacien, où elles sont décrites comme des « silex noirs », puis « silex clairs ou sombres » au sommet de la séquence. Enfin, les Couches de Wang (calcaires argileux à spicules, attribués au Crétacé supérieur) livrent parfois du silex.

L'ensemble de ces silicifications est d'origine marine.

III.B.2.- Les données acquises sur le terrain

Une prospection sur le terrain, orientée par les informations des cartes géologiques et les indications de J.-P. Ginestet (Thônes), nous a en réalité montré que le silex est très peu abondant à l'état naturel dans les calcaires des Bornes. Six gîtes ont pu être échantillonnés (fig. I.25).

Les deux premiers gîtes visités ont concerné les formations sinémuriennes de la klippe des Annes. Nous avons échantillonné à proximité du col de la Colombière et au lieu-dit « Maroly d'en Bas » sur la commune du Grand-Bornand.

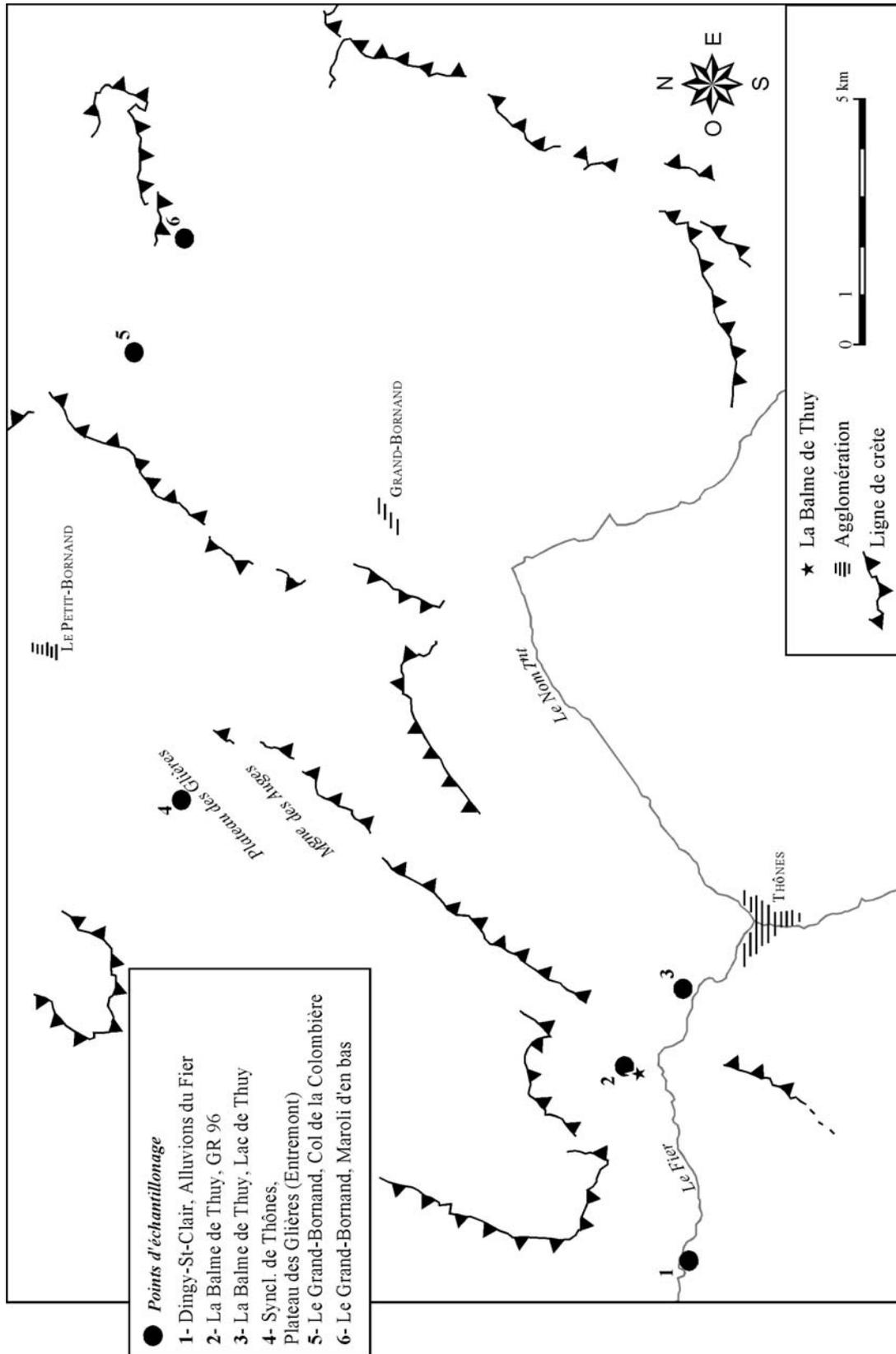


Figure I.25 - Localisation des points d'échantillonnage de silex dans le massif des Bornes.

Au Col de la Colombière, les silex du Sinémurien ont été prélevés au sein de blocs calcaires éboulés. Ils sont assez abondants. Il s'agit de rognons irréguliers, difficiles à désolidariser de leur encaissant. Ils ne présentent pas de cortex à proprement parler, la limite entre le silex et la roche-mère étant nette et tranchée. Le même type de silex se rencontre également, libéré des blocs sous forme de petits fragments centimétriques à Maroly d'en bas.

Dans le secteur de la Balme de Thuy, en suivant le GR 96 autour du site préhistorique, affleurent des calcaires sénoniens, barrémiens et valanginiens. Ces différents niveaux n'ont livré aucun silex en place mais seulement, de façon très ponctuelle, quelques fragments de rognons valanginiens dans du matériel éboulé (point n°2, fig. I.25).

Sur le plateau des Glières (fig. I.25), affleurent des formations sénoniennes à silex. Des prospections menées par D. Pelletier ont permis de récolter une dizaine de cassons de quelques centimètres de côté au sol.

Enfin, deux points de ramassage dans les alluvions du Fier nous ont livré trois échantillons de types différents. Le cours d'eau recoupe plusieurs formations à silex et est donc susceptible de charrier des nodules qui en sont issus. Deux galets ont été rapportés à du Valanginien, par comparaison avec des échantillons de référence, tandis que le dernier correspond à du silex sénonien. Il est possible que la quantité de silex entraînée par le cours d'eau varie selon les périodes de l'année, permettant le ramassage d'un plus grand nombre de rognons à certaines époques.

Ces quelques silex viennent compléter ceux déjà présents pour le secteur dans la lithothèque. En effet, J.-P. Ginestet avait par le passé déposé à Grenoble une vingtaine d'échantillons issus de deux gîtes en position secondaire dans les alluvions du Fier, d'un autre localisé à proximité du gisement de la Balme de Thuy et d'un dernier gîte sénonien sur le Plateau des Auges (fig. I.25).

L'ensemble de ces nodules serviront de référentiel géologique à l'étude de provenance des matières premières des niveaux épipaléolithiques, mésolithiques et néolithiques du site de la Balme de Thuy.

III.B.3.- Les faciès identifiés

A partir des différents échantillons récoltés, nous avons cherché à définir les caractères marqueurs des silex de chaque étage afin de pouvoir les distinguer de ceux des autres massifs subalpins.

Macroscopiquement, le silex du Sinémurien est de couleur noire, homogène et de grain moyen. A la loupe binoculaire (photo 1), il peut être identifié par une

matrice uniformément opaque, à reflets métalliques gris-noirs et par la rareté des éléments carbonatés. Le fond est ponctué d'éléments opalescents, bioclastiques ou pas.

Les échantillons valanginiens ne présentent pas de caractères macroscopiques les différenciant des silex sinémuriens. Pétrographiquement, par contre, deux faciès caractéristiques des silex valanginiens ont été distingués à la binoculaire. Le premier (photo 2 et photo 3) se signale par un feutrage de spicules de Spongiaire, lui conférant un fond bleuté opalescent, dans lequel sont dispersés des éléments carbonatés ainsi que rhomboédriques de couleur orange (imprégnations d'oxydes). Le second type valanginien (photo 4) comporte des péloïdes de couleur foncée et les mêmes éléments carbonatés que le type précédent mais moins abondants, et moins colorés. Ce dernier type se présente sous la forme de blocs décimétriques qui devaient à l'origine se présenter en plaquettes.

Le Sénonien des Bornes rencontré sur les plateaux des Auges et des Glières (Entremont) présente un faciès macroscopique et pétrographique homogène. Sa couleur est grise et son grain fin. Il est particulièrement riche en Foraminifères (*Hedbergella*, photo 5). Ce caractère le distingue du silex sénonien des massifs voisins (notamment des Bauges et de la Chartreuse) pour le rapprocher de celui du Bugey. Cependant, d'autres spécificités le différencient de ce dernier : les éléments carbonatés sont peu roulés et il contient des spicules de spongiaires, répartis dans une matrice translucide de couleur grise (photo 6). Le Sénonien se présente en débris de longueur inférieure à 5 cm.

Un autre type de silex sénonien a été trouvé dans les alluvions du Fiers, au Lac de Thuy (La Balme-de-Thuy, photo 7). Il est azoïque et contient principalement des éléments carbonatés dendritiques de grande dimension, parfois millimétriques. Il se présente en rognons ovoïdes de quelques centimètres de diamètre.

Nous ne disposons pas, jusqu'à présent d'échantillons pouvant être rapportés avec certitude à d'autres formations géologiques, comme le Barrémien alors que les cartes géologiques du secteur précisent que des silicifications sont rencontrées à sa base (cf. supra). De nouvelles prospections sont à prévoir pour compléter nos observations et enrichir le référentiel, encore succinct, de comparaison.

III.B.4.- Conclusion

Quatre formations géologiques ont fait l'objet d'échantillonnage ainsi que l'illustre la figure I.26. La présence de silex dans les terrains quaternaires ne figurait pas dans les cartes géologiques. A l'inverse, alors que ces dernières le mentionnent, nous n'avons pas trouvé de silex dans les niveaux hauteriviens et barrémiens malgré nos investigations.

D'une manière générale, quel que soit le niveau géologique considéré, le silex des Bornes est de couleur foncée avec des variations allant du gris au noir. Ce fait

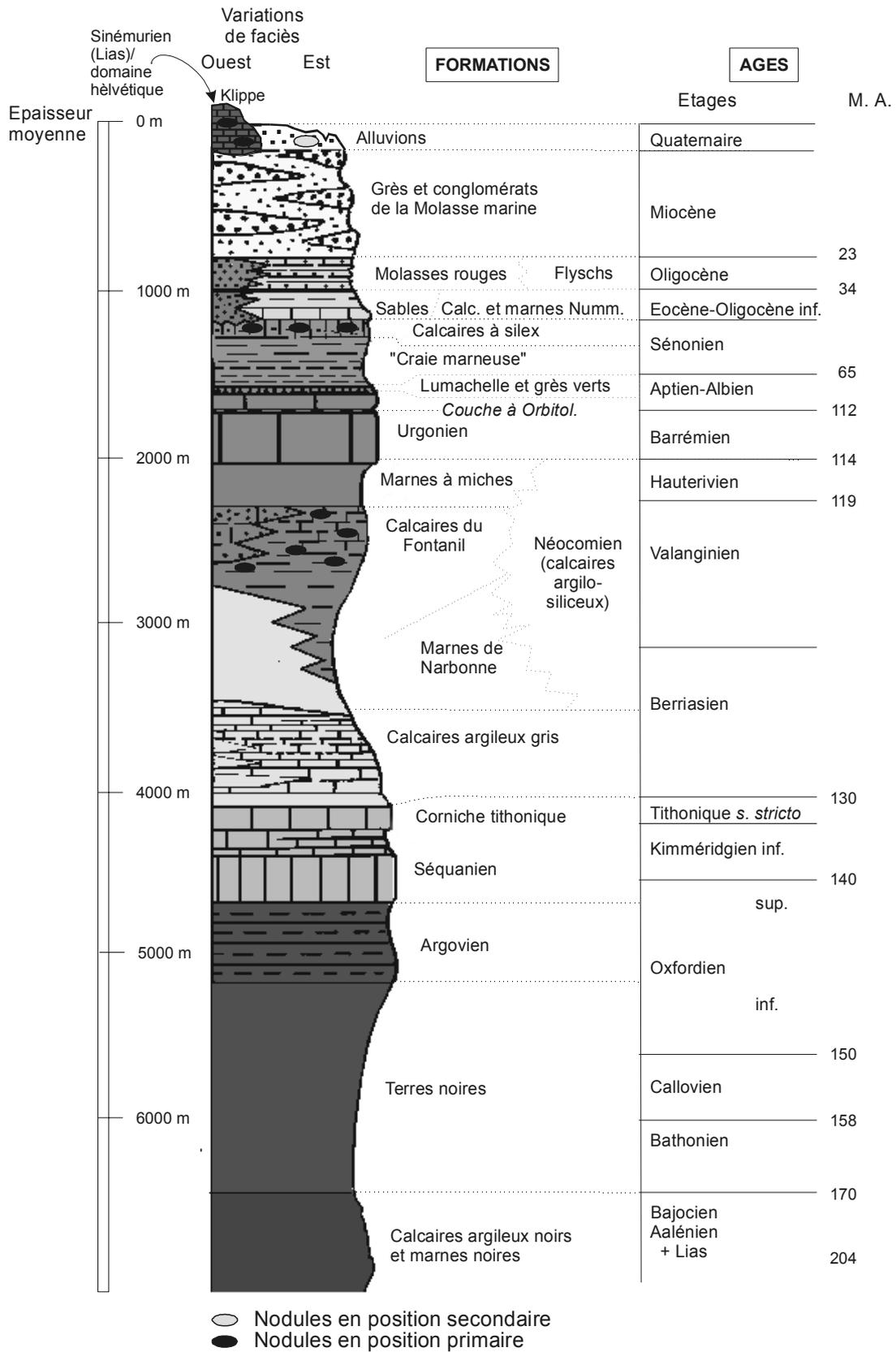


Figure I.26 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique des Bornes. D'après Gidon (2002).

conduit à une convergence macroscopique des types à l'exception du silex sénonien, souvent plus clair (parfois pour cause de patine) et au grain plus fin.

Rencontré dans son encaissant, le silex des Bornes se présente sous la forme de petits rognons (inférieurs à 10 cm), mal individualisés du calcaire (ceci se vérifie pour le Sinémurien et le Valanginien). Il est plus accessible et de dimensions plus importantes dans les alluvions du Fiers. Il y reste pourtant relativement rare, d'après ce que nous avons constaté à l'issue des prospections. Cette indigence et ce manque de variétés de silex ont pu constituer des facteurs limitant la fréquentation du massif.

Du point de vue archéologique, le silex des Bornes montre une aptitude à la taille médiocre en raison de son caractère fortement diaclasé. Pourtant il a été utilisé comme en témoigne l'industrie lithique de la Vielle Eglise à la Balme-de-Thuy. Certaines pièces portent d'ailleurs les diaclases (parfois colmatées par de la calcite ou de la calcédoine) des rognons originels.

III.C.- Les Bauges

Le massif des Bauges fait suite, vers le sud, à celui des Bornes. Il s'y raccorde assez bien du point de vue structural et possède une série stratigraphique très comparable.

Il est limité au sud par la trouée de Chambéry-Montmélian et au nord par celle d'Annecy-Faverges-Ugine.

Le relief varie entre les parties occidentale et orientale du massif limitées par les vallées des Aillons et de Leschaux.

Les Bauges occidentales forment une bande assez étroite entre Chambéry et Annecy, comportant les chaînons du Revard - Semnoz et celui du Margériaz.

La partie orientale est constituée par la majorité des montagnes du massif et se prolonge jusqu'au rebord subalpin dominant la Combe de Savoie.

III.C.1.- Les données géologiques

D'après les cartes géologiques régionales, du silex affleure en position primaire dans différents niveaux de calcaires marins : dès le Jurassique supérieur, dans le Tithonique (j6b-7), le Valanginien (n2b), l'Urgonien (n4-5a) et le Sénonien (C6-7) (cartes géologiques d'Albertville, 1999 et de Chambéry, 1969). Des silicifications sont également mentionnées sur la carte géologique d'Albertville dans les niveaux de transition entre l'Hauterivien et l'Urgonien. Il est décrit comme du silex noir. L'abondance du silex est variable selon les niveaux considérés. Pour le Tithonique, la présence de silex est uniquement indiquée sur la notice de la feuille d'Albertville (1999), où elle est qualifiée d'épisodique. De plus elle ne concerne que le sommet de la série. Au sein de la séquence valanginienne, dans la partie supérieure, des silicifications sont décrites pour l'Ouest du massif, sur le domaine de la carte de

Chambéry (1969). Elles sont reprises sous le terme de chailles sur la feuille de Chambéry. Une mention de silex dans l'Hauterivien est faite au niveau de la transition avec l'Urgonien, sur le flanc occidental de la Belle Etoile et de la dent de Cons (à l'extrémité est du massif). Les calcaires urgoniens présentent parfois du silex sur le secteur de la feuille d'Albertville (1999).

Dans les Bauges, les faciès marno-calcaires dominant au début du Crétacé. Ils sont cependant, en raison du voisinage de la plate-forme jurassienne, entrecoupés par des épisodes de faciès calcaires à éléments plus littoraux, plus propices à la formation de silex.

Pour le Crétacé supérieur, une sédimentation pélagique s'établit dès le Cénomaniens (calcaires lithographiques à Foraminifères planctoniques et calcisphères). Elle demeure cependant réduite jusqu'au Santonien. Elle augmente au Sénonien supérieur. Deux niveaux de calcaires à silex sont distingués pour le Sénonien. Les uns sont des calcaires lithographiques et les autres sont décrits comme étant « plus compacts, blancs ou gris, parfois zonés et à spicules, où les microfaunes deviennent rares ». Comme dans les Bornes, les « Couches de Wang », à l'origine discutée (feuille d'Albertville, 1999), mais attribuées au Sénonien supérieur, présentent parfois du silex.

La question des gîtes secondaires se pose pour les Bauges. C'est pourquoi les terrains tertiaires présentent un intérêt dans la recherche des gîtes d'approvisionnement en silex potentiels. Une succession de phénomènes ont conduit au remaniement des silex dans des terrains postérieurs à ceux dans lesquels ils se sont formés :

L'émersion du massif à l'Eocène a entraîné l'érosion des terrains albiens et crétacés supérieur. Les silicifications contenues dans ces formations ont alors été libérées. Deux épisodes transgressifs vont ensuite marquer le massif. Le premier est rapporté à l'Yprésien supérieur-Lutétien (e4-5), qui a déposé des calcaires à Nummulites et prend fin avec un épisode lacustre. La seconde incursion marine se produit du Bartonien (Eocène moyen) au Stampien (Oligocène). Elle est précédée d'un épisode fluvio-lacustre et saumâtre à microcodium (e-gL) ravinant les formations sénoniennes sous-jacentes. Ainsi, la notice de la carte géologique d'Albertville (1999) indique des accidents siliceux dans la formation e4-5 et des éléments urgoniens et sénoniens au sein de e-gL.

Nous avons représenté les différentes formations susceptibles de fournir du silex sur la figure I.27. Ce sont les formations valanginiennes et sénoniennes qui sont principalement représentées. Reporter d'autres niveaux géologiques n'a pas été jugé pertinent en raison du caractère ponctuel de la présence de silex au sein de ces formations (Tithonique, Hauterivien, Urgonien) comparé à leur extension sur la carte. Seules les mentions précises de silex dans les notices de cartes géologiques ou une vérification par la prospection a

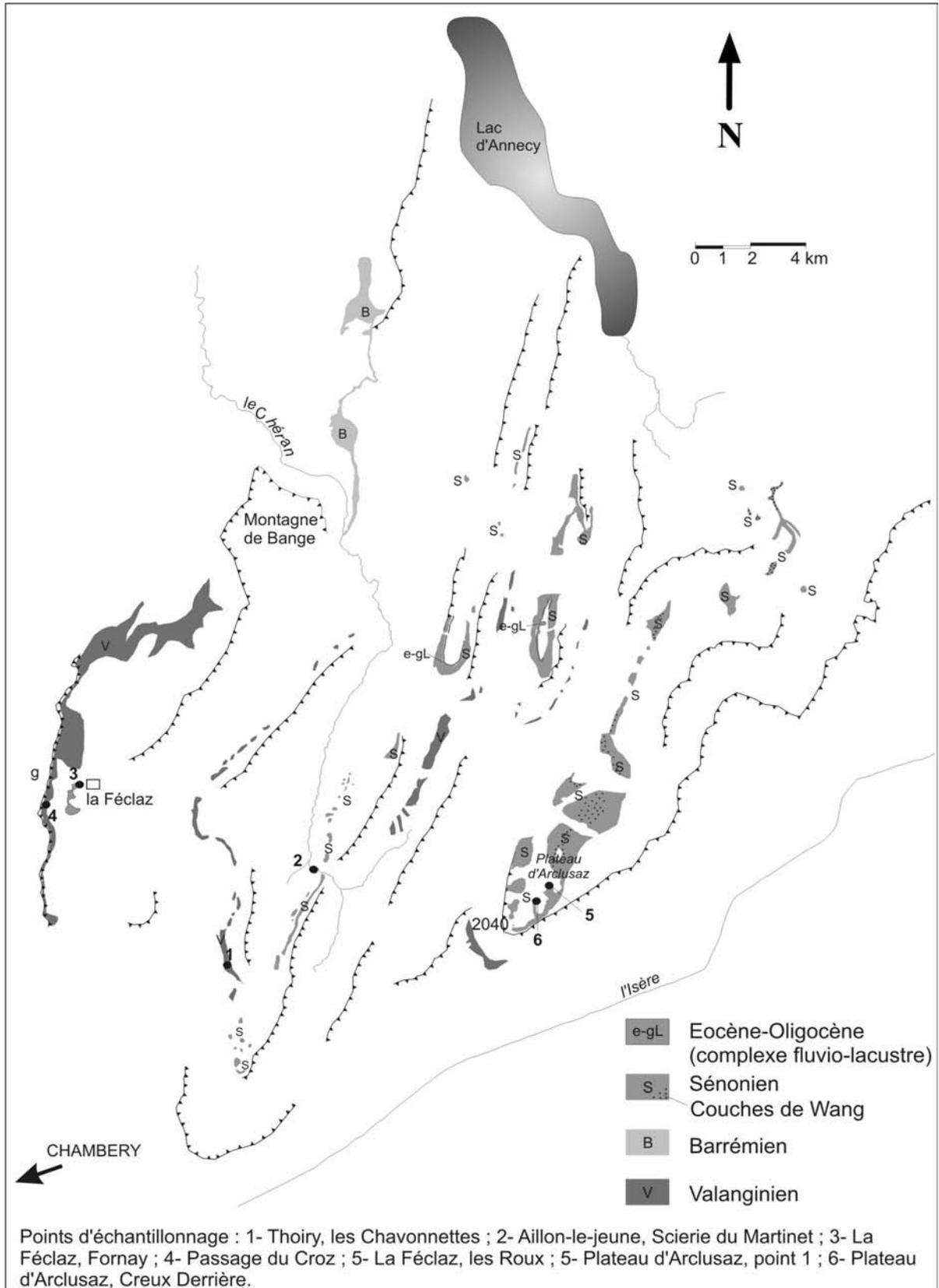


Figure I.27 - Délimitation des formations à silex du massif des Bauges et localisation des points d'échantillonnage. D'après les cartes géologiques de Chambéry (1969), d'Albertville (1999), de Rumilly (1970) et d'Annecy-Ugine (1992).

conduit à faire figurer, dans certaines zones, ces formations. Enfin, nous avons choisi de représenter quelques affleurements tertiaires susceptibles de renfermer du silex, en position secondaire, lorsqu'ils sont par exemple en contact avec les formations sénoniennes.

III.C.2.- Résultats des prospections

Les prospections ont permis d'échantillonner du silex dans les formations du Valanginien, du Sénonien et, avec plus d'incertitude, dans l'Urgonien.

III.C.2.a.- Les sources valanginiennes

III.C.2.a.1.- Les gîtes

Deux gîtes en position primaire ont été échantillonnés pour le Valanginien. Il s'agit des Chavonnettes, près de Thoiry et du Passage du Croz sur la commune de la Féclaz (fig. I.27). De plus, des débris de silex de cette formation ont été récoltés dans un conglomérat oligocène à la Féclaz (Fornay) (fig. I.27).

A Thoiry, les silex affleurent dans une falaise calcaire, en bordure de route (photo 8 et fig. I.27). Les silicifications sont très mal individualisées du calcaire, et de qualité variable. Il s'agit de rognons réguliers de longueur inférieure à 10 cm. Le silex est grenu et de couleur noire.

La falaise qui borde à l'Ouest le massif des Bauges, et qui le sépare de la vallée d'Aix-les-Bains-Chambéry, est en partie constituée de calcaire valanginien à silex (n2b). Elle est entaillée par un chemin de randonnée partant du passage du Croc où nous avons procédé à un échantillonnage (fig. I.27). Les bancs de calcaire renferment des silex se présentant comme des lentilles plus ou moins régulières dont la taille dépasse fréquemment 10 cm. Ces silex sont très diaclasés et se séparent difficilement de leur encaissant.

III.C.2.a.2.- Les faciès valanginiens

A travers ces différents échantillons, nous avons reconnu trois faciès différents pour le silex valanginien des Bauges.

Le premier est représenté par les échantillons de Thoiry. A la binoculaire, on se rend compte que le processus de silicification n'a pas totalement abouti : à la place d'une matrice cryptocristalline, on observe plutôt un fond opaque « vaseux » dans lequel sont dispersés quelques éléments (spicules, grains carbonatés) (photo 9).

Les deux faciès suivants sont certes mieux silicifiés mais la fracturation des nodules, d'origine tectonique, limite leur aptitude à être taillés. Macroscopiquement, les deux types se différencient par leur couleur : marron-gris à passées bleutées pour le premier (parfois qualifiables de litage) et marron plus foncé, ponctué de gris pour le second. Leur couleur n'est pas uniforme et par conséquent demeure difficile à définir. Le premier faciès (photo 10 et photo 11) est

moins chargé en éléments que le second (photo 12). La matrice bleutée translucide du premier faciès ne se rencontre pas dans le second, dont la plupart des éléments sont imprégnés d'oxydes. De plus il contient une proportion de bioclastes (photo 13 et photo 14) nettement supérieure à celle de l'autre faciès (photo 15). Cependant, l'identification de ces faciès n'est pas indicatrice d'origine puisqu'ils peuvent se rencontrer conjointement, sur le même gîte, comme c'est le cas au passage du Croc (photo 16).

III.C.2.b.- Les sources sénoniennes

Deux secteurs d'affleurement de silex, où le silex se trouve en position primaire ou sub-primaire ont fait l'objet de prélèvements.

Sur le gîte « scierie du Martinet », à Aillon-le-jeune, (photo 17) des nodules de silex noirs et gris clair ont été trouvés en abondance sur le sol forestier, dans un secteur végétalisé. La formation sénonienne C6-7 est sous-jacente. Il s'agit d'un silex gris observé soit au sein de blocs d'encaissant éboulés, sous la forme de lentilles ou de plaquettes, soit libéré de toute gangue calcaire, en nodule aux contours irréguliers et au cortex caverneux. Les dimensions de ces nodules sont variables mais leur longueur dépasse rarement 15 cm pour une épaisseur maximale de 5-6 cm.

A ces deux « habitus » correspondent des faciès pétrographiques différents. Les caractères discriminants de ces deux types sont l'abondance, la dimension des éléments ainsi que leur nature. Le premier (photo 18) est riche en spicules tandis que le second faciès (photo 19) en présente peu et offre des éléments carbonatés, des oxydes de fer et de la matière organique de petite dimension (le plus souvent inférieurs à 100 μ).

Un second secteur d'affleurement de Crétacé supérieur (C1-6, Albertville, 1999) à silex est le plateau de l'Arclusaz. Les affleurements calcaires contiennent du silex en quantité importante sur l'étendue du plateau. Il est toutefois peu apte à la taille en raison d'une forte fracturation et de sa morphologie : il se présente soit sous la forme de cassons de quelques centimètres, dans les ravines, soit en lentilles en place dans des blocs calcaires le plus souvent remaniés par des éboulis (photo 20, photo 21, photo 22). Malgré une forte similarité macroscopique avec les échantillons sénoniens de Aillon-le-jeune (silex de couleur gris-noir plutôt opaque, au grain fin), le microfaciès des silex du plateau de l'Arclusaz diffère de ces derniers. De plus, les matériaux du secteur présentent entre eux de légères variations microscopiques. A partir d'un fond commun (photo 23), qui correspond à une texture mudstone à wackestone, à éléments carbonatés arrondis peu roulés, avec la présence de matière organique, certains échantillons (photo 24) contiennent en abondance des spicules de Spongiaires grêles qui modifient l'aspect du microfaciès. Ces silex forment toutefois un ensemble

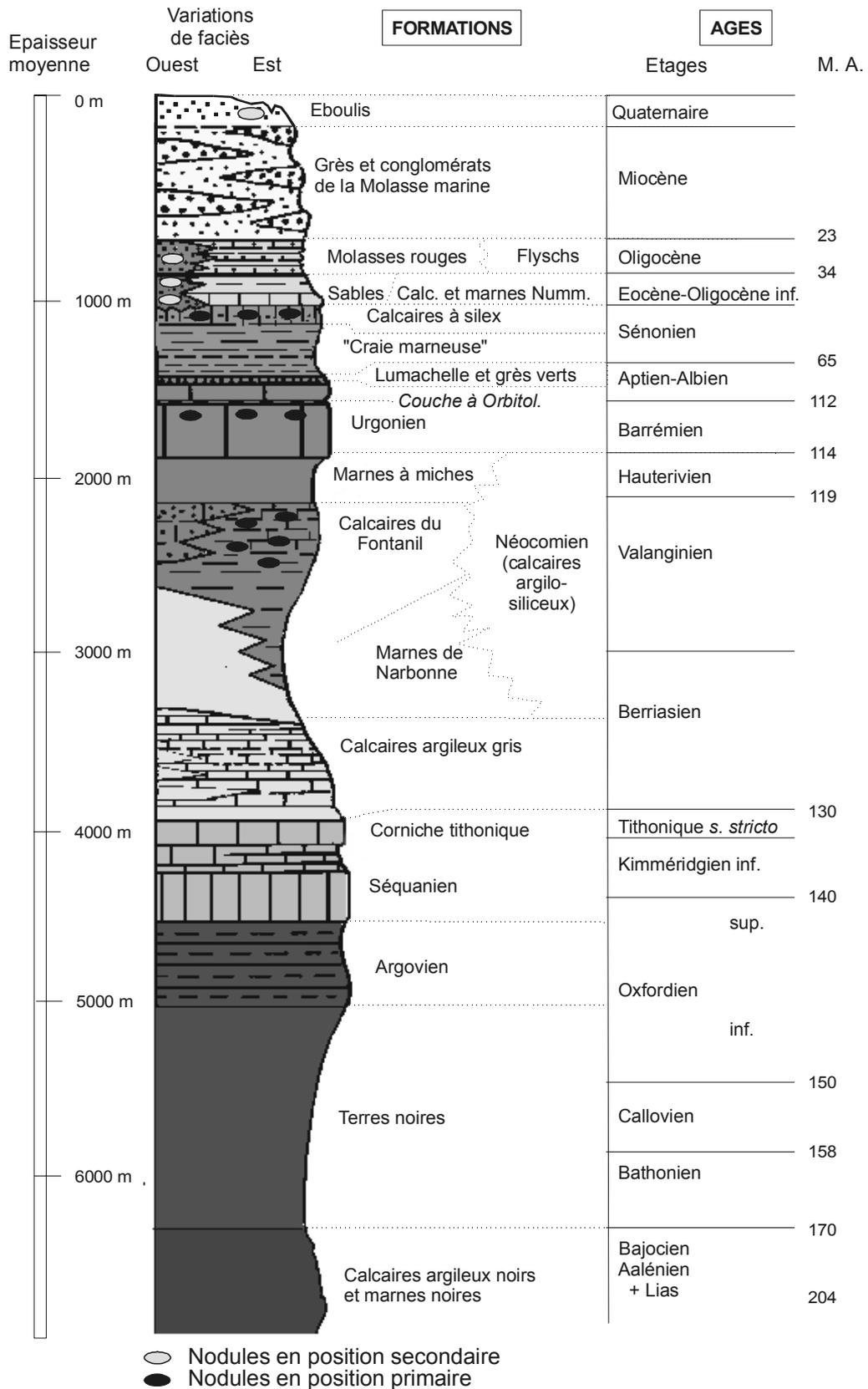


Figure I.28 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique des Bauges. D'après Gidon (2002).

aux caractères communs permettant de les individualiser d'autres variétés.

III.C.2.c.- Autres sources

Deux échantillons enfin, provenant du secteur de la Féclaz (Les Roux), représentent peut-être le silex urgonien des Bauges. Ce secteur correspond en effet à une coupe publiée dans la thèse de Gutierrez Coutiño (1975) qui mentionne des silex dans le niveau inférieur de l'Urgonien. Ces silex se distinguent des trois faciès valanginiens décrits précédemment.

III.C.2.d.- Conclusion

Dans les Bauges, les matières premières siliceuses qui nous intéressent apparaissent variées à travers la lecture des cartes géologiques, par leur appartenance à différents contextes géologiques. Les formations à silex s'étendent sur de larges superficies. Celles que nous avons reconnues jusqu'à présent par les vérifications de terrain sont données à la figure I.28. En inventoriant six gîtes ou secteurs d'affleurement nous n'avons qu'effleuré la question des ressources siliceuses des Bauges qui méritent de plus amples prospections. Toutefois, ces échantillonnages montrent des silex d'aptitude médiocre à la taille en raison de leur fracturation. En outre, ils sont difficiles à extraire de leur encaissant calcaire. Par ailleurs, les gîtes primaires valanginiens, en falaise, ne devaient pas être très accessibles aux périodes préhistoriques. Les poches oligocènes ainsi que les éboulis apparaissent comme des gîtes potentiels plus attractifs en terme d'accessibilité et offrent des possibilités de choix entre différents types de silex rencontrés conjointement. Cependant, les modules des silex issus de ces poches sont petits.

La fréquentation préhistorique du massif des Bauges est attestée à partir de la fin du Paléolithique supérieur (Pion, 2000). Un très petit nombre d'occupations sont reconnues pour ce secteur. Au-delà du fait de pouvoir comparer le corpus lithique archéologique et géologique local afin de traiter des questions d'approvisionnement, la connaissance des ressources en silex des Bauges permettra éventuellement d'identifier ce matériau dans les séries de massifs subalpins voisins comme la Chartreuse.

III.D.- Les massifs subalpins de Chartreuse et du Vercors

III.D.1.- Introduction

Il s'agit des deux massifs les mieux connus sur le plan des affleurements de silex puisqu'ils ont été l'objet de plusieurs travaux antérieurs (Bintz et Grünwald, 1990 ; Grünwald et Affolter, 1999). Un grand nombre d'échantillons présents dans la lithothèque concernent

ce secteur. Elle a été régulièrement alimentée par des prospections réalisées dans différents cadres qui sont :

- Le programme de caractérisation géochimique des sources sénoniennes de Chartreuse et du Vercors.
- Le PCR pluriannuel « Mésolithique et néolithisation dans les Alpes du Nord » (volet Circulations et exploitations territoriales) et le programme de prospection thématique coordonnés par P. Bintz (Grenoble).

Géologiquement, les séquences sédimentaires des deux massifs sont relativement proches. Ainsi, ces massifs présentent des points communs du point de vue de leurs ressources en silex.

D'un point de vue gîtologique d'abord, des parallèles peuvent être établis. Pour les deux massifs, les silex valanginiens affleurent en falaise. L'accès à ce matériau est plus aisé dans les éboulis où il se rencontre fréquemment. Du point de vue de la répartition géographique des gîtes, une différence entre les deux massifs est relevée. En effet, alors que les affleurements valanginiens du Vercors sont localisés sur la Bordure ouest du massif, ceux de Chartreuse ont un caractère plus dispersé qui permet de les retrouver le matériau dans de multiples secteurs.

Les contextes géologiques d'affleurement des silex sénoniens sont également identiques dans les massifs de Chartreuse et du Vercors. Ils sont rarement rencontrés en position primaire mais plutôt dans des formations tertiaires (poches éocènes, oligocènes et conglomérats de base miocènes). Dans les deux massifs, les sources sont abondantes mais ponctuelles, à quelques exceptions près pour les silex barrémo-bédouliens du Vercors où les affleurements s'étendent presque uniformément sur les plateaux de Vassieux-en-Vercors et d'Ambel.

Concernant les types de silex des deux massifs, un trait commun est la très grande variété de faciès macroscopiques rencontrés, quelle que soit la formation géologique considérée. Pour les silex sénoniens plus particulièrement, récoltés en position primaire ou dans les formations tertiaires, le terme de polymorphisme est employé pour qualifier cette variabilité. En considérant les aspects pétrographiques, ces silex offrent par contre des microfaciès assez monotones et présentent peu de microfossiles.

Au-delà de ces caractéristiques communes, chacun des massifs conserve des traits propres que nous allons décrire.

Compte-tenu du nombre de faciès individualisés et inventoriés dans la lithothèque, nous renvoyons le lecteur aux fiches de caractérisation annexées et aux photographies de microfaciès (annexe 5). Les faciès marqueurs d'un secteur géographique, seulement, seront décrits plus en détail.

III.D.2.- Le massif de la Chartreuse

III.D.2.a.- Caractères géomorphologiques du massif

Etendu du Nord au Sud sur 40 km et de 20 km d'Est à d'Ouest, le massif de la Chartreuse est le plus petit des massifs subalpins calcaires. Son plus haut sommet, Chamechaude, culmine à 2082 m. Il est délimité, du côté sud et est, par la vallée de l'Isère (200 m d'altitude). La Chartreuse est séparée, à l'est, de la chaîne de Belledonne (massif cristallin externe) par la combe du Grésivaudan (ou cluse de l'Isère) et, à l'ouest, du massif du Vercors par la trouée de Grenoble-Voreppe. Le nord du massif est bordé par la cluse de Chambéry qui marque une séparation avec les Bauges et débouche sur le bassin molassique du Lac du Bourget, limité à l'ouest par les chaînons méridionaux du Jura.

La Chartreuse est traversée du Nord au Sud par une large dépression jalonnée par trois cols. Du sud vers le nord, il s'agit des cols de Porte, du Cucheron et du Granier. Cette dépression résulte de la succession de vallons traversés par les affluents des deux cours d'eau principaux, le Guiers Mort et le Guiers Vif. Leurs vallées découpent le massif transversalement, d'est en ouest.

De part et d'autre de la dépression, les reliefs diffèrent. A l'est d'abord, s'isole une grande gouttière orientée nord-sud qui correspond, structurellement à un synclinal perché. A l'ouest ensuite, des crêtes rocheuses sont séparées par des tronçons de vallées étroites.

Le trait le plus typique du relief du massif de la Chartreuse est son fort cloisonnement en dépressions orientées nord-sud (longitudinales par rapport à l'allongement du massif).

Ainsi, les vallées apparaissent nettement plus encaissées que dans le Vercors. Cette réalité géomorphologique a certainement conditionné la circulation des groupes préhistoriques à l'intérieur du massif.

III.D.2.b.- Les données géologiques

Le massif de Chartreuse est couvert par quatre cartes géologiques : Voiron (1970) pour la bordure est, Grenoble (1978) pour l'extrémité sud, Domène (1969) pour un quart sud-ouest et enfin, Montmélian (1969) pour la plus grande partie du massif. D'après ces sources, le silex se rencontre en position primaire dans les calcaires marins du Valanginien (n2S) et du Sénonien (c7-6, Sénonien indifférencié ou c7-6C, « calcaire à silex »). La carte géologique de Montmélian (1969) indique la présence de silex, remaniés des formations sous-jacentes, dans la formation oligocène g2M (« marnes rouges et blanches souvent riches en silex sénonien »). En ce qui concerne l'Eocène, une allusion aux « niveaux de sables blancs ou rouges décalcifiés [...] en poches dans le sénonien » suggère qu'ils peuvent remanier des silex sénoniens (carte

géologique de Montmélian, 1969). Pour les formations miocènes, la présence de silex n'est pas indiquée, alors qu'elle a été vérifiée sur le terrain, comme nous l'indiquerons plus bas.

L'existence de silex dans d'autres formations géologiques a été évoqué pour le Barrémien par H. Arnaud (Professeur en géologie, Université Grenoble I) mais n'a pas encore été vérifiée.

Cette description des différents contextes d'affleurement reconnus par les géologues pour les silex sénoniens nous donne une meilleure idée de la complexité géologique de Chartreuse. La figure I.29 présente la distribution des formations potentielles (ce terme s'applique à l'extension des formations d'après les contours donnés par la carte géologique et non ceux que nous avons pu établir par des vérifications exhaustives sur le terrain) à silex de Chartreuse. Elle localise les gîtes et les sites mentionnés dans le texte.

III.D.2.c.- Les données de terrain

III.D.2.c.1.- Le silex valanginien

Caractères généraux

En position primaire, le silex valanginien affleure au sein de falaises, difficilement accessibles, en bancs ou en plaquettes au cortex mal défini. Le passage entre la matrice siliceuse et le calcaire encaissant est parfois progressif. Dans d'autres cas, le cortex est absent. Les nodules sont très fracturés en raison de l'activité tectonique et à cause du poids des sédiments qui s'empilent au-dessus de la formation.

Des cassons valanginiens sont fréquemment rencontrés dans les éboulis. Leur origine primaire est alors difficile à déterminer avec précision. Ce mode d'affleurement rend ce matériau beaucoup plus accessible et les gîtes qu'ils constituent sont régulièrement alimentés, dans la mesure où il s'agit d'éboulis actifs. Ainsi, des débris de silex valanginien se rencontrent sur le chemin des Varvats et au col de la Saulce, tous deux situés sur une des voies d'accès au vallon de l'Aulp-du-Seuil (fig. I.29).

La plupart des silex valanginiens de Chartreuse sont de couleur sombre, gris noir à gris clair bleuté. Des altérations superficielles peuvent leur conférer des teintes rosées (dues aux oxydes de fer). Leur grain est souvent moyen. Ces caractères en font un matériau de qualité médiocre mais qui est parfois représenté dans les séries archéologiques dans des proportions quasi équivalentes à celles du silex sénonien, qui offre pourtant une meilleure homogénéité et une finesse de grain supérieure. Bien que les aspects des silex valanginiens soient variables, et puissent conduire à certaines distinctions, ce sont les microfaciès sédimentaires qui permettent des discriminations univoques. Ainsi nous avons pu définir plusieurs types valanginiens et les relier à différents secteurs géographiques d'affleurement.

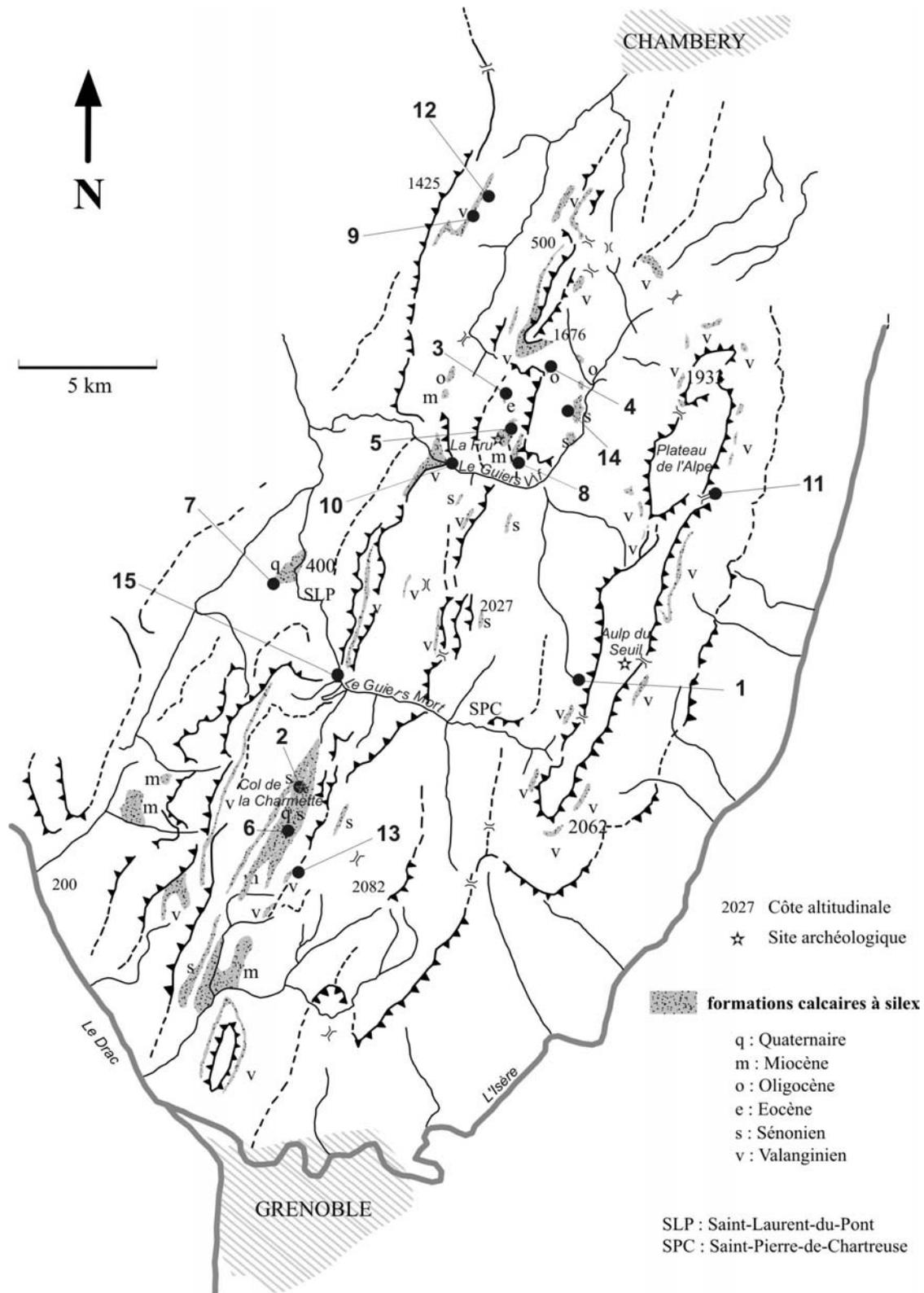


Figure I.29 - Carte des formations potentielles à silex et localisation des gîtes cités : 1- Col de Saulce ; 2- Col de la Charmette ; 3- Côte Barrier ; 4- Le Nantet ; 5- Gerbaix-le-Haut ; 6- Clairière de Girieu ; 7- Les Ravières ; 8- Route des Egaux ; 9- Saint-Thibaud-de-Couz ; 10- Val Frou ; 11- Col de l'Alpe (Sainte-Marie-du-Mont) ; 12- Pied du Corbeley ; 13- Le Croz ; 14- Les Curialets ; 15- Gorges du Guiers.

Description des faciès

Les faciès sont assez variés selon les secteurs et certains peuvent être rattachés à une aire géographique délimitée. Nous avons choisi des échantillons représentatifs des types reconnus pour le Valanginien de Chartreuse.

Nous citerons en premier lieu le silex à Bryozoaires de Saint-Thibaud-de-Couz (fig. I.29, photo 25). Il s'agit d'un silex gris clair bleuté très bioclastique, certains fragments de coquilles et de Bryozoaires se distinguant à l'œil nu, formé en milieu sub-récifal. Ses caractères macroscopiques particuliers (taches et points noirs sur un fond clair) et son microfaciès sédimentaire en font un matériau facile à identifier au sein d'une série archéologique. Sa présence sur le site de l'Aulp-du-Seuil (fig. I.29) peut, dès à présent, être indiquée. Ce type est rattaché au seul secteur de Saint-Thibaud-de-Couz, puisque qu'aucun faciès similaire n'a été repéré ailleurs pour l'instant.

L'échantillon de Val Frou (photo 26) présente un fond opalescent caractéristique où semblent agglutinés des fantômes d'organismes (spicules). Des péloïdes imprégnés d'oxydes s'observent dans la matrice siliceuse. Ces derniers peuvent être concentrés dans certaines zones.

A Sainte-Marie-du-Mont (au pied du col de l'Alpe, photo 27) (fig. I.29), le fond siliceux de couleur bleutée, claire et semi-translucide, regroupe des éléments répartis de façon homogène peu roulés et parfois géométriques. Les silex se présentent sous la forme de blocs décimétriques peu fracturés.

Le dernier type que nous présentons regroupe des échantillons provenant de 3 gîtes différents. Au sein de ces silex abonde un même type de Foraminifères bisériés, imprégnés d'oxydes orangés très caractéristique. Les types du pied du Corbeley (photo 28) et des gorges du Guiers (photo 29) (fig. I.29) montrent des faciès relativement proches, de texture wackestone à packstone avec un pourcentage important de péloïdes imprégnés d'oxydes foncés. De même macroscopiquement, ces nodules de quelques centimètres sont de couleur gris-noir, avec un cortex centimétrique, mal individualisé de l'encaissant. Le dernier faciès à présenter les Foraminifères typiques est celui du Croz (photo 30) (fig. I.29) qui se distingue des précédents à la binoculaire par la taille supérieure de ses éléments figurés (entre 300 et 600 μ en moyenne) et l'aspect oxydé, orangé de ses péloïdes très roulés.

III.D.2.c.2.- Silex sénonien

Le grand nombre d'affleurements et de types inventoriés pour le silex sénonien de Chartreuse (annexe 3) nous conduit à donner quelques exemples de gîtes représentatifs par leurs modes d'affleurement et les échantillons qu'ils ont livrés et intéressants par leur proximité avec des sites préhistoriques.

Les affleurements primaires

Pour le Sénonien demeurent seulement quelques lambeaux d'affleurements calcaires. Ils sont le plus souvent tectonisés, conférant aux lentilles de silex qu'ils renferment un caractère fortement diaclasé. Ainsi, à l'affleurement, des fragments de silex se détachent en petits feuilletés et peuvent être ramassés au sol.

Les sources échantillonnées se rapportant à ce contexte primaire sont les Curialets et le Col de la Charmette (fig. I.29), respectivement sur les communes du désert d'Entremont-le-Vieux et de Proveysieux. Ces gîtes sont situés à une altitude voisinant 1000 et 1150 m, en fond de vallée, le long des axes de circulation naturels du massif.

Les faciès macroscopiques et pétrographiques des silex observés en position primaire (aux Curialets photo 31 et photo 32 ; au col de la Charmette, photo 33) sont différents de ceux échantillonnés en contexte remanié. Les premiers appartiennent aux niveaux basaux de la stratigraphie du Sénonien qui n'ont pas ou peu été touchés par les phénomènes d'érosion.

Les calcaires de cet étage ont en effet subi des phénomènes érosifs au début du Tertiaire expliquant que peu de témoins de la formation demeurent de nos jours en place. Les érosions ont eu pour effet, comme nous l'avons déjà détaillé pour les Bauges, de libérer les nodules de silex de leur encaissant calcaire. Ceux-ci ont ensuite été déposés dans un nouveau sédiment. Ainsi la transgression marine miocène qui a touché la Chartreuse et le Vercors a donné lieu à la formation de conglomérats de base remaniant les silicifications sénoniennes. Ainsi, dans une même source secondaire peuvent être réunis des silex qui appartenaient à des niveaux différents au sein de la stratigraphie du Sénonien. Ce fait peut expliquer la grande variété de silex représentée dans une unique source. De plus le caractère ubiquiste de certains types se comprend par le remaniement de ces silex à l'échelle du massif.

Les sources sénoniennes secondaires :

« silex tertiaires »

Les silex sénoniens affleurent principalement sous forme remaniée dans les formations tertiaires (fig. I.29). On distingue :

- Les poches éocènes (eS, carte géologique de Grenoble, 1978 ou e - sables rouges, feuille de Montmélian, 1969). A titre d'exemples nous pouvons citer les sources du col de la Charmette et de Côte Barrier.

- Les poches oligocènes (g2M, marnes rouges et blanches). Le gîte du Nantet illustre ce contexte géologique d'affleurement.

- Les conglomérats de base miocènes (m1b). De nombreux nodules de silex se retrouvent dans un niveau de ce type à Gerbaix-le-Haut.

La matière première est abondante dans chacun de ces types d'affleurement.

Les dimensions des rognons varient mais n'excèdent pas ou rarement 20 cm. Dans ces gîtes secondaires, les nodules présentent le plus souvent des

cortex calcaires, bien que légèrement érodés, qui témoignent d'un faible transport. A Gerbaix et au Nantet (fig. I.29) on observe sur certains échantillons la formation de néo-cortex, avec traces de remaniement (patine noire et/ou verdâtre, avec chocs en coups d'ongle, ou imprégnations ferrugineuses). Les silex de certains gîtes secondaires peuvent être très fracturés comme c'est le cas à Gerbaix-le-Haut (conglomérat de base). Cependant, la plupart des silex tertiaires sont assez homogènes, présentant peu de diaclases.

Les variétés rencontrées dans ces formations ont un grain généralement fin et se différencient par des couleurs aux nuances variables (essentiellement dans les marrons et les gris), associées à une grande diversité de tramages (taches, litage, zonation ou marbrure, etc.).

Macroscopiquement, certains types sénoniens en position secondaire présentent des aspects qu'on ne retrouve qu'en Chartreuse. Une illustration est donnée par l'échantillon de la route des Egaux (photo 34), de couleur grise uniforme, avec des taches noires plus ou moins diffuses et arrondies. Ce type facilement identifiable à l'œil nu se retrouve aussi au col de la Charmette (photo 35).

Le polymorphisme macroscopique n'est pas totalement reflété à travers les faciès pétrographiques. En effet, on constate pour un certain nombre d'échantillons, provenant de sources différentes, une récurrence de caractères identiques. Le premier est le « flou » de la matrice siliceuse, qui donne l'impression de regrouper en quantité des éléments aux contours mal délimités, qui opacifient le fond. Le deuxième point est la rareté des micro-organismes. Des gîtes éloignés peuvent contenir des types de silex proches. C'est le cas des échantillons CtB F1 (photo 36), CCH I2 8 (photo 37) et Gerbaix1 (photo 38) d'une part ainsi que de Gerbaix 2 (photo 39) et CCH I2 4 (photo 40) d'autre part. Cette ubiquité des types de silex se manifeste également pour un type particulièrement reconnaissable macroscopiquement, même lorsqu'il est patiné : un silex gris à zonations étroites, plus claires. Ce type se retrouve dans les gîtes du col de la Charmette (CCHIII 1, photo 41) et de Côte Barrier (CtB A1, photo 42), en position secondaire (dans des poches respectivement miocène et éocène).

Le col de la Charmette est un exemple de source polygénique. Quatre contextes d'affleurement de silex sénonien y voisinent :

- En position primaire (cf. supra).
- En position secondaire : dans une poche éocène, au sein d'une molasse miocène et enfin dans la formation quaternaire Rc.

Les nodules en position secondaire, particulièrement abondants dans un secteur prospecté sur 1 km de long, sont très facile à récolter, sur le sol forestier ou conservés dans un sédiment meuble.

Plus d'une dizaine de types a été reconnue pour cette source. Les photographies numériques en présentent quelques-uns (photos 43, 44, 45, 46). De

plus un autre point de ramassage a été inventorié dans un rayon d'un kilomètre à partir du col. Il s'agit du gîte « le Fournel » qui a livré des rognons ovoïdes décimétriques de couleur caramel d'excellente qualité.

A Gerbaix (fig. I.29), une carrière a mis en évidence, au sein d'un conglomérat de base du Miocène, la présence de silex. Trois principaux types ont été identifiés à partir d'une douzaine d'échantillons. Macroscopiquement, ce sont des silex marron clair à beige, qui se distinguent par leur degré d'opacité. A la binoculaire, les dimensions et l'abondance des éléments font la différence, leur nature étant la même (éléments carbonatés) (photo 47).

D'une manière générale, à l'exception des spicules de spongiaires, les microfossiles sont occasionnels. Il s'agit alors essentiellement de Foraminifères (photo 48) et de fragments de Bryozoaires.

Les formations quaternaires

Les éboulis entrent dans la catégorie des gîtes rencontrés sur les terrains quaternaires. Ce sont principalement des silex valanginiens, affleurant en falaise, qui y sont retrouvés.

Des formations argileuses quaternaires renferment également du silex remanié (à la Clairière de Girieu et au col de la Charmette). Elles sont notée Rc (« Résidus d'altération du Sénonien ») sur la carte géologique de Grenoble (1978). La nature exacte de ces formations est discutée.

L'exemple des Raviers (Saint-Laurent-du-Pont) (fig. I.29) montre du silex valanginien et sénonien réunis au sein d'un cône de déjection (noté Jy1 sur la carte géologique de Voiron, 1970).

Enfin, les alluvions du Guiers fournissent différents types de silex, valanginiens et sénoniens.

III.D.2.d.- Conclusion sur les gîtes à silex de Chartreuse

Le silex semble être en Chartreuse une ressource abondante dispersée dans l'ensemble du massif. La qualité des silex est variable et, de manière générale, meilleure dans les gîtes secondaires qu'en position primaire, où ils sont plus fortement diaclasés. Le nombre de sources secondaires, remaniant des silex dans les terrains tertiaires et quaternaires apparaît particulièrement important pour ce massif. La figure I.30 offre une vision synthétique des niveaux qui livrent du silex dans le massif.

En considérant la répartition des gîtes, le silex valanginien est rencontré de manière éparse et ponctuelle dans l'ensemble du massif alors que des secteurs plus étendus fournissent du silex sénonien en abondance. Il s'agit du col de la Charmette-clairière de Girieu et de la zone Gerbaix-Côte Barrier. En relation avec ces zones de gîtes, la densité des sites augmente. Ainsi, l'exploitation de certaines sources au cours de la Préhistoire est attestée.

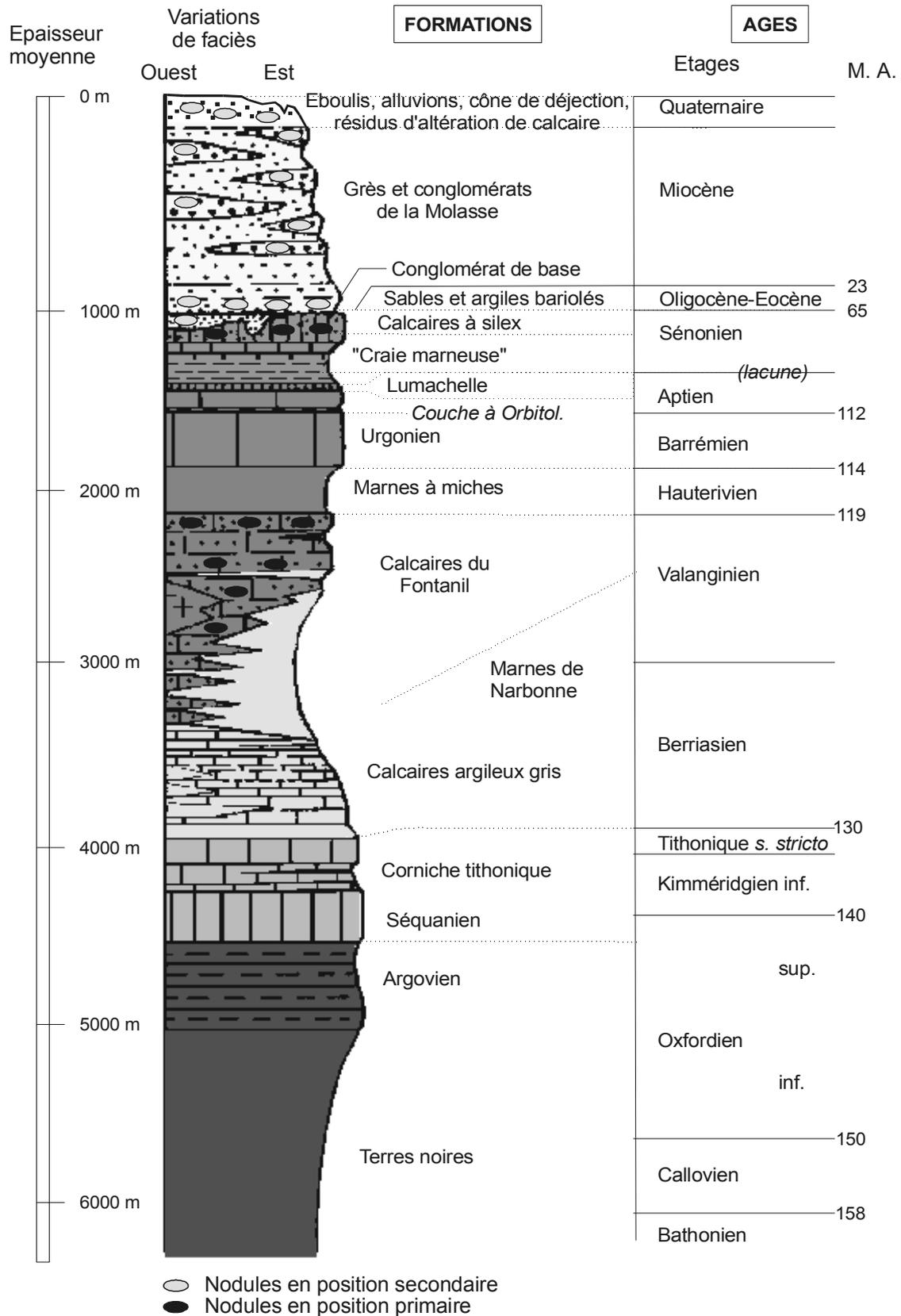


Figure I.30 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique de Chartreuse. D'après Gidon (2002).

Par exemple, sur la source du col de la Charmette, des pièces en silex rapportées au Magdalénien (Bintz, 2000a) et au Mésolithique témoignent de l'utilisation de matériaux locaux. Un sondage réalisé à la clairière de Girieu (Malenfant, 1976) a mis en évidence les traces d'une fréquentation rapportée au Néolithique.

Enfin, le gîte de Gerbaix-le-Haut est voisin de plusieurs sites archéologiques, dont Gerbaix Dessus (Azilien) et La Fru (Magdalénien, Azilien et Mésolithique) (Pion *et al.*, 1990).

III.D.3.- Le massif du Vercors

III.D.3.a.- Caractères géomorphologiques du Vercors

Le Vercors est constitué d'une dalle de calcaire urgonien d'une épaisseur variant entre 300 et 500 m. Il culmine à 2341 m, au Grand Veymont. Les vallées de l'Isère, du Drac et de la Drôme qui entourent le massif sont dominées par ses falaises calcaires abruptes. Elles peuvent cependant être franchies par différents pas ponctuant les pourtours du Vercors.

Les calcaires urgoniens ont été modérément affectés par le plissement alpin qui dessina toutefois trois principaux synclinaux. D'ouest en est, ils correspondent aux vals de Rencurel, d'Autrans-Méaudre et de Lans. Ils constituent trois axes de circulation à l'intérieur du massif. Cependant seul le val de Lans peut être rejoint depuis la cluse de l'Isère, en empruntant les gorges du Furon. L'accès aux deux autres vals est possible depuis l'intérieur du massif par le franchissement de différents cols.

Les plis sont beaucoup moins profondément érodés en Vercors qu'en Chartreuse conférant au premier massif un relief vallonné. Cette érosion modérée, qui s'ajoute à la forme aplatie de la voûte des anticlinaux, est à l'origine de la formation des plateaux si typiques du massif, qui s'étendent essentiellement dans sa partie méridionale.

Du point de vue stratigraphique la succession des couches du Vercors ne diffère presque pas de celle de la Chartreuse. Cependant, certaines séries sont affectées de variations de faciès et d'épaisseur du Nord vers le Sud. Il faut notamment signaler les faciès de transition de l'Urgonien au sud de Vassieux et sur le plateau d'Ambel qui diminuent d'épaisseur et s'enrichissent en débris bioclastiques. C'est au sein de ces formations que se développent les silex barrémo-bédouliens des plateaux de Vassieux et d'Ambel.

Enfin, la surface du Vercors est sèche, les ressources hydrologiques étant essentiellement souterraines.

Du point de vue des ressources en silex, le Nord et le Sud du Vercors ont souvent été distingués de façon très tranchée (Affolter et Grünwald, 1995) en établissant que la partie septentrionale offrait du silex sénonien en place ou remanié dans les niveaux tertiaires

tandis qu'au Sud, affleurerait le silex barrémien, en position primaire ou dans les poches de décalcification de l'argile (Riche, 1998), le silex valanginien étant accessible uniquement sur la bordure occidentale en zone marginale du massif.

La description des ressources en silex du Vercors va suivre ce découpage géographique, mais nous verrons qu'il s'agit d'une vision un peu schématique puisque des formations sénoniennes affleurent également dans le sud du Vercors.

Des prospections menées en 1997 ont permis de compléter la lithothèque en silex sénonien. La gîtologie a été à cette occasion appréhendée de manière plus globale. Plusieurs gîtes aux modes d'affleurement variés ont été échantillonnés. Le silex est abondant dans tout le nord du Vercors mais les affleurements sont relativement ponctuels. Le silex se rencontre à la fois en position primaire et secondaire, parfois sur le même gîte (La Conversaria). Cependant il est de meilleure qualité (moins fracturé et de plus grande dimension) dans les conglomérats.

III.D.3.b.- Le silex du Nord du Vercors

III.D.3.b.1.- Les données géologiques

Les cartes géologiques de Grenoble (1978) et Vif (1967) couvrent la partie nord du massif. La présence de silex pour les niveaux crétacé supérieur y est indiquée. Contrairement à ce qui est observé en Chartreuse, divers faciès ont été reconnus pour le calcaire sénonien du Vercors (noté C6-7 lorsqu'il est indifférencié). Les dénominations pour ces formations à silex varient d'une carte géologique à l'autre en fonction non seulement de l'édition mais également de l'identification d'ensembles lithostratigraphiques différenciés pour certains secteurs. Du silex est mentionné dans les calcaires blancs à Bryozoaires d'âge turonien supérieur à coniacien : « niveau grésoconglomératique, épais parfois de plusieurs mètres, souvent riche en petits fragments de silex » (C3, feuille de Grenoble, 1978). Cette formation affleure très ponctuellement dans le nord du Vercors, et n'a jusqu'à présent pas fait l'objet de prospections. Sur la carte de Grenoble (1978), ont été distingués :

- C6G, qui « renferme fréquemment à sa base un niveau de petits silex stratoïdes noirs.
- C6-7C « Calcaires à silex (Campanien terminal-Maestrichtien) ».

Ce dernier niveau est lui-même subdivisé. Les faciès livrant du silex sont alors d'une part des calcaires lités gris-beige à Bryozoaires et d'autre part des calcaires blancs assez massifs à pâte très fine.

Sur la feuille de Vif (1967), une subdivision presque équivalente est retrouvée. Les calcaires sénoniens à silex (C6-7) sont désignés par C6 et C7. Les faciès varient sur l'étendue de la carte géologique. Le niveau C6 est un calcaire lité (« lauzes ») daté du Campanien. Il est surmonté par des calcaires blancs ou jaunâtres massifs à grain fin.

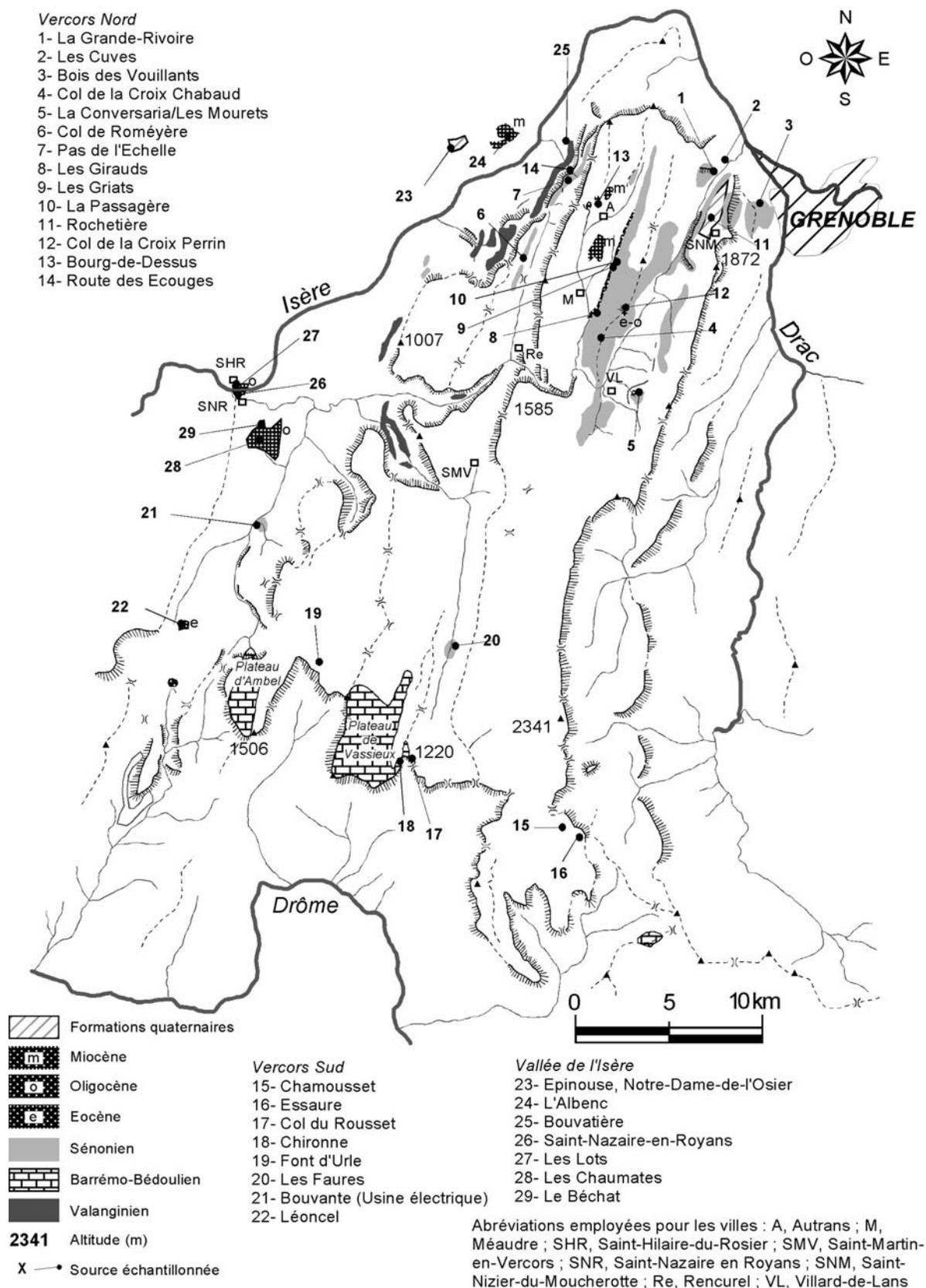


Figure I.31 - Localisation des formations à silex potentielles et des gîtes échantillonnés dans le Vercors et la vallée de l'Isère.

Des silex sont mentionnés, en tant que matériaux remaniés du Crétacé supérieur, dans le Miocène (m ou m2P, selon les cartes). En effet, la transgression miocène a entraîné l'érosion de certains niveaux sénoniens et a donné lieu à la formation de conglomérats de base miocènes. Dans ces niveaux se retrouvent des silex aux faciès variés, plus exploitables que ceux rencontrés dans l'encaissant qui ont souvent subi des contraintes tectoniques importantes.

Ainsi, les mentions de silex dans les cartes géologiques du secteur reflètent seulement partiellement ce qui a été observé sur le terrain. En effet, à cette liste des formations à silex nous pouvons ajouter les poches éocènes-oligocènes et les formations quaternaires morainiques ou d'origine karstique qui peuvent aussi renfermer des silex remaniés (fig. I.31).

III.D.3.b.2.- Les données de terrain et les faciès marqueurs

Nous nous attacherons dans les lignes qui suivent à décrire quelques gîtes propres à illustrer les différents contextes d'affleurement et les types de silex qui y sont associés.

Les silex sénoniens se présentent, comme nous l'avons évoqué pour les aspects géologiques, sous des modes d'affleurements variés. Il n'existe pas de caractéristiques générales pouvant s'appliquer aux silicifications sénoniennes du secteur. En effet, macroscopiquement, il s'agit d'un silex polymorphe, du point de vue de sa couleur, de son grain et de son tramage. La morphologie et les dimensions des nodules sont elles aussi variables. Ils peuvent se rencontrer sous la forme de plaquettes, rognons et nodules irréguliers. La longueur moyenne des nodules avoisine 10-12 cm. Elle excède très rarement 30 cm.

Sur le plan du contexte géologique des sources, on assiste encore à une certaine variété. Sur le même gîte, il est en effet possible de trouver, comme en Chartreuse, des silex affleurant en position primaire et secondaire. C'est le cas notamment du gîte de La Conversaria (Villard-de-Lans) (fig. I.31). Le banc de calcaire sénonien (C6-7) est surmonté par le conglomérat de base miocène (m). Au sein de chacune de ces formations se rencontre du silex. Pour la première, il se présente sous la forme de petits nodules centimétriques de couleur rose, mal silicifiés et souvent fortement diaclasés. Dans le conglomérat, ce sont des types variés qui sont observés (photos 49, 50 et 51). Le premier et le dernier de ces types sont identifiables tant macroscopiquement que pétrographiquement. Il s'agit de silicifications qui tranchent avec l'ensemble des silex sénoniens du Vercors par leurs couleurs respectivement rouge bordeaux vif et rose-violet. Par ailleurs ils ne présentent pas les caractères pétrographiques habituels d'autres silex observés dans le gîte. Ils montrent en effet des encroûtements, peu caractéristiques des silex sénoniens du massif. Aucun élément ne permet de les attribuer au Sénonien puisqu'ils sont azoïques, et ils rappellent plutôt des silicifications du début du Tertiaire

(voir paragraphe sur la vallée de l'Isère et le Royans). Voisinant ces variétés, on trouve des faciès clairement marins rapportables au Sénonien par la présence d'Orbitoïdes, microfossiles typiques de cette période. Ces micro-organismes ont des dimensions millimétriques et sont donc repérables à l'œil nu. Ils se rencontrent en abondance sur un type de silex à la Conversaria (photo 52, photo 53). Ils ne constituent toutefois pas un élément marqueur de ce gîte puisque ces microfossiles ont été observés sur des silex affleurant dans le Val d'Autrans-Méaudre, aux Girauds, en position primaire, au niveau de la zone corticale (photo 54), et aux Griats, sur des silex en position secondaire. Une dernière remarque concernant le gîte de la Conversaria est qu'il a fait l'objet d'exploitation durant le Paléolithique moyen puisque le site des Mourets (Bernard-Guelle et Bressy, 2001) est installé sur la source de silex et que les pièces sont taillées dans les matériaux du gîte.

Après la description de ce gîte « exemplaire », nous allons décrire en fonction des modes d'affleurements, les types caractéristiques des différents vallons du Vercors.

Silex en position primaire

Le gîte de la Grande-Rivoire (fig. I.31) est localisé sur la voie naturelle d'accès au val de Lans, les Gorges du Furon. On y trouve du silex en place dans une falaise de calcaire sénonien C6-7C ainsi que dans des éboulis. Deux types principaux ont été observés (photo 55). Le premier est marron translucide à grain fin (nous lui avons attribué l'appellation « type 1 » (photo 56), qui sera reprise dans la suite du texte). Ce silex affleure en place. Il est très délicat de tenter de l'extraire de la paroi calcaire avec laquelle il est très solidaire et seuls quelques débris parviennent alors à être recueillis. Le second type (type 2, photo 57) est rose opaque à grain moyen et se rencontre à la Grande-Rivoire uniquement dans les éboulis. La présence d'autres faciès est anecdotique. Le matériau est abondant et de bonne qualité dans les éboulis car il est moins fracturé que dans l'encaissant. Les matériaux de ce gîte ont été exploités puisqu'on les retrouve dans les couches archéologiques de l'abri de la Grande-Rivoire qui présente une stratigraphie continue entre le Mésolithique ancien et le Néolithique récent. Il faut préciser que le « silex rose » rencontré à la Grande-Rivoire affleure également dans les calcaires C6-7C voisins, en position primaire et sub-primaire, au lieu-dit « Les Cuves », à Sassenage ainsi que dans le bois des Vouillants (Fontaine) (fig. I.31).

Au col de la Croix Perrin (fig. I.31) qui permet de faire communiquer le val d'Autrans et le Val de Lans du silex est rencontré en position primaire, dans une falaise de calcaire sénonien (C7). Il présente un grain moyen à grossier et une couleur grise. Les rognons, irréguliers au cortex épais, peuvent être assez facilement extraits de l'encaissant en raison du

caractère fracturé du calcaire. Le microfaciès sédimentaire de ce silex (photo 58) est proche de celui de Bourg-de-Dessus 24 (photo 59).

Un exemple d'affleurement primaire dans le val d'Autrans-Méaudre est celui de la grotte de la Passagère (fig. I.31), qui abrita des occupations moustériennes et du Paléolithique final (Monin, 1997). Ce gîte livre des rognons de 6-8 cm de long, assez diaclasés, qui peuvent être observés tant dans la paroi de la grotte (Sénonien, C7, carte géologique de Vif, 1967) que sur le sol. Son microfaciès sédimentaire (photo 60), packstone, riche en bioclastes, est caractéristique et n'a pas été observé ailleurs que dans la grotte.

Le dernier faciès que je présenterai pour les silex sénoniens trouvés en place est celui du col de Roméyère, qui se rencontre aussi au Pas de l'Echelle (fig. I.31), présent en position primaire ou sub-primaire (épierrements). Ces silex affleurent sous la forme de plaquettes ou de rognons irréguliers (de longueur égale ou inférieure à 10 cm). Ils sont relativement peu fracturés et possèdent un cortex bioclastique. Ce type très particulier (photos 61 et 62), est rendu identifiable aussi bien macroscopiquement par sa couleur orangée, discrètement marbrée, et son caractère semi-translucide, que pétrographiquement puisqu'il présente pour tout élément figuré, des bioclastes, essentiellement des Bryozoaires et des tubes d'Annélides. Toutefois, la patine blanche qui peut toucher ce type empêche son identification à l'œil nu mais ne masque pas les fossiles lorsqu'ils sont observés à la loupe binoculaire.

Les silex sénoniens rencontrés en place ou en position sub-primaire dans le val d'Autrans-Méaudre et dans le synclinal de Rencurel ont un faciès circalittoral. Ils sont chargés en bioclastes et leurs éléments sont roulés. Ces types appartenant aux différents vallons qui compartimentent le Nord du Vercors peuvent donc être discriminés.

Les silex en position secondaire

Formations tertiaires

Nous avons échantillonné de nombreux gîtes qui remanient du silex sénonien. Ainsi, les silex affleurent en position secondaire au sein de poches éocènes-oligocènes en premier lieu. Ces poches ne sont pas le contexte géologique le plus courant pour les silex sénoniens en position secondaire mais nous connaissons un exemple au col de la Croix Perrin même, à quelques dizaines de mètres au sud du gîte primaire. Dans un sous-bois peuvent être récoltés de nombreux nodules de silex de types variés, distincts de ceux retrouvés in situ. C'est plus généralement les conglomérats tertiaires (m1), renfermant du silex, qui se rencontrent de manière étendue dans le Val d'Autrans-Méaudre et plus ponctuellement dans le Val de Lans (fig. I.31). Nous citerons d'abord en exemple le gîte des Griats qui renferme un type au faciès pétrographique (photo 63) similaire aux silex trouvés en position primaire aux Girauds (cf. supra). Aux Girauds affleurent également

des types variés, tant macroscopiquement que pétrographiquement (photos 64, 65, 66). Dans ces deux gîtes, le silex est ramassé sous la forme de galets au cortex alluvial, ou néocortex, présentant des chocs en coups d'ongle et une patine noire, parfois verdâtre. Malgré des aspects macroscopiques extrêmement variables, les faciès pétrographiques présentent souvent des points communs. Un type en particulier se rencontre fréquemment : il s'agit de silex riches en spicules punctiformes, avec des éléments de 100 µ en moyenne, légèrement usés et roulés qui sont plutôt abondants dans la matrice, à hauteur de 20 %. Un échantillon des Girauds (photo 64) et un autre du gîte de Rochetière (cf. infra, photo 67) illustrent par exemple ce type.

Formations quaternaires

Afin de poursuivre la description de gîtes aux modes d'affleurement différents, nous pouvons évoquer le cas de Rochetière (Saint-Nizier-du-Moucherotte) (fig. I.31). Les silex sont remaniés dans une formation quaternaire glaciaire morainique (Gyl - alluvions wurmiennes glaciaires-argiles, sables, galets et blocs - carte géologique de Grenoble, 1978). De nombreuses variétés sont présentes sur ce gîte (photos 67, 68). Les blocs peuvent dépasser 10 cm et leur fracturation est variable, parfois absente. Leur cortex est fréquemment érodé mais ne présente pas toujours les marques d'un transport important.

Le gîte de Bourg-de-Dessus (fig. I.31) est également le résultat de remaniements quaternaires. Il s'agit d'un cône d'éboulis situé à proximité de formations sénoniennes en place C6-7C et C6B (carte géologique de Grenoble, 1978). Une variété typique de ce gîte polygénique est un silex gris grenu qui est présent sous forme de blocs aux dimensions dépassant fréquemment 10 cm de long (photos 69, 70). L'exploitation de ce silex est attestée puisque des ramassages de surface et un sondage réalisé en 1990 (Chabert, 1994) ont mis en évidence la présence d'un atelier de taille du silex local de faciès pressignoïde (Pelegrin, 1994), au Bourg-de-Dessus. D'autres variétés sont aussi rencontrées à cet endroit (photo 59, photo 71).

III.D.3.b.3.- Bilan sur les caractéristiques des silex du Nord-Vercors

Le silex du nord du Vercors est sénonien et son polymorphisme, déjà relevé en Chartreuse, se vérifie également pour ce massif. Les contextes géologiques d'affleurement sont assez variés, ce qui constitue un deuxième point commun avec la Chartreuse. L'abondance des gîtes et leur dispersion dans le secteur caractérise le nord du Vercors. De plus, le fait que les silex soient abondamment présents au sein de sources secondaires rend l'extraction des nodules plus facile.

Plusieurs ambiances, parmi les faciès sédimentaires, sont reconnues d'Est en Ouest pour ces silex. De plus les types rencontrés en position secondaire dans les conglomérats ou autres ne se retrouvent pas en position primaire. Ce fait témoigne de

l'importance des phénomènes érosifs du Tertiaire et présente une importance dans le cadre des caractérisations de faciès d'après lesquels il est possible d'identifier la nature primaire ou secondaire de la source.

La présence fréquente de silex au niveau des cols naturels (au col de la Croix Perrin, au col de Romèyère ainsi qu'au col de la Croix Chabaud) est intéressante à relever car elle permet d'associer un type de silex à un jalon géographique. Ainsi, l'identification de l'origine d'un faciès dans une série archéologique peut déboucher sur une reconstitution précise des voies de passages empruntées à travers le massif.

Enfin, sur plusieurs sources du Vercors, des témoins d'activité de débitage ont été retrouvés. A titre d'exemple peuvent être énumérés les gîtes de la Grande-Rivoire, de La Conversaria-Les Mourets, du Bourg-de-Dessus et de la Passagère (fig. I.31).

III.D.3.c.- Le silex du Sud du Vercors

III.D.3.c.1.- Travaux antérieurs

Le calcaire barrémo-bédoulien, de faciès urgonien affleure largement dans le Sud du Vercors. La carte géologique de Charpey (1968) désigne les calcaires à silex barrémo-bédouliens par n5S. Toutefois, un découpage lithostratigraphique actualisé, effectué par H. Arnaud (1981) montre que seuls certains membres de cette formation renferment du silex. Les ressources en silex barrémo-bédouliens sont décrites de manière très détaillées dans la thèse de C. Riche (1998). Dans les gîtes du Sud-Vercors, les silex sont souvent rencontrés en position primaire, au sein de barres rocheuses ainsi que dans leurs éboulis, ou dans des argiles de décalcification, comme Vassieux-en-Vercors l'illustre. De manière à donner une vision synthétique de la répartition des sources, nous pouvons dire qu'il existe deux principaux secteurs d'affleurement de silex barrémien, le plateau de Vassieux-en-Vercors et le plateau d'Ambel (fig. I.31). Une partie des échantillons dont nous disposons à Grenoble sont décrits sous forme de fiches en annexe. Ils sont représentatifs des types rencontrés dans cette partie du massif. Les sources de Chironne (fig. I.31) (photos 72, 73), du Col du Rousset (photos 74, 75, 76) et enfin de Font d'Urles (photo 77) bordent le plateau de Vassieux. Ces gîtes offrent quelques variétés qui se distinguent nettement des silex de ce dernier tant macroscopiquement que par leur microfaciès (Col de Chironne : photos 78, 79 ; Col du Rousset : photos 80, 81, 82). D'autres, toutefois présentent des points communs avec les faciès de Vassieux (fig. I.31) mais en sont différenciables. De même, sur le plateau d'Ambel voisinent un grand nombre de types barrémo-bédouliens différents y compris à l'intérieur même d'un gîte (photos 83 à 94). Ces silicifications sont rencontrées en position primaire ou dans des argiles de décalcification. Il s'agit d'un contexte d'affleurement identique à celui de Vassieux-en-Vercors.

Certains types du Sud Vercors sont particulièrement reconnaissables au sein des séries archéologiques. C'est notamment le cas du silex de Vassieux à Orbitolines qui, patiné ou pas, laisse apparaître ces microfossiles caractéristiques des milieux de plate-forme du Barrémien. Les divers groupes de silex du plateau de Vassieux, dont la mise en évidence des caractères discriminants respectifs a été réalisée par C. Riche (1998), sont à présent bien identifiables (photo 95 : groupe 4 ; photo 96 : groupe 1 ; photo 97 : groupe 3 ; photos 98 et 99 : groupe 4, photos 100 et 101 : groupe 2).

III.D.3.c.2.- Autres types

Nous souhaitons évoquer à présent quelques types dont il n'a pas été question dans les travaux de C. Riche (1998) et qui peuvent être rencontrés et aisément reconnus dans les séries archéologiques. Il s'agit en premier lieu d'un silex qui affleure parfois dans les lentilles de calcaire oolithique de l'Urgonien (n4Ud, carte géologique de La Chapelle-en-Vercors, 1969) ou Bi1 et Bi2 d'après le découpage d'Arnaud (1981). Macroscopiquement, ces silex montrent des éléments arrondis millimétriques juxtaposés. Ils ont un grain fin. En patine, ce type est également identifiable à l'œil nu. Pétrographiquement, leurs faciès sont variables du point de vue des éléments qui les composent mais demeurent caractérisés par la présence de pellets, parfois d'ooïdes, et par une abondance en éléments bioclastiques roulés, aux diamètres de plusieurs centaines de microns à millimétriques (photos 102 et 103).

La quantité en gîtes barrémo-bédouliens a longtemps occulté la présence, néanmoins discrète, de silex sénoniens dans le Sud du Vercors. Cette variété est représentée dans la lithothèque de Grenoble par les échantillons des gîtes des Faures à Saint-Agnan-en-Vercors (fig. I.31) (photos 104 et 105) et de Bouvante (photo 106). Ils se distinguent pétrographiquement des silex contemporains du Nord du Vercors par un feutrage de spicules de Spongiaires, pour l'échantillon de Bouvante et par la présence d'éléments carbonatés dendritiques dans une matrice marron translucide pour les silex des Faures. De plus, on retrouve des silex de type sénonien dans une poche sidérolithique (e7) au sud de Léoncel. Ainsi la polarité entre le silex sénonien au Nord du Vercors et le silex barrémo-bédoulien au Sud doit être nuancée. Ce fait vient compliquer les attributions de provenance de silex sénoniens trouvés dans les sites du Sud du Vercors, souvent rapportés de manière systématique au Nord du Vercors.

III.D.3.d.- Bilan sur le Vercors

Le nord et le sud du Vercors se distinguent par les types de silex qu'ils livrent ainsi que par leur mode d'affleurement. Le nord du Vercors est ainsi associé à des sources ponctuelles et dispersées dans les trois vallons qui découpent le massif livrant du silex sénonien et tertiaire. Au Sud du massif, ce sont

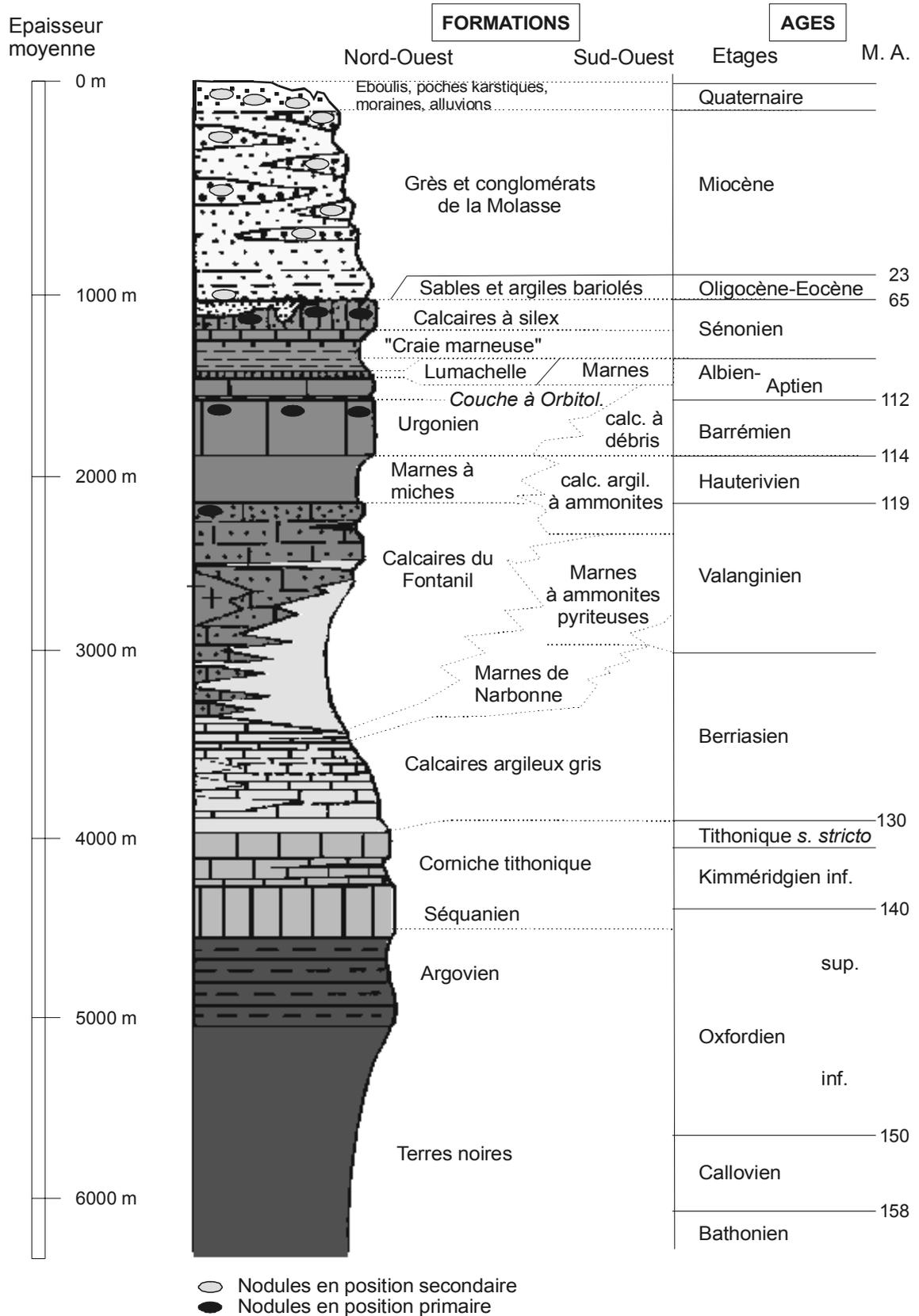


Figure I.32 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique du Vercors. D'après Gidon (2002).

principalement deux aires d'affleurement d'une dizaine de km² chacune qui fournissent du silex barrémo-bédoulien en position primaire et secondaire dans les argiles de décalcification. Une certaine polarité dans la répartition des matières premières se dessine donc au sein du massif. La répartition stratigraphique des niveaux à silex est synthétisée pour le Vercors à la figure I.32.

III.D.4.- Les bordures du Vercors : la Vallée de l'Isère et le Royans

Dans ce paragraphe, nous traiterons des variétés de silex rencontrées sur les contreforts du Vercors, incluant notamment le Royans, dans un secteur qui correspond à la vallée de l'Isère.

III.D.4.a.- Les données géologiques

Les matériaux siliceux disponibles dans cette région sont issus de différentes formations géologiques. Des niveaux valanginiens à silex (« lits de silex bruns plus ou moins sombres », carte géologique de Vif, 1967 et carte géologique de Grenoble, 1978, m2S), affleurent sur les contre-forts du Vercors, géographiquement à l'extérieur du massif. Surmontés par l'Hauterivien marneux et la plate-forme urgonienne, ils n'affleurent pas à l'intérieur du Vercors.

Dans la vallée de l'Isère affleurent des calcaires lacustres tertiaires (Oligocène, g2 et g3a, carte géologique de Romans-sur-Isère) qui ont été le siège de silicifications. Ces silex, en position primaire dans le Tertiaire, constituent la particularité de ce secteur puisque aucune silicification de ce type ne se rencontre à l'intérieur des massifs subalpins.

Les informations fournies par les documents géologiques sur les formations à silex demeurent succinctes par comparaison avec les observations de terrain et la variété des contextes d'affleurement que nous avons observés.

III.D.4.b.- Les gîtes prospectés et les types livrés

III.D.4.b.1.- Silex valanginien

Un premier point d'échantillonnage est localisé à proximité du site du Pas de l'Echelle (fig. I.31), à 600 m d'altitude. Il s'agit d'un affleurement en position primaire, de la Route des Ecouges où le silex se présente en plaquettes de quelques centimètres d'épaisseur. Il est assez facile de retirer des fragments de quelques centimètres de côté en raison de la nature fracturée du calcaire encaissant. Le silex est de couleur noir et de grain moyen montrant un léger litage millimétrique. Ses caractères pétrographiques le différencient nettement des silex de Chartreuse appartenant à la même formation (photo 107).

Plus proche de la vallée de l'Isère entre 300 et 350 m d'altitude, un second lieu de prélèvement, représenté par le gîte de Bouvatière à la Rivière (fig. I.31). Il a

livré deux variétés de silex noir (photos 108 et 109), en position primaire et sub-primaire, éboulées du calcaire qui forment une corniche quelques dizaines de mètres plus haut. Il s'agit de très grosses dalles et plaquettes (parfois plus de 50 cm de long) qui sont assez fracturées (photo 110). Le faciès Bouvatière 2 se rapproche assez, pétrographiquement, du type échantillonné sur la route des Ecouges.

III.D.4.b.2.- Silex tertiaire

De part et d'autre de l'Isère, dans le secteur de Saint-Nazaire-en-Royans et de Saint-Hilaire-du-Rosier (fig. I.31), affleure en position primaire, sous forme de bancs atteignant parfois quelques dizaines de centimètre de long, un silex lacustre gris semi-translucide (photos 111 et 112). Des passées rouge-orangé peuvent apparaître sur cette variété de manière plus ou moins étendue (jusqu'à plusieurs centimètres cube). Pétrographiquement, il comporte peu d'éléments définissables, ce qui constitue en soi un trait caractéristique. Plusieurs autres types dont le détail est donné en annexe se trouvent également dans ce secteur, au sein des sables oligocènes (g2, carte géologique de Romans-sur-Isère, 1975). Les prospections effectuées dans cette zone ont été motivées par la présence du site néolithique des Lots (Bressy, 1999), sur la rive gauche de l'Isère.

III.D.4.b.3.- Autres contextes d'affleurement

Un type de silex qui se retrouve à Saint-Nazaire-en-Royans et aux Chaumates dans des terrains oligocènes est particulièrement caractéristique non tant par son aspect mais plutôt par ses caractères pétrographiques (photos 113 et 114). Il offre en effet une matrice marron translucide dans laquelle se retrouvent des éléments calcaires dendritiques ou en forme de sphérules ainsi que des agrégats. Ce type paraît azoïque.

Quelques autres gîtes témoignent de la variété de matières premières existant dans le Royans, dans les terrains oligocènes (g2), comme les deux points d'échantillonnage du Béchat (fig. I.31) (photos 115, 116, 117 et 118). Là encore, le silex est facile à récolter puisqu'il est libre de tout encaissant ou enrobé dans un sédiment meuble.

Du silex peut également être rencontré en position secondaire dans le Tertiaire, dans des niveaux postérieurs à l'Oligocène. Ce cas de figure est illustré par le gîte échantillonné à l'Albenc, où les nodules sont retrouvés dans une formation miocène (m2S, carte géologique de Grenoble, 1978) en contact avec l'Oligocène non loin de là.

Nous avons repéré à l'Albenc (fig. I.31) un gîte qui résulte des épierrements de champs cultivés offrant plusieurs variétés de silex (photos 119, 120 et 121) sous la forme de nodules d'une dizaine de centimètres de long. Sur les différents types examinés, un seul présente des caractères lacustres nets. Ils se manifestent par la

présence de Gastéropodes centimétriques dont les loges, lorsqu'elles apparaissent transversalement, sont bordées de cristaux de quartz inframillimétriques (photo 122). Ce mode particulier de conservation des fossiles dans le silex a déjà été observé sur un échantillon du Sud de la Drôme (à proximité d'Aleyrac).

Enfin, des silex peuvent être recherchés dans les terrains fluvio-glaciaires qui ont remanié les formations proches ou sous-jacentes : c'est le cas à l'Épinouse (Notre Dame de l'Osier).

A proximité de Notre-Dame-de-l'Osier (fig. I.31), dans les formations alluvionnaires récentes, en position secondaire donc, nous avons échantillonné trois types de silex dont deux nouveaux (photos 123 et 124), le dernier ayant déjà été observé à l'Albenc. Les silex sont peu fracturés, et ils présentent une surface externe caractéristique d'un transport fluvial (aspect roulé, traces en coup d'ongle). L'origine géologique initiale de ces variétés n'est pas déterminable mais par analogie avec les silicifications régionales, elles rappellent les silex du Crétacé supérieur.

III.D.4.b.4.- Conclusion

Le nombre de gîtes représentés dans la lithothèque pour cette région est encore faible puisqu'il se limite à une dizaine. Nous connaissons donc encore peu la variété réelle des modes d'affleurement. Le matériel semble toutefois abondant dans le secteur, facilement accessible et les nodules sont d'extraction aisée. Le silex est peu fracturé à l'exception des silex valanginiens.

La connaissance des types de silex présents sur les contreforts du Vercors et les plaines environnantes, très différents de ceux connus pour l'intérieur du massif, est intéressante dans la mesure où elle permettra, lors de l'étude d'un site de moyenne montagne, l'identification de silex allochtone. Ces observations éventuelles nous éclaireront sur de possibles contacts entre plaines et massifs.

III.E.- Les massifs subalpins du Sud et leurs marges

Il n'est pas possible, lorsqu'on s'intéresse aux questions de circulation des matières premières de poser une limite nette à sa zone d'étude. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés aux types de silex affleurant dans les massifs du Diois et du Dévoluy, appartenant aux Préalpes du Sud et souhaitons les présenter.

III.E.1.- Le Diois

Le Nord du Diois jouxte le Vercors et sa partie méridionale, les Baronnies. Du point de vue stratigraphique, il appartient au domaine vocontien. Le relief de ce massif est dans l'ensemble très ouvert, avec des chaînons calcaires relativement étroits séparant de larges cuvettes allongées. La barre urgonienne qui dans

les massifs septentrionaux marquait le relief a disparu. Dans le Diois, seule la corniche tithonique joue un rôle orographique. De nombreuses vallées, où coulent les affluents secondaires de la Drôme, découpent le relief en formant parfois des gorges (secteur des Gâts).

III.E.1.a.- Données géologiques

D'un point de vue géologique, le Diois appartient au domaine vocontien. Ce fait induit l'existence de faciès différents de ceux rencontrés dans le Vercors et les autres massifs subalpins du Nord. Plusieurs feuilles géologiques concernent ce massif : la carte de Charpey (1968) pour la partie nord qui borde le Vercors, une partie de la carte de Mens (1974) et enfin celle de Luc-en-Diois (1970), pour le secteur Sud-Est. Nous avons choisi d'inclure dans ce paragraphe les silicifications qui accidentent les calcaires des contreforts du Vercors car elles appartiennent déjà à l'extérieur du massif et leurs caractères nous ont semblé proches de celles du Diois.

A la lecture de ces cartes, la variété des silicifications apparaît plus importante pour le Diois qu'elle ne l'était dans les massifs subalpins septentrionaux. En effet, les premières mentions de silex sont données pour les niveaux du Tithonique (j9-8b). Au Crétacé inférieur, des silex sont présents dans le Valanginien (n2b, Mens, 1974) puis à la base de l'Hauterivien (n3, Luc-en-Diois, 1970 ; n3b, Mens, 1974). Ces niveaux à calcaires roux se raccordent avec les calcaires du Fontanil de la région grenobloise. En poursuivant ce découpage chrono-stratigraphique, le Barrémien (n4) renferme des silex « en quantité modérée » (Luc-en-Diois, 1970) tandis que le Bédoulien (n5) est qualifié de « très riche en silex » (Luc-en-Diois, 1970). Ce découpage effectué pour la feuille de Luc-en-Diois (1970) peut être, dans certains secteurs, subdivisé en différents ensembles, comme sur le domaine de la carte de Mens (1967). Ainsi on distingue à l'intérieur du Barrémien, quelques niveaux contenant du silex, au Nord du Bez et à l'Ouest de la zone faillée du Jocou : n4a3, n4b, puis pour le Bédoulien, n5a. Ce découpage nous permet d'emblée de penser que la variabilité de faciès des silex barrémobédouliens sera importante pour le Diois. Enfin, à la limite de l'Albien-Cénomaniens s'intercale, aux environs de Glandage, un niveau de « calcaires à gros silex noirs cérébroïdes » (n7c, Mens, 1967).

Pour le Crétacé supérieur, les formations du Turonien (C3) sont indiquées comme renfermant des silex noirs sur la carte de Luc-en-Diois (1970) alors qu'ils ne sont pas signalés comme tels sur celle de Mens (1967).

Une mention particulière doit être faite pour la formation des Gâts (C3c-4G). Il s'agit d'un ensemble détritique qui comporte deux niveaux conglomératiques séparés par un ensemble de calcaires gréseux. La série conglomératique renferme des éléments de calcaire barrémobédoulien et urgonien et est susceptible de

remanier des nodules de silex. Cette formation affleure dans le synclinal de Creyers.

Sur le domaine de la carte géologique de Luc-en-Diois (1970), les formations à silex sénonien se rapportent aux séries campano-maestrichtiennes C7-6. La carte de Mens indique par ailleurs que les lauzes du Campanien, C6, qui surmontent la formation des Gâts renferment parfois du silex.

III.E.1.b.- Gîtes échantillonnés et description des types

Il existe pour ce secteur un bon accord entre les mentions de silex faites par les cartes géologiques et nos observations de terrain.

III.E.1.b.1.- Le silex du Tithonique

Effectivement, les silex peuvent être rencontrés dès les formations du Tithonique. Sur le terrain, les nodules échantillonnés pour cet étage appartiennent aux gîtes du Pas de la Roche (Chamaloc), sur les contreforts du Vercors, des Combes et de Grimone (tous deux sur la commune de Glandage) (fig. I.33). Ces silex ont en commun leur aspect macroscopique. Il se définit par une couleur gris clair, un grain fin et une certaine opacité. Seul un échantillon présent à Grimone fait exception (photo 125) par sa couleur beaucoup plus foncée. Leur microfaciès présente des éléments figurés comparables, distribués avec une plus ou moins grande abondance selon les variétés. Le plus typique (photos 126 et 127) est un faciès mudstone à éléments carbonatés de dimensions inférieures à 100 μ et non roulés. Les microfossiles sont très rares. Son état diaclasé (photo 128) en fait un matériau peu adapté à la taille. En outre, il affleure le plus souvent en falaise. Un accès plus aisé à ces silex est possible dans les éboulis. Le silex tithonique présente des caractéristiques propres qui le différencient donc des roches siliceuses d'autres formations, comme celles du Bédoulien ou du Valanginien.

III.E.1.b.2.- Le silex du Valanginien

Nous disposons de deux gîtes de silex valanginien échantillonnés pour le Diois. Le premier est celui des Combes dans le secteur de Glandage. Le microfaciès des nodules qu'il livre (photo 129) se rapproche des silex du Vercors plutôt que de ceux de Chartreuse. Dans le second gîte, à proximité de Boulc (gîte de Souvestrière), des bancs de calcaires valanginiens intercalés dans des niveaux plus marneux livrent du silex en plaquette. Celui-ci, bien que fracturé, offre un matériau en petits modules mais apte à être taillé. La présence d'éléments figurés grossiers et roulés (photo 130) lui donne un aspect visuel moucheté et grenu, mais il conserve un grain fin à moyen au toucher. Enfin, un type affleurant sur les contreforts du Vercors, sur la commune de Gigors-Lozeron est rapporté avec réserves au Valanginien. Il présente un faciès nettement différent des échantillons précédents (photos 1131, 132, 133).

III.E.1.b.3.- Le silex barrémien

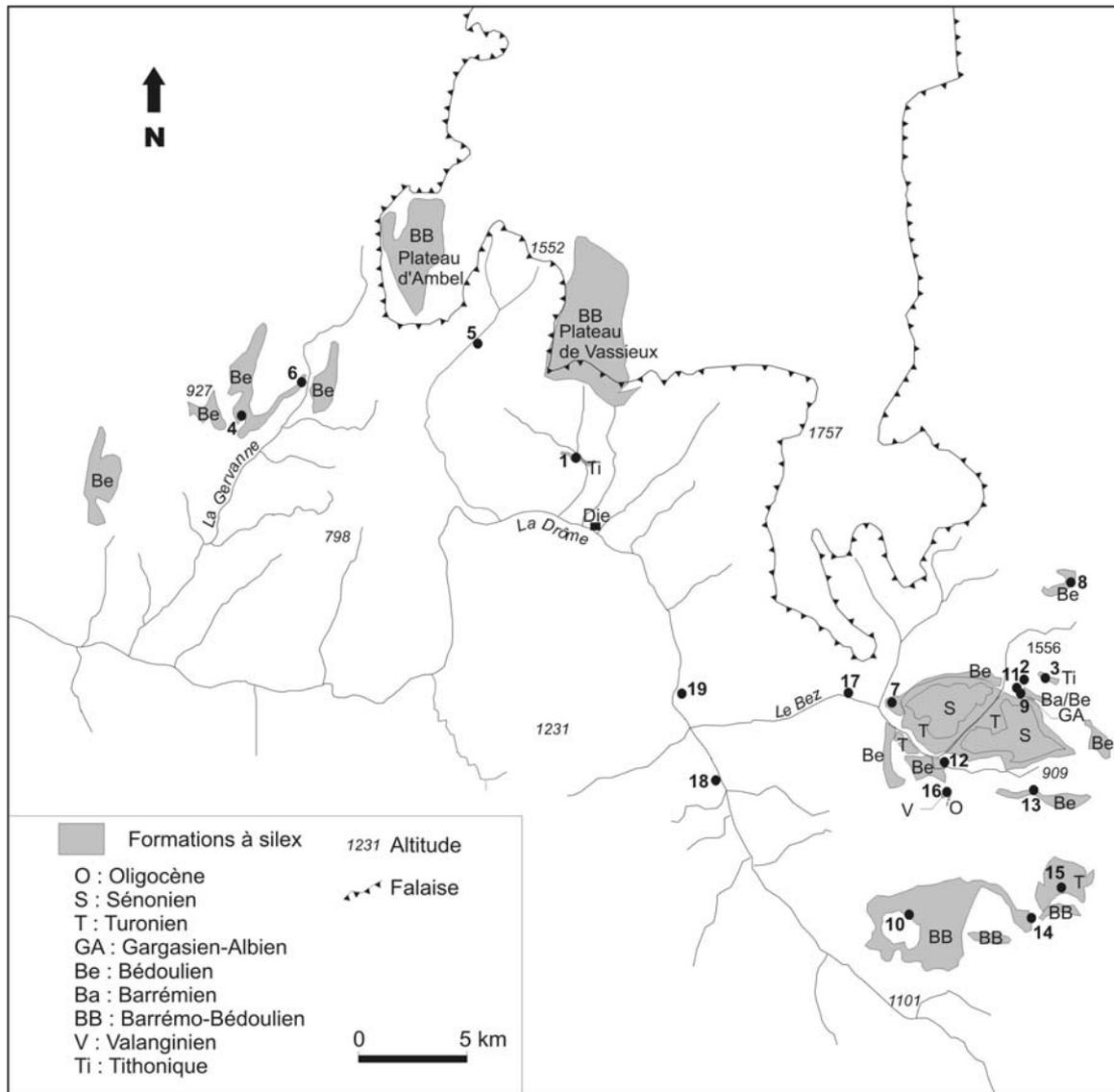
Le Diois a, comme le sud du Vercors, fait l'objet d'une présentation détaillée en terme de ressources siliceuses dans la thèse de C. Riche (1998). Elle présente les quatre principales (par leur abondance en matériau et leur extension) zones d'affleurements majoritairement barrémo-bédouliens de silex du Diois. Il s'agit en premier lieu de la montagne de Courtinasse où affleurent des calcaires à silex du Bédoulien (gîtes de Pellebit) et du Turonien (formation des Gâts). La montagne de Belle Motte constitue une deuxième secteur d'affleurement. Ensuite, les calcaires barrémiens et bédouliens de Glandage livrent, chacun, un type de silex (Riche, 1998). Enfin, sur le plateau de Lesches-en-Diois, du silex est présent en abondance.

En outre, j'inclus dans ce chapitre les affleurements de la vallée de la Gervanne (Plan-de-Baix et Gigors-Lozeron), localisés sur les contreforts sud-occidentaux du Vercors. Pour cette dernière zone, les fiches en annexe décrivent certains des types présents dans la lithothèque de Grenoble. La distance entre ces affleurements et ceux du tout proche plateau d'Ambel est inférieure à 12 km environ. Ils ont été échantillonnés en place ou dans les éboulis sous la forme de fragments de nodules ou de rognons ovoïdes (photos 134, 135, 136 et 137). Pour ce secteur les travaux de C. Riche (1998) font également état des types rencontrés et des modes d'affleurement. Elle présente quelques types supplémentaires, provenant de « Chosséon » et de la « Montagne de la Raye ». Macroscopiquement, certaines variétés lui apparaissent relativement proches des types 1 et 2 de Vassieux. Toutefois ces convergences de faciès ne résistent pas à l'examen des microfaciès (à titre d'exemple : photos 138, 139, 140, 141 et 142).

Riche (1998) montre que les silex du Diois peuvent être discriminés, sur des critères macroscopiques et/ou par l'examen des microfaciès, de ceux du plateau de Vassieux-en-Vercors. Il existe cependant une exception à cette affirmation constituée par un type bédoulien (type 613, Riche, 1998), rencontré dans la grotte de Pellebit (cf. infra). Son microfaciès est très proche du type 122 de Vassieux.

Pellebit

Le secteur de Pellebit présente des calcaires bédouliens très riches en silex. Deux cavités traversent ces affleurements. Du silex est alors rencontré dans la roche-mère et dans le remplissage karstique. Les variétés sont assez nombreuses dans ce contexte. Leurs origines géographiques et géologiques sont toutefois plus délicates à établir en raison du transport plus ou moins important que les nodules ont pu subir. Quelques exemples donnent une image du faciès pétrographique de ces types (photos 143, 144, 145 et 146). Ce gîte présente l'intérêt d'avoir été fréquenté et exploité au Néolithique comme l'a montré une série de sondages effectués à l'entrée de la cavité de Pellebit supérieure (Brochier, 1992 ; Beeching *et al.*, 1994).



Points d'échantillonnage

1- Pas de la Roche (Chamaloc) ; 2- Les Combes (Glandage) ; 3- Grimone (Glandage) ; 4- Rocher de l'Aigle (Gigors et Lozeron) ; 5- Les Bayles (Gigors et Lozeron) ; 6- Plan-de-Baix ; 7- Pellebit (Treschnu-Creyers) ; 8- Montagne de Belle Motte ; 9- Glandage ; 10- Lesches-en-diois ; 11- Glandage-La Revolte ; 12- Vachères ; 13- La Montagne de Varaime ; 14- Le Pilhon ; 15- Le Pilhon, Montagne Chauvet ; 16- Boulc ; 17- Alluvions du Bez, Chatillon ; 18- Alluvions de la Drôme, Recoubeau ; 19- Maumuy.

Figure I.33 - Formations à silex du Diois et localisation des points d'échantillonnage. D'après Riche (1998).

La Montagne de Belle Motte

Dans le cadre d'un programme de prospection thématique, plusieurs stations préhistoriques se rapportant au Paléolithique, au Mésolithique et au Néolithique ont été découvertes au col de Jiboui ainsi qu'un important gîte siliceux situé au pied de la Montagne de Belle Motte (Bintz, 1993).

En 1997, la montagne de Belle Motte a fait l'objet de deux campagnes de prospection en relation avec la fouille du site paléolithique moyen de Jiboui (Tillet, 1997). J'insisterai d'autant plus sur les particularités de

ce gîte qu'il a fait l'objet de caractérisations géochimiques.

Les affleurements primaires de calcaire à silex bédoulien (n5A) sont situés sur les flancs est et sud-est de Belle Motte à une altitude comprise entre 1800 et 1700 m. Ils se présentent en bancs ou en rognons atteignant parfois jusqu'à 30 ou 40 cm de diamètre. Du silex, fragments de rognons de longueur rarement supérieure à 15 cm, est également rencontré en position sub-primaire, dans les éboulis.

Sur le flanc sud-est de la montagne de Belle Motte La formation des Gâts (C3c-4G) est représentée à la

faveur d'une faille. Elle possède un caractère détritique dans le secteur de Belle Motte et renferme plusieurs types de silex. Ce niveau conglomératique, renferme des éléments bédouliens repris (blocs et calcaires) ainsi que des silex d'âges sans doute divers. Parmi le matériel remanié dans le conglomérat se trouvent des silex de petits modules, translucides et de couleur variable (rose, marron). Leur grain est moyen. Ils restent peu abondants et peuvent se rencontrer à proximité de silex bédouliens en position primaire ou sub-primaire.

Des calcaires sénoniens (C6) constituent la partie sommitale de la montagne de Belle Motte. Des silicifications ont été observées en place dans ces niveaux mais il s'agissait de lits très minces (épaisseur inférieure à 2 cm). Seule une plaquette, échantillonnée dans des éboulis, rapportée à cet étage, présentait des dimensions suffisantes pour être débitée (photo 147). A Belle Motte, ce silex peut être de couleur marron-beige ou noire, légèrement translucide, d'une grande homogénéité et finesse de grain. Il présente très peu d'éléments (fossiles ou inclusions), ce fait peut être dû à une recristallisation partielle.

A la suite des prospections, trois variétés macroscopiques ont pu être distinguées pour le silex des niveaux bédouliens (Bressy, 1997a). D'une manière générale, ces silex offrent une grande variabilité de faciès au niveau de la couleur, de l'homogénéité et de la finesse de grain, y compris à l'intérieur des groupes que nous décrivons ci-dessous :

- Silex gris-noir à points orangés et éléments millimétriques (photos 148 et 149)

Son grain est moyen à fin et sa teinte devient bleutée à la patine. Le plus souvent tectonisé, il affleure sous forme de lentilles ou rognons de grande dimension. A la loupe binoculaire, nous avons pu observer qu'il renferme de nombreux fossiles. Il est localisé sur les flancs occidentaux de la montagne de Belle Motte.

- Silex noir à grain fin (photos 150 et 151)

Il se rencontre sous la forme de petits rognons, de 7-8 cm de diamètre, à cortex épais, passant progressivement à la phase siliceuse. Il se récolte très souvent en position sub-primaire, ou dans des niveaux surmontant les bancs contenant les silex à points orangés (niveaux supérieurs des calcaires bédouliens de Belle Motte). Ils sont très rarement fracturés, et d'excellente qualité. Ils peuvent comporter quelques petites inclusions calcaires, blanchâtres et plus grenues qui n'entravent pas le débitage. Ils se rencontrent préférentiellement dans le secteur sud-est de la montagne de Belle Motte.

- Silex gris à gris bleuté (photos 152 et 153)

De grain moyen à fin, il n'a pas de localisation spatiale précise sur la montagne de Belle Motte. On le trouve en position primaire et sub-primaire. Des variétés peuvent être distinguées à l'intérieur de ce groupe.

Même si la nature des éléments figurés présents au sein de chacun de ces types conduit à unifier leurs caractéristiques pétrographiques, les microfaciès varient

à l'intérieur de ces types, avec des textures allant de mudstone à packstone. Quelques traits communs peuvent toutefois servir à les démarquer d'autres types barrémo-bédouliens du Diois. Il s'agit d'abord de floculations blanches discrètes ou bien marquées selon les faciès, observables dans l'ensemble du fond siliceux. De plus, des oxydes métalliques manganiques se rencontrent dans la matrice de manière diffuse ou concentrés sous forme de taches. Enfin, on note la présence, constante mais d'abondance variable selon les faciès, de particules carbonatées inférieures à 25 µm. Elles sont souvent accompagnées de quartz clastique. En résumé, les silex de Belle Motte présentent, pétrographiquement, un fond constant qui correspond à la description faite pour le type noir à grain fin (photo 150). Sur celui-ci se surimposent différents éléments (bioclastes et intraclastes), en quantité variable. Ce phénomène conduit à une grande variabilité de faciès macroscopiques et pétrographiques et peut être expliqué par des passées turbiditiques (couches de sédiments détritiques apportés par des courants marins) qui se mirent en place au moment de la sédimentation.

Glandage

Dans le secteur de Glandage les affleurements bédouliens de Pellebit se poursuivent. Des calcaires barrémiens à silex s'y rencontrent également. Les nodules sont le plus souvent prélevés en place, dans l'encaissant et leur fracturation est variable. Un faciès assez caractéristique est illustré par l'échantillon bédoulien du lieu-dit La Revolte (photo 154), qui montre une matrice siliceuse parsemée de particules carbonatées fines, non roulées. Accompagnant ces éléments s'observent d'autres intraclastes calcaires plus émoussés, de 150 µ en moyenne, ainsi que des sphérules opalescentes de diamètre équivalent. Ce « fond » va se retrouver avec de légères variations sur d'autres échantillons prélevés dans différents gîtes du Diois comme à Vachères (photo 155). Il est à noter que les nodules présentant ce microfaciès peuvent être de qualité variable, liée au degré de fracturation essentiellement. Elle est par exemple excellente aux Vachères tandis qu'à La Revolte, les nodules présentent de nombreuses diaclases dues aux contraintes tectoniques. D'autres faciès encore sont présents à Glandage (photo 156). Le Barrémien du défilé des Gâts est représenté par quelques échantillons (exemple : photo 157).

Lesches-en-Diois

A Lesches-en-Diois, plusieurs variétés coexistent sur une aire de 15 km². Six points d'échantillonnage sur les affleurements barrémiens, ont permis de distinguer quatre types sur l'ensemble des silex récoltés (photos 159, 160, 161 et 162). L'abondance et l'excellente qualité de ces silicifications caractérisent ce secteur. Les silex se présentent en place ou en position sub-primaire, dans des argiles de décalcification, sous forme de rognons ovoïdes de diamètre inférieur à 10 cm. Ils ne

sont généralement pas fracturés, de grain fin et homogène (sans inclusions).

Par ailleurs, des plaquettes affleurent aussi en place dans les bancs de calcaire. Les échantillons dont nous disposons ont une épaisseur de 5 à 6 cm et leur longueur dépasse 15 cm. Ils présentent un grain moyen à grossier et un aspect moucheté très affirmé en patine. La fracturation des plaquettes confère à ce matériau une qualité médiocre au débitage.

Le microfaciès sédimentaire, bien différent de celui des matériaux du Diois que nous avons vu jusqu'à présent, apporte à ces silex la possibilité d'être discriminés. En effet, des cristaux de dolomie, particulièrement abondants, ponctuent la matrice siliceuse de texture wackestone. Seul le faciès Lesches I en est dépourvu. Enfin, peu de bioclastes ont été observés dans ces silex.

Après avoir décrit ces secteurs constituant quatre pôles importants pour les ressources en silex barrémien, je présenterai à présent quelques sources barrémiennes plus ponctuelles mais livrant un matériau de qualité qui n'ont pas été prises en compte dans les travaux de C. Riche.

Nous avons évoqué plus haut à deux reprises le secteur de Boulc (fig. I.33) en traitant successivement de silex valanginien, et du gîte barrémien de Vachères, situé à proximité du village. Ce dernier recèle non seulement un faciès proche de celui de Glandage (la Revolte) mais encore quatre autres types sous la forme de rognons au grain fin et exempts de fracturation. Deux montrent des microfaciès représentatifs et spécifiques (photos 163 et 164). Les silex sont rencontrés en place et dans les éboulis du secteur.

Le secteur oriental de Boulc n'est pas dépourvu de silex comme le prouve l'échantillon barrémien de La montagne de Varaimé (photo 165).

III.E.1.b.4.- Autres types

Du silex des niveaux gargasien-albiens, surmontant le Bédoulien, est aussi présent dans le secteur de Glandage. Son aspect macroscopique particulier l'individualise des silicifications barrémo-bédouliennes.

Le Pilhon, à 7 km au Sud-Est de Boulc, est non seulement cité ici pour ses silex barrémiens (photos 166 et 167), dont un type est caractérisé par ses pellets, mais également pour la présence de silicifications dans les formations turoniennes (fig. I.33). Leur faciès macroscopique est proche de celui des silex barrémiens, par leur couleur noire et leur grain fin, tandis que leur aspect à la loupe binoculaire diffère (photo 168). Les silicifications du Crétacé supérieur du Diois sont également connues par des échantillons issus des formations campaniennes affleurant dans les gorges des Gâts.

III.E.1.b.5.- Silex en position secondaire : formation tertiaires et quaternaires

Le Diois n'offre pas de silicifications en position primaire dans les niveaux tertiaires. De plus, nous ne connaissons qu'un exemple de silex affleurant en position remaniée dans une poche tertiaire. Le gîte, localisé dans le secteur de Boulc au lieu-dit Souvestrière (fig. I.33), est rapporté à l'Oligocène (Stampien, g2). Les nodules de silex, au diamètre supérieur à 10 cm, sont compris dans un conglomérat polygénique et une molasse rouge et grise.

Les formations quaternaires constituent par contre un important réservoir en silex. En effet, les terrasses de la Drôme et les alluvions du Bez livrent un grand nombre de nodules. Le Diois est en effet traversé par ces cours d'eau qui entaillent différents niveaux à silex, dont la formation des Gâts pour le Bez (fig. I.33). Ils peuvent donc remanier des nodules dans leurs alluvions. Une vingtaine d'échantillons illustre ce type de contexte dans la lithothèque de Grenoble. Ces silex montrent des faciès variés (photos 169, 170, 171, 172 et 173), certains pouvant être rattachés à des types connus en position primaire. Ils présentent des morphologies et des modules variables, dépassant parfois 20 cm de diamètre.

Je citerai également le secteur de Maumuy situé sur une terrasse bordant la Drôme. Celui-ci a constitué une source d'approvisionnement dès le Paléolithique moyen (Colombo *et al.*, 2000). La matière première est de bonne qualité et se rapporte à deux types principaux, pouvant être distingués tant macroscopiquement que pétrographiquement. L'un est de grain très fin, de couleur noire avec parfois des marbrures brunes à grisâtres (plus grenues au toucher) et un éclat gras, alors que le second, dans les tons marron-gris foncé, montre un grain moyen, rugueux et une cassure esquilleuse. Ces caractères macroscopiques se reflètent à travers leurs textures pétrographiques respectivement mudstone et wackestone (photos 174, 175 et 176).

III.E.1.c.- Conclusion sur le Diois

Cette région avait suscité, avant les travaux de C. Riche, un intérêt très limité, voir nul. Or elle recèle des matériaux siliceux en abondance, appartenant à des niveaux géologiques plus variés que dans les massifs subalpins du Nord (fig. I.34). De plus il s'agit de matériaux de bonne qualité et peu fracturés lorsqu'ils sont trouvés dans les argiles de décalcification, les dépôts karstiques, les alluvions ou les terrasses alluviales. Ils sont dispersés de manière relativement homogène dans le massif, notamment le long des cours d'eaux. Certains secteurs constituent toutefois des pôles où le silex est particulièrement abondant. Le silex barrémo-bédoulien demeure le plus représenté du point de vue du nombre des gîtes que nous avons inventoriés jusqu'à présent.

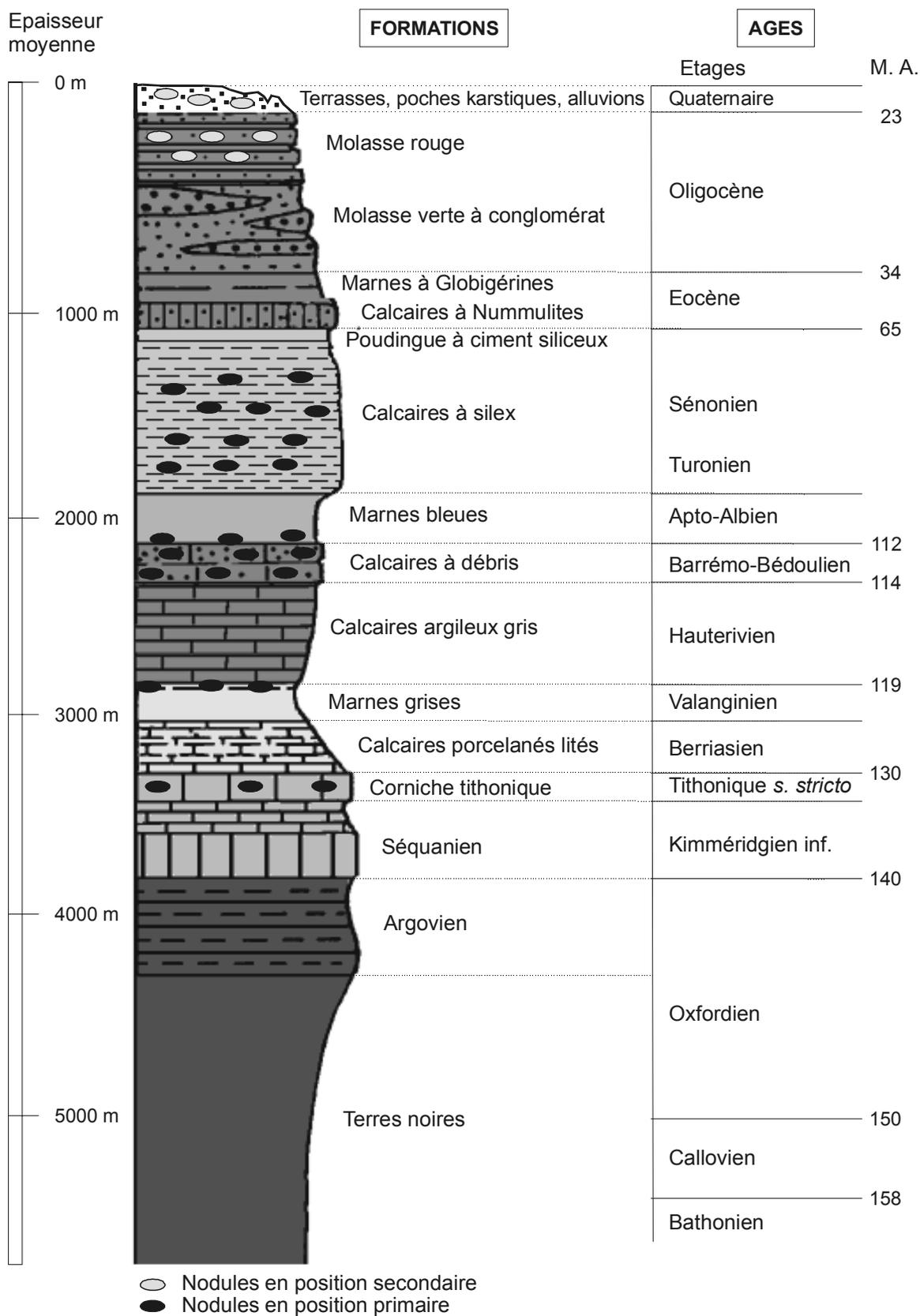


Figure I.34 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique du Diois. D'après Gidon (2002).

Péetrographiquement, trois groupes, sans relation avec leur origine géographique, ont été mis en évidence pour cette variété sur la base de critères péetrographiques : les silex à pellets dominants, les silex à cristaux de dolomie dominants, les silex à particules fines <25 µ ponctuant la matrice. A partir de l'un de ces caractères dominant se déclinent la plupart des faciès du Diois. Toutefois des caractères propres à un secteur géographique permettent d'identifier l'origine de certains silex. C'est le cas des silex de Belle Motte.

Globalement, la variabilité des silex du Diois demeure importante.

III.E.2.- Vallée du Buëch et Dévoluy

Les recherches de gîte siliceux dans la vallée du Buech et le Dévoluy ont été effectuées dans le cadre de prospections programmées menées par A. Morin en mai 1999, octobre 2000 et juin 2001 (Morin et Bressy, 1999 ; Morin, 2000). Elles ont permis de repérer et d'échantillonner plus d'une trentaine de gîtes, multipliant par 3 le nombre d'échantillons que contenait la lithothèque par le passé pour le secteur. De plus, cet élargissement du référentiel permet d'ouvrir de nouvelles perspectives pour la recherche de provenance des matériaux composant les séries régionales. Nous présenterons successivement le potentiel en silex des secteurs de Lus-la-Croix-Haute et du bassin de Maraize, distincts par les formations géologiques qui y affleurent et les types de silicifications rencontrées.

III.E.2.a.- Le secteur de Lus-la-Croix-Haute

Les prospections d'A. Morin ont mis en évidence un grand nombre d'affleurements de silex (13 sources) en rapport avec l'aire prospectée, donnant lieu à l'identification d'une vingtaine de types parmi eux. Certains sont apparus très différents de ceux observés dans les massifs subalpins septentrionaux, s'approchant plus de certaines silicifications connues dans le Sud de la Drôme (Pays de Bourdeaux, Morin, 1997).

Le premier caractère remarquable de ces gîtes est l'abondance des silicifications rencontrées dans ce secteur, tant du point de vue du nombre de gîtes que de la quantité et des dimensions des blocs trouvés sur une source donnée (en particulier à La Fay).

III.E.2.a.1.- Le contexte géologique

Plusieurs formations livrent du silex aux alentours de Lus-la-Croix-Haute d'après les cartes géologiques. Il s'agit du Tithonique (j8 ou j8-9), du Barrémien (n4a-5) et du Sénonien (C6-7) (carte géologique de Mens, 1974).

D'après la carte géologique de Mens (1974), la formation eP est également susceptible de renfermer des silicifications (fig. I.35). Il s'agit d'un « ensemble de formations qui ravinent et reposent en discordance sur le Crétacé supérieur terminal : à la base, des calcaires blancs siliceux et des croûtes siliceuses [...] ;

au sommet, des sables blancs, souvent ferrugineux, à patine rousse » (carte géologique de Mens, 1974). Ce type de formation suggère que certaines silicifications ont une origine éocène (les croûtes siliceuses), tandis que d'autres pourraient être issues du Crétacé supérieur, érodé et remanié sur place. C'est ce que semblent en outre montrer d'une part les natures de silex très contrastées rencontrées au sein des gîtes du secteur et d'autre part les cortex portant des stigmates de remaniement.

III.E.2.a.2.- Les types marqueurs

Les prospections nous ont permis d'échantillonner du silex appartenant aux terrains sénoniens et tertiaires. La plupart des gîtes sont polygéniques, livrant 2 à 4 variétés de silex.

La formation barrémo-bédoulienne à silex, n4a-5, est représentée par un seul échantillon provenant du secteur de Combe Jaunisse (fig. I.35). Celui-ci a été récolté dans des éboulis (photo 177).

Silex sénonien

D'autres échantillonnages réalisés à Combe Jaunisse (fig. I.35) nous donnent une meilleure idée du silex sénonien affleurant dans le secteur. Les silex sont souvent dispersés dans les éboulis et ils ne sont pas toujours observables en position primaire, en raison des difficultés d'accès aux affleurements calcaires (falaise, sommets escarpés). D'aspects macroscopiques relativement proches, ils se distinguent à la binoculaire par de légères variations de faciès. De couleur marron, semi-translucide, et se patinant en blanc, ils présentent un cortex mince gris, qualifiable de « calcaro-gréseux ». Les photos numériques (photos 178, 179, 180, 181 et 182) donnent une image des variations péetrographiques de ces faciès qui conservent une « ambiance » générale commune. Les textures passent de mudstone à wackestone, avec peu de microfossiles (Foraminifères généralement). On y reconnaît essentiellement des points d'oxyde de fer orangés et des éléments carbonatés faiblement roulés dont les dimensions varient entre 25 et 200 µ.

Silex tertiaire

Nous décrivons quelques types de silex qui peuvent, par leurs caractères spécifiques, servir de matériaux-traceurs pour le secteur considéré. Un simple examen macroscopique suffit à identifier certains silex. Péetrographiquement, quelques variétés sont difficiles à décrire en suivant la démarche habituelle réservée aux roches sédimentaires en raison de leur mode de formation qui semble être lié à une silicification secondaire des sédiments (origine pédogénique).

Le gîte de la Fay

Ce gîte a livré des blocs décimétriques, atteignant parfois même un mètre de long. Plusieurs variétés coexistent. Les échantillons qui sont décrits ci-après ne présentent pas de cortex d'aspect calcaire mais plutôt



● Localisation des gîtes

- | | |
|----------------|------------------|
| Gîtes siliceux | 5, 6 La Fay |
| 1 Trabuech | 7, 8 Grisail |
| 2 Corréardes | 9 Combe Jaunisse |
| 3 Mas Rebuffat | 10 Serre Lazare |
| 4 Les Miellons | 11 Les Buis |

Formations encaissantes

C6-7 : Calcaires beiges massifs et lauzes siliceuses (Maestrichtien-Campanien supérieur).
 eP : Formation attribuée à

l'Eocène continental, reposant en discordance sur le Crétacé supérieur terminal. Il s'agit de croûtes siliceuses et des sables blancs souvent ferrugineux, à patine rousse.
 Gx1 : Moraines rissiennes.

Echelle 1/50 000

Figure I.35 - Localisation des gîtes de silex échantillonnés dans le secteur de Lus-la-Croix-Haute dans leur contexte géologique. Extrait de la carte géologique de Mens (1974).

des surfaces naturelles de fracturation. Leur faciès particulier s'explique par leur mode de formation : une silicification des niveaux supérieurs sénoniens, formant des encroûtements siliceux, s'est produite suite à leur émergence au début de l'Eocène (H. Arnaud, comm. pers.).

Un premier type de silex rencontré à la Fay (photos 183, 184 et 185) présente un aspect « bréchique » : des éléments blancs opaques, millimétriques à centimétriques sont dispersés dans une matrice de couleur rouge-rose foncée. Des grains de quartz, de dimension variable supérieure à 200 µ sont également présents dans le fond siliceux.

Un autre type (photo 186), trouvé à une quinzaine de mètres du premier, offre une couleur jaune-moutarde avec un ciment siliceux qui enrobe des éléments anguleux bien silicifiés, de couleur blanc-bleuté, semi-translucides. Des veines opalescentes séparent ces parties d'autres silicifiées de façon plus uniforme, à la couleur marron teinté de jaune, avec des floculations plus claires, bleutées. Le gîte de la Fay livre un dernier type de silex (photo 187), présenté en fiche annexée.

Le gîte des Corréardes

Un dernier type original et propre au secteur de Lus-la-Croix-Haute est celui rencontré sur le gîte des Corréardes, à quelques dizaines de mètres de l'abri néolithique ancien du même nom (Chaffenet et Cordier, 1999). Il se présente sous la forme de nodules irréguliers de couleur jaune à cortex siliceux (photo 188). Des petits grains de quartz clastiques ainsi que des éléments millimétriques blancs sont inclus dans sa matrice. Ces derniers caractères le rapprochent de l'échantillon la Fay 5-2.

Nous renvoyons le lecteur aux fiches de caractérisation présentées en annexe 4 pour la description d'autres faciès rencontrés dans le secteur de Lus-la-Croix-Haute : photos 189 et 190 (les Corréardes), photo 191 (Mas Rébuffat), photo 192 (Trabuëch).

III.E.2.b.- Le bassin de Maraize

Les cartes géologiques de Gap (1971) et de Laragne-Montéglin (1991) font assez peu mention de la présence de silex. Or sur le terrain, on se rend compte de la grande richesse en silex du secteur et de la variété de leurs faciès, souvent facilement accessibles dans les alluvions. Nous avons donc visité ponctuellement les formations indiquées par les cartes géologiques comme susceptibles de livrer du silex et effectué des ramassages sur les terrains alluviaux. Les points d'échantillonnage ont été localisés sur la figure I.36.

III.E.2.b.1.- Silex en position primaire

Tré Maroua et Petit Penas (Le Saix)

Pour ces deux secteurs nous avons échantillonné, en position primaire, du silex très diaclasé dans les formations hauteriviennes (n3, carte géologique de Gap,

1971). La convergence de faciès macroscopique n'est pas toujours accompagnée d'une similarité des caractères pétrographiques (photos 193 et 194). Toutefois, la variabilité des microfaciès sédimentaires au sein d'un même rognon conduit les types de ces deux lieux d'échantillonnage à se rapprocher. Il s'agit d'un silex noir très abondant, qui affleure en lentilles et rognons, ainsi qu'en bancs pouvant dépasser 2 mètres en longueur, pour une épaisseur de 15 cm, et parfois même un peu plus. Ce silex est extrêmement diaclasé en raison de la forte activité tectonique qui a affecté le calcaire encaissant. Des cassons centimétriques se rencontrent dans les éboulis.

III.E.2.b.2.- Silex en position secondaire

Dans les formations alluvionnaires (alluvions récentes et modernes de la Maraize et dans la terrasse moyenne de cet affluent du Buëch, carte géologique de Gap, 1971) plusieurs types de silex ont été collectés. Il n'est pas possible de les rattacher tous à un étage géologique (certains pourraient appartenir à l'Hauterivien et d'autres au Barrémien). Dans notre échantillonnage, les gîtes du Prieuré (photo 195) et de Marésiou représentent ce type de formation. Le secteur des Grisons a également fourni quelques échantillons de silex naturels, appartenant aux formations Fyl (haute terrasse fluviale, carte géologique de Luc-en-Diois, 1970). Ces alluvions demeurent une source d'approvisionnement potentielle d'autant plus que les silex y sont très faciles à récolter et nombreux.

III.E.3.- Le Dévoluy

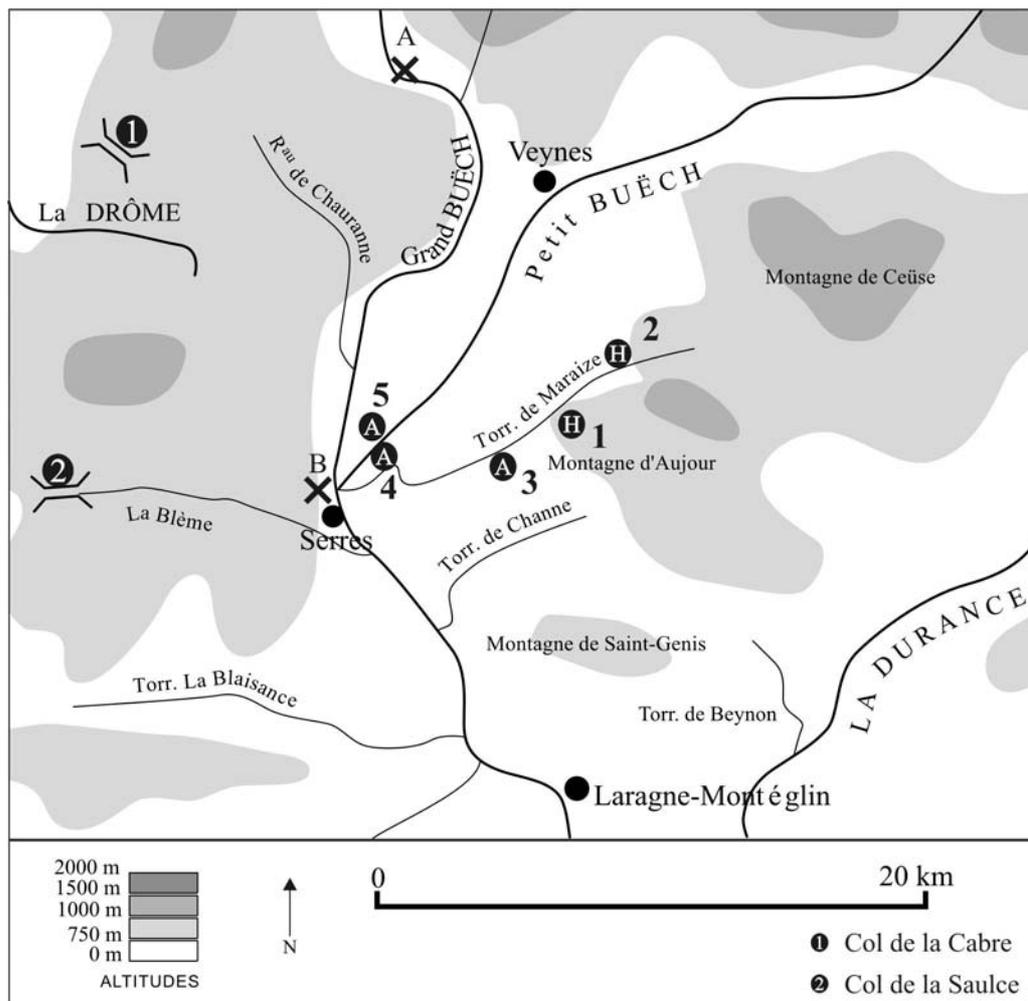
Le massif du Dévoluy se distingue de tous les autres massifs subalpins par le fait que ses reliefs principaux (souvent acérés) sont formés de Sénonien.

Le Dévoluy est constitué par une très ample dépression intérieure (Saint-Étienne, Saint-Disdier, Agnières). Les arêtes rocheuses qui la ceinturent sont autant de crêtes, formés par la grosse dalle des calcaires sénoniens qui regardent vers l'extérieur du massif.

C'est un secteur pour lequel nos prospections débutent. Les prospections réalisées en septembre 2000 ainsi qu'en mai et juin 2001 dans le Dévoluy par A. Morin ont permis d'échantillonner du silex en 18 nouveaux points (annexe 3). Seulement deux gîtes (le col de la Croix, valanginien-hauterivien, et le col des Aurias, barrémien, fig. I.37) représentaient auparavant le silex du secteur dans la lithothèque.

III.E.3.a.- Données géologiques

Ce secteur se révèle d'une grande richesse en silex. C'est tout d'abord ce qu'indique la notice de la carte géologique de Saint-Bonnet (1980) avec des mentions de silex depuis les formations du Kimmeridgien inférieur (j7, « silex noirs plus ou moins fréquents ») jusqu'aux formations continentales de la base du Tertiaire notées eP (« grande abondance de galets de



Gîtes échantillonnés

- 1- Tré Maroua
- 2- Petit Penas
- 3- Le Prieuré
- 4- Marésiou
- 5- Les Grisons

Position primaire

Hauterivien
 (H)

Position secondaire

Alluvions quaternaires
 (A)

Echantillons de la lithothèque de Grenoble X A- La Faurie
 B- Sigottier

Figure I.36 - Bilan de l'échantillonnage en silex du bassin de Maraize.

silex »). Ainsi, du silex « blond » affleure dans les calcaires massifs tithoniques (j8-9a), ainsi que dans les calcaires blancs vocontiens (j9b, Tithonique supérieur). Pour la série néocommienne, la carte de Mens (1967) qui couvre une petite partie du Dévoluy septentrional, indique dans le triangle Lalley-Col de la Croix-Château bas de Tréminis, des affleurements à silex dans les calcaires n3b de l'Hauterivien. Il est précisé que ces calcaires, beiges à patine rousse, « se chargent en grands silex stratoïdes de plusieurs mètres de longueur et de 0,2 à 0,5 m de hauteur ». Ailleurs, dans la partie Sud-Ouest de la feuille de Saint-Bonnet (1980), les

calcaires spathiques roux de la transition Valanginien-Hauterivien (n2-3), abritent des silex noirs. Parmi les subdivisions du Barrémo-Bédoulien, la présence de silex est indiquée pour le Barrémien inférieur. D'après la carte géologique, ces silex « sont particulièrement abondants, et de grande taille (cérébroïdes et stratoïdes) à la partie supérieure du niveau n4a du Dévoluy occidental ». Pour le Sénonien, enfin, des lits de silex se développent dans la partie médiane des lauzes rubanées du Campanien-Maestrichtien (C6-7a) et dans le Maestrichtien inférieur (C7b, lauzes à silex). Pour ce dernier, la description des morphologies très diverses de

ces silex « non accidentels » est donnée en ces termes : « lits centimétriques à décimétriques, chapelets de silex amygdalaires, petits silex amiboïdes irrégulièrement dispersés, grosses boules de chert blond à cœur de silex et à surface plus ou moins amiboïdes ou même fragments de silex brisés, dispersés dans la pâte de la roche [...] correspondant à des fractures de tassement synsédimentaire » (carte géologique de Saint-Bonnet, 1980). La présence de grosses boules de silex, parfois métriques, est également mentionnée.

Du silex se rencontre beaucoup plus rarement dans les niveaux du Maestrichtien supérieur (C7c). Enfin, sous la brèche de Feraud est mentionnée « une croûte de silex vert bronze en lits de 10 cm » au sommet des formations sénoniennes. Ils sont rapportés, bien qu'avec quelques réserves, au Maestrichtien supérieur (C7P).

Les poudingues et formations continentales de la base du Tertiaire eP, remanient du matériel sénonien. Sur la notice de la feuille de Saint-Bonnet (1980) est précisé que des galets de silex y sont parfois abondants.

III.E.3.b.- Données de terrain

Nous n'avons pas pu, pour le moment, récolter de silex au sein de chacune des formations précédemment citées, par manque de temps. De plus, les échantillonnages de silex ont pour une grande partie été le résultat de ramassages dans des éboulis ou le long de chemins. Dans ce contexte, il est souvent difficile de leur attribuer avec certitude une origine géologique. Toutefois la poursuite des investigations dans le massif du Dévoluy nous permettra d'approfondir nos connaissances sur les formations à silex et les faciès qui y affleurent. Nous avons choisi de présenter les silicifications par niveau géologique. L'ensemble des formations géologiques représentées par notre échantillonnage sont regroupées à la figure I.37.

III.E.3.c.- Les silicifications du Jurassique et du Crétacé inférieur

Les silicifications sont de qualité variable selon l'étage considéré. Pour le Kimmeridgien (j7) auquel nous rapportons l'échantillon « Fleyrard 2 », récolté en position primaire, la silicification n'est pas homogène et ce silex se révèle particulièrement esquilleux et grenu au débitage. Des réserves peuvent être émises quant à son possible emploi par les préhistoriques, car il voisine d'autres silex de qualité nettement supérieure. En effet, dans le vallon du Fleyrard (fig. I.37) ont été récoltés des blocs rapportés respectivement au Valanginien-Hauterivien (n2-3, carte géologique de Saint-Bonnet, 1980) et au Barrémien (photo 196 et 197).

A la limite entre le domaine du Haut-Buëch et du Dévoluy, un gîte a été échantillonné au col de la Croix. Il s'agit d'échantillons prélevés en place et dans les éboulis de la formation n2-3, rapportée à la transition Valanginien-Hauterivien. Ces silex se présentent en

bancs et montrent un cortex roux pulvérulent et épais, dépassant fréquemment un centimètre. De plus, des pellicules terreuses recouvrent les surfaces de cassures diaclasiques anciennes. Ce silex gris foncé à nuances bleutées offre un grain fin mais de nombreux plans de fracture. Au sein des éboulis ce sont donc des cassons de quelques centimètres de côté qui sont généralement récoltés. Leur faciès pétrographique les différencie nettement des silex valanginiens du Diois et de ceux des massifs subalpins du Nord (photo 198). Une certaine hétérogénéité du microfaciès doit être relevée. En effet, certaines passées sont plus ou moins chargées en éléments, par exemple une abondance variable des oxydes de fer (photo 199). Ce type de silex est présent dans les séries lithiques mésolithiques du col de la Croix (Bintz, 1993).

Un échantillon de silex provenant du col du Martinet (fig. I.37) nous a été remis par M. Faure (Le Saix). Trouvé en position sub-primaire, dans une ancienne carrière, il appartient au Barrémien (n5-4D, carte géologique de Gap, 1971). Il est exempt de fracturation et d'une excellente aptitude à la taille. Sa texture pétrographique est particulière (microfaciès à pellets de couleur gris métallique, pyrite, et Foraminifères imprégnés par ces mêmes oxydes dans une matrice particulièrement foncée) et le rendra aisément reconnaissable dans une série lithique, lors de son examen (photo 200). Le faciès du col du Martinet apparaît proche de celui de Fleyrard 3.

Dans le vallon des Aiguilles (fig. I.37), du silex a été prélevé en bord de crête en position primaire dans une formation barrémienne (n4b, carte géologique de St Bonnet, 1980). Il est assez facile d'extraction étant donné l'état diaclasé du calcaire encaissant. Il se présente sous forme de rognons et de lentilles. Ce type se trouve également dans le vallon, au sein de blocs calcaires éboulés. Il est alors très fracturé. Ses caractères pétrographiques montrent des péloïdes marron noir d'éclat métallique (photo 201). Il offre des microfossiles difficiles à identifier à cause de leur mode de conservation (imprégnations d'oxydes de manganèse).

Un faciès original est le silex « cérébroïde », évoqué dans les travaux de Rio (1982). Il est présent en plusieurs points d'échantillonnage, comme à la Baume de France, dans le vallon de Pélourenq et au col du Tat (fig. I.37). Il montre plusieurs aspects : à la Baume de France (photos 202 et 203) les circonvolutions se détachent sur un fond gris très clair, la matrice étant semi-translucide et le silex de grain très fin. Les silex du col du Tat et du vallon de Pélourenq (photos 204 et 205), bien que présentant quelques différences d'aspect, peuvent être décrits tous deux comme gris foncés à passées plus claires, opaques, secs au toucher et ayant un grain fin à moyen. A la binoculaire, ces silex apparaissent recristallisés et ne présentent pas d'éléments individualisables du fond siliceux. Ces silex sont attribués au Barrémien.

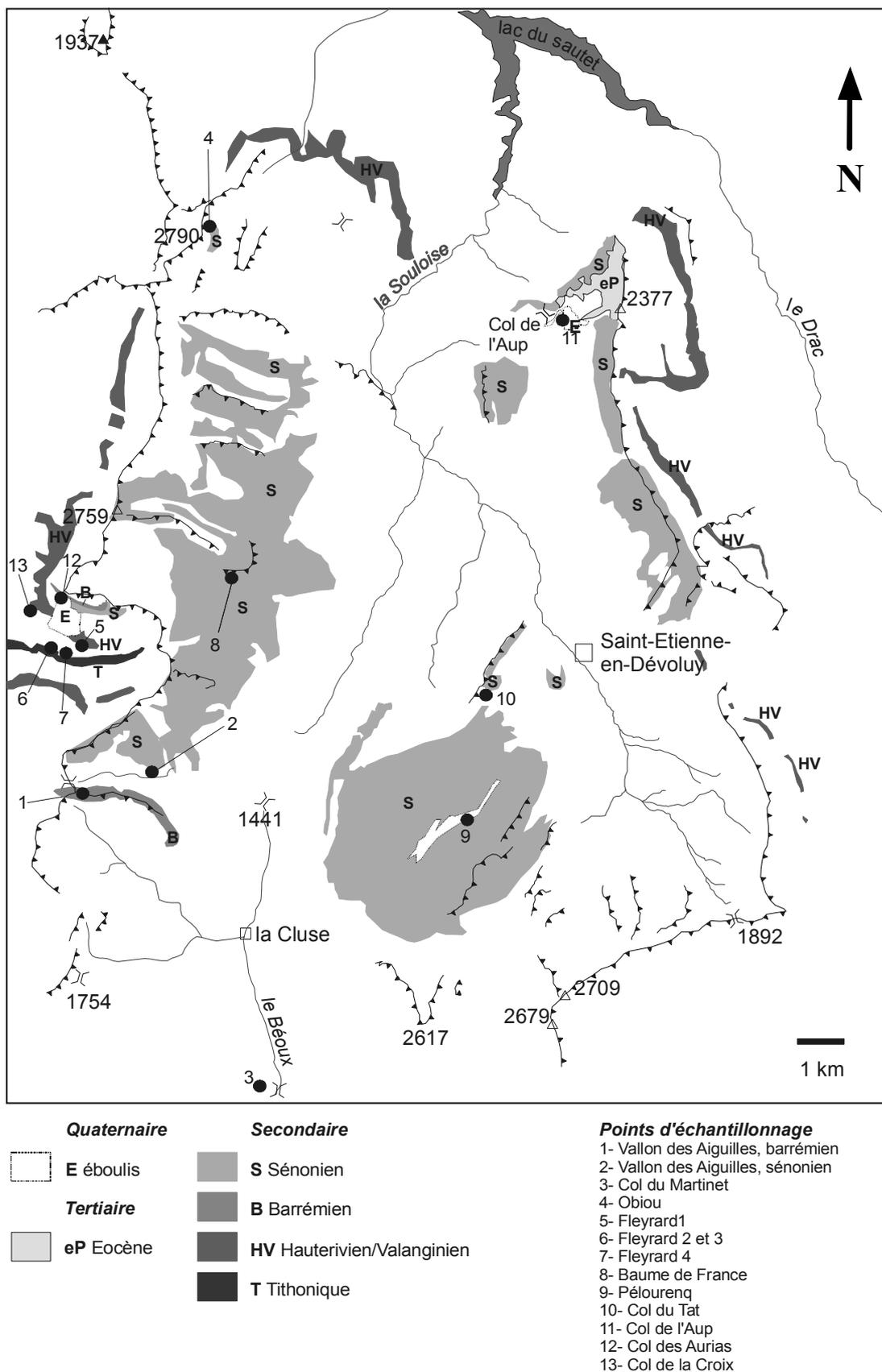


Figure I.37 - Formations potentielles à silex du Dévoluy et localisation des points d'échantillonnage.

III.E.3.d.- Les silicifications du Crétacé supérieur

Nous disposons de quelques échantillons récoltés au sommet de l'Obiou (2138 m). De types variés, ils présentent des cortex portant les marques d'un remaniement. Ils sont attribués au Campanien-Maestrichtien basal (C6-7a).

Un niveau sénonien (Maestrichtien inférieur, C7b) affleurant au fond du vallon des Aiguilles livre des silex en petits nodules fortement diaclasés. Il se différencie nettement du silex barrémien tant macroscopiquement par sa translucidité et sa couleur gris clair que microscopiquement, par sa texture mudstone à wackestone et son contenu en éléments quasi exclusivement carbonatés (photos 206 et 207). Ces silex offrent peu de caractères discriminants.

D'autres faciès de silex sénonien ont été reconnus ailleurs qu'au vallon des Aiguilles. Ils ont été échantillonnés en position primaire ou sub-primaire et se rencontrent sous la forme de blocs plus ou moins géométriques et peu fracturés. Leur grain est fin et leur teinte marron plus ou moins sombre.

Les faciès pétrographiques de ces silex apparaissent assez différents de ceux connus pour les massifs subalpins du Nord. La texture mudstone est caractéristique. Certains microfaciès sédimentaires se rapprochent par la nature et l'abondance restreinte des éléments figurés (photos 208 et 209). D'autres se distinguent par la présence de microfossiles (photo 210).

III.E.4.- Buëch et Dévoluy : bilan

Les prospections sont à poursuivre de façon à prendre en compte les variations de faciès des silex d'une même formation géologique. Le Sénonien du Dévoluy, par exemple présente une grande extension (fig. I.37). Il serait également intéressant de systématiser les prospections des formations alluviales, pour avoir une idée de l'éventail des types qu'elles sont susceptibles de fournir et, dans la mesure du possible, de déterminer les distances parcourues par ces matériaux depuis leur gîte de formation. Du point de vue des types de silex représentés, quelques spécificités ont pu être mises en avant. La présence de silex dans les niveaux de la transition Valanginien-Hauterivien localisés dès le col de la Croix est propre à ce secteur (d'après les échantillons présents dans la lithothèque), puisqu'en Chartreuse et dans le Vercors, les formations hauteriviennes ne réunissent pas les conditions propres à la genèse de silex. Certains gîtes comme ceux du Sénonien C7P (affleurements mentionnés par la carte géologique de Gap, 1971) n'ont pas encore fait l'objet de vérifications sur le terrain. Enfin, le Dévoluy apparaît comme un secteur extrêmement riche en matières premières siliceuses de qualité variable et d'une grande diversité, le silex affleurant dans de nombreux étages géologiques et sur de vastes aires (fig. I.38).

III.F.- Les ressources lithiques des massifs subalpins : synthèse

III.F.1.- Bilan sur les formations géologiques à silex

Nous proposons de synthétiser les données recueillies à partir de l'échantillonnage de chacun des massifs pour aboutir à une vision plus globale des formations géologiques à silex des massifs subalpins. Le tableau I.3 illustre ce propos.

Les caractères macroscopiques et pétrographiques d'ensemble des silex de chaque niveau stratigraphique sont également mis en avant dans les paragraphes qui suivent.

III.F.1.a.- Les terrains anté-jurassiques

Ils sont uniquement représentés pour le domaine que nous avons prospecté dans les klippes du massif des Bornes. C'est le cas du silex sinémurien qui est de qualité médiocre en raison de sa fracturation. En place il est difficile à extraire. Au sein d'éboulis il se rencontre sous la forme de petits cassons diaclasés. Etant donné qu'un seul faciès a été reconnu pour cet étage, nous renvoyons le lecteur à la description de ses spécificités (cf. supra).

III.F.1.b.- Le Jurassique

Seuls les niveaux du Jurassique supérieur ont livré du silex : le Kimméridgien et le Tithonique. Géographiquement, les affleurements, de faible extension, sont localisés sur les contreforts du Vercors et dans le Dévoluy. Ce type de silex présente des faciès différenciés selon les secteurs et le niveau stratigraphique de l'encaissant. A travers notre échantillonnage, les faciès macroscopiques et pétrographiques apparaissent relativement monotones. Il s'agit de silex gris clair à beige, au grain fin et d'aspect opaque. Les particules carbonatées et plus occasionnellement les spicules de Spongiaires demeurent les seuls éléments figurés présents dans la matrice. Ces faciès sont de type hémipélagiques avec un dépôt en milieu circalittoraux (partie distale du talus externe de la plate-forme carbonatée).

III.F.1.c.- Le Crétacé inférieur

III.F.1.c.1.- Le Valanginien

Des silex affleurent dans les calcaires roux du Valanginien supérieur. Dans la région grenobloise, ils sont connus sous le nom de « calcaires du Fontanil ». Plus au sud, dans le Diois, des niveaux présentant un faciès identique se raccordent à ces derniers.

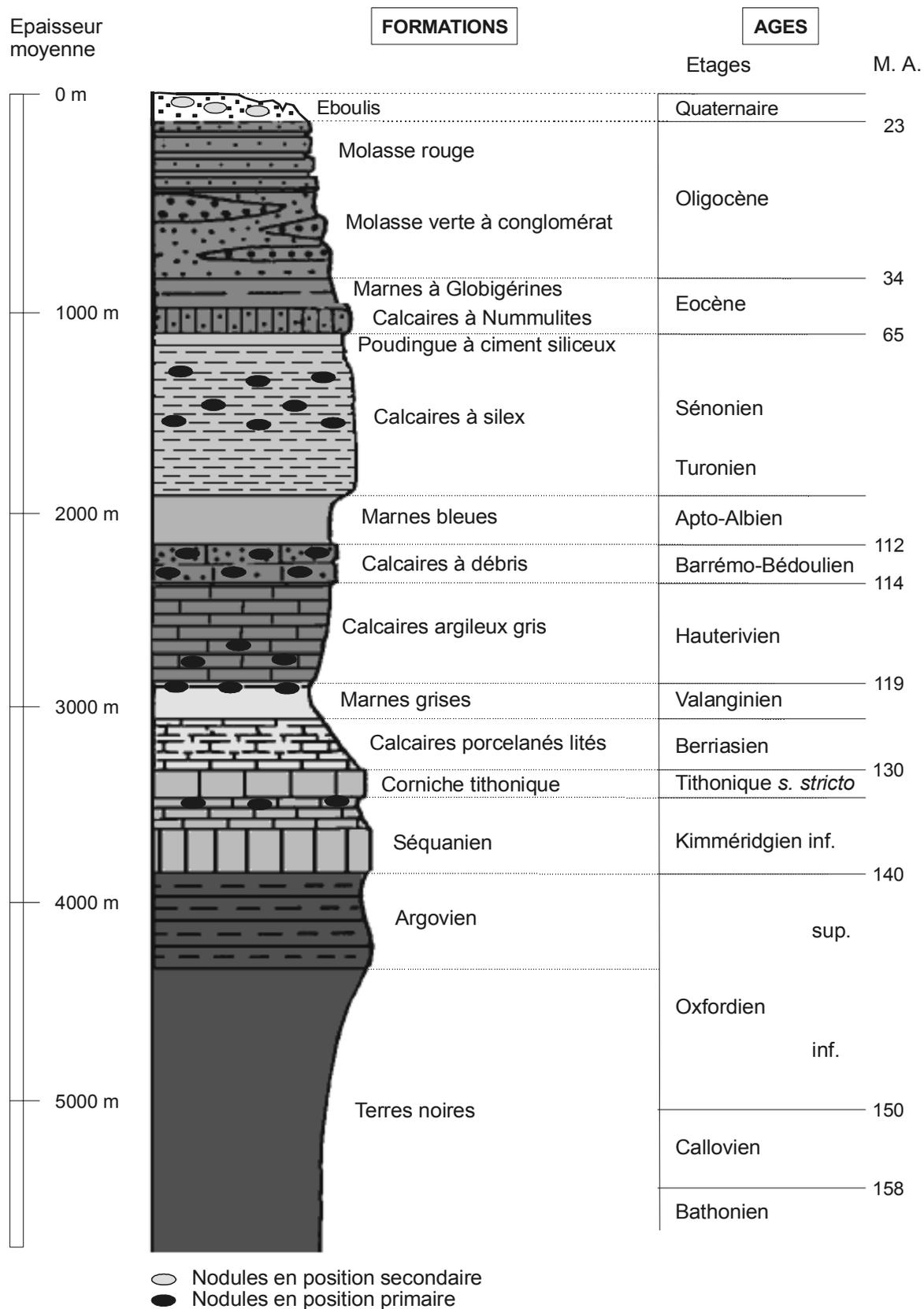


Figure I.38 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique du Dévoluy. D'après Gidon (2002).

Formations		Bornes	Bauges	Chartreuse	Vercors	Vallée de l'Isère	Diois	Vallée du Haut-Buëch	Dévoluy
Quaternaire	Eboulis								
	Terrasse								
	Poches karstiques								
	Formations alluviales								
	Formations morainiques								
Tertiaire	Miocène								
	Oligocène								
	Eocène								
Secondaire	Crétacé supérieur	Sénonien							
		Turonien							
	Crétacé inférieur	Albien							
		Barrémo-Bédoulien							
		Hauterivien							
		Valanginien							
	Berriasien								
	Jurassique	Sup. Tithonique							
		Kimméridgien							
Moy. Bathonien/Bajocien									
Inf. Sinémurien									

Tableau I.3 - Présence (grisé) et absence de silicifications dans les différents niveaux géologiques des massifs subalpins et de leurs marges.

Il s'agit de silex généralement tabulaires et de couleur sombre qui sont assez mal délimités de leur encaissant. Les contraintes multiples subies par les silex et leur encaissant conduisent à une forte fracturation des bancs.

Les silex valanginiens se caractérisent par leur grain moyen à grossier, leur opacité et par un aspect moucheté dû à l'abondance ainsi qu'aux dimensions importantes des éléments bioclastiques et autres contenus dans la matrice siliceuse. Ainsi, pétrographiquement les échantillons montrent des textures généralement packstone avec des éléments roulés parmi lesquels les bioclastes figurent en forte proportion. Enfin, des sphérolites de calcédoine sont fréquemment observées dans ces échantillons. Ainsi, les silex présentent des faciès de bordure de la plate-forme externe (étage infralittoral). Ils résultent de la silicification de sables carbonatés déposés dans des milieux infralittoraux soumis à un fort hydrodynamisme.

Une divergence très nette des microfaciès sédimentaires est manifeste entre les silex valanginiens des massifs subalpins du Nord et ceux des massifs subalpins méridionaux, alors que les caractères macroscopiques restent proches. Le facteur paléogéographique est sans doute à mettre en cause avec le passage à des faciès plus profonds (circalittoraux) dans le Diois et les bordures du Dévoluy.

III.F.1.c.2.- L'Hauterivien

Dans le domaine dauphinois auquel appartient l'ensemble des massifs subalpins du Nord, l'Hauterivien présente globalement un faciès marneux, peu propice à la formation de silex. Plus au sud, en

bordure du bassin vocontien, la sédimentation plus détritique de la transition Valanginien/Hauterivien puis de l'Hauterivien se prête mieux à la formation de silex. Ainsi, on trouve des barres de calcaire à silex noir hauterivien en bancs métriques dans le secteur du Buëch et du Dévoluy.

Demeurant encore peu représenté au sein de notre échantillonnage, ses caractéristiques apparaissent toutefois uniformes dans la zone d'affleurement. Il s'agit d'un silex gris-noir à nuances bleutées, opaque et le plus souvent au grain fin. Le faciès pétrographique est rendu caractéristique par la présence de pyrite, souvent oxydée, et d'éléments opalescents dont une partie correspond à des spicules de Spongiaires. Des cristaux rhomboédriques et des oxydes de fer sont fréquents mais d'abondance variable. La matrice cryptocristalline, translucide, offre en lumière réfléchie une couleur bleutée.

III.F.1.c.3.- Le Barrémo-Bédoulien

Les faciès à silex pour cet étage largement représenté dans les massifs subalpins affleurent au sud du Vercors ainsi que dans le Diois et le Dévoluy. D'après les indications des cartes géologiques, le massif des Bauges présente aussi des silicifications dans ce niveau.

Deux types macroscopiques regroupent l'ensemble des silex barrémo-bédouliens. Le premier correspond à un silex de couleur grise, claire à foncée, et au grain variable mais souvent fin. Le second type présente une coloration marron plus ou moins translucide. Rencontré sous la forme de rognons dans les argiles de décalcification, son aptitude à la taille est excellente.

Les spécificités du faciès pétrographique des silex barrémiens sont la présence de matière organique et la fréquence des microfossiles (Miliolidés, Glomospira) dont certains sont plus proprement caractéristiques de ce niveau stratigraphique (Orbitolines). Les particules carbonatées constituent une fraction importante des éléments figurés. Les oxydes de fer sont fréquents. Enfin, des cristaux rhomboédriques de calcite ou de dolomie sont observés dans les silex barrémobédouliens. L'association de ces différents éléments dans la matrice siliceuse conduit à une forte diversité des types. Les silex du Sud-Vercors présentent des faciès correspondant au talus externe de la plate-forme carbonatée externe (milieu circalittoral) tandis que dans le Diois, une tendance à des faciès hémi-pélagiques est plus marquée.

Différentes « ambiances » caractérisent les microfaciès sédimentaires de cette variété selon les secteurs géographiques en relation avec leur appartenance aux différents domaines paléogéographiques.

III.F.1.d.- Le Crétacé supérieur

La présence de silex dans les formations du Turonien semble liée aux faciès calcaires du domaine vocontien. Ainsi, il affleure, pour la zone d'étude, uniquement dans le Diois. La faible représentation de ce silex au sein de l'échantillonnage nous interdit de formuler toute généralité à propos de ce type et nous renvoyons le lecteur au paragraphe concernant la description de l'échantillon turonien de la montagne Chauvet, au Pihlon.

Le silex sénonien est l'une des rares variétés affleurant dans l'ensemble des massifs subalpins, en position primaire ou secondaire. Ce silex, à la morphologie variable, présente une aptitude à la taille satisfaisante. Son degré de fracturation varie généralement en fonction de son mode d'affleurement : il est élevé lorsque le silex demeure in situ, dans la roche-mère, et faible s'il est libéré de son encaissant.

Il n'est pas possible de qualifier de manière générale l'aspect macroscopique du silex sénonien des massifs subalpins. Il s'agit en effet d'un silex polymorphe dont la couleur varie dans la gamme des gris, des marrons et des roses. Au toucher, même s'il est souvent fin, son grain peut se révéler moyen à grossier. Il en va de la même diversité en ce qui concerne l'opacité, le tramage et l'homogénéité.

Pétrographiquement, la monotonie des microfaciès sédimentaires contraste avec la diversité macroscopique. Leur texture est généralement mudstone à wackestone. Ce sont principalement des éléments carbonatés qui s'observent dispersés dans la matrice siliceuse. A ceux-là s'ajoutent fréquemment des spicules de Spongiaires. Certains spicules, assez caractéristiques, sont punctiformes. D'autres restes de microfaune sont rares. Un type se démarque toutefois sur ce point : il s'agit du silex à Orbitoïdes rencontré exclusivement pour la zone

subalpine, au sein de quelques affleurements du Nord-Vercors. En outre, le silex des Bornes présente une proportion de microfossiles supérieure à celle des silex d'autres massifs subalpins. Ainsi, plus que la nature, ce sont donc les dimensions, l'émoussé et l'abondance des éléments figurés qui vont contribuer à la discrimination pétrographique des types rencontrés dans les multiples sources de Chartreuse et du Vercors. Leurs faciès se rapportent au domaine externe de la plate-forme carbonatée, à un milieu circalittoral supérieur à inférieur.

III.F.1.e.- L'Eocène-Oligocène

Pour ces périodes, les affleurements connus sont continentaux mais appartiennent à des contextes variés. Certains dépôts lacustres ont donné lieu à des calcaires qui ont été le siège de silicifications (Royans). Dans d'autres secteurs, les phénomènes d'érosion ont raviné les formations antérieures, essentiellement le Crétacé supérieur, remaniant du matériel de ces niveaux, incluant parfois des nodules siliceux (Vercors, Chartreuse, Buëch).

Enfin, plus localement, des encroûtements siliceux de type silcrète se sont formés (secteur de Lus-la-Croix-Haute).

La variété de ces contextes géologiques donne lieu à de fortes divergences dans la nature et l'aspect des silicifications des niveaux paléogènes.

Les silicifications lacustres montrent des faciès variés tant macroscopiquement qu'à la loupe binoculaire. Certaines sont azoïques (secteur de Saint-Nazaire-en-Royans) tandis que les autres montrent de nombreux gastéropodes.

Les silicifications pédogéniques ou silcrètes ont un aspect macroscopique particulier. Leurs couleurs sont vives (rose ou jaune) et elles présentent des figures sédimentaires particulières comme des laminations et des passées bréchiques. Certains vides présents lors de leur formation ont été colmatés par de la silice translucide. Une observation macroscopique suffit à leur identification.

Enfin, les nodules remaniés qui affleurent dans des poches de l'Eocène-Oligocène présentent les caractéristiques des silex issus des formations calcaires érodées. Dans notre secteur il s'agit du Sénonien.

III.F.1.f.- Le Miocène

Au Miocène, une transgression marine touche le domaine dauphinois et donne souvent lieu à la formation de conglomérats de base dans les massifs de Chartreuse et du Vercors, remaniant du matériel sénonien. Ainsi, dans ces deux massifs, différents types sénoniens affleurent au sein de ces formations. Le silex à Orbitoïdes fait notamment partie des matériaux accessibles dans ces gîtes.

III.F.1.g.- Les formations quaternaires

Certaines formations quaternaires sont plus susceptibles que d'autres de livrer des silex. Les alluvions, charriés par les cours d'eau qui recoupent des formations à silex présentent un bon potentiel. Les éboulis actifs des niveaux livrant du silex sont régulièrement alimentés et rendent certains matériaux affleurant en falaise plus accessibles.

Les formations karstiques peuvent elles aussi remanier du silex. Certains nodules peuvent avoir été charriés sur de très longues distances (exokarst). Par ailleurs, certaines poches karstiques remanient le matériel de la cavité elle-même (endokarst).

Les types de silex remaniés dans les formations quaternaires correspondent à ceux rencontrés localement ou plus globalement internes au massif. Une exception est constituée par les exokarsts qui peuvent renfermer des silicifications allochtones.

III.F.2.- Les questions d'accessibilité

La description de ces différentes formations reflète le potentiel en silex des massifs subalpins caractérisés par la diversité des types rencontrés, de la répartition spatiale et la variété des contextes géologiques (ou modes d'affleurement). Cependant, les problèmes d'accessibilité à ces matériaux limitent le nombre de sources potentiellement exploitables par les préhistoriques. Le terme d'accessibilité englobe plusieurs notions.

La première est l'accessibilité physique aux gîtes. Si on considère le Vercors, les gîtes les plus accessibles sont ceux du Val de Lans. Ce vallon peut être atteint depuis la cluse de l'Isère par les gorges du Furon, tandis que les vals d'Autrans-Méaudre et de Rencurel ne peuvent être rejoints qu'en passant par des cols internes au massif, ou des pas, d'accès plutôt difficile, localisés sur le pourtour du massif. Les séries archéologiques semblent témoigner de ces difficultés d'accès à certaines ressources puisque on retrouve assez peu de matériaux du val de Rencurel, au faciès pourtant aisément identifiable.

Un second facteur d'accessibilité est la facilité d'extraction du matériau soit, en d'autres termes, le degré d'investissement demandé pour l'acquisition du silex sur une source donnée. Lors des prospections, sur les sources où le silex affleure dans sa roche-mère, les moyens modernes de percussion permettent le plus souvent de ne détacher que des débris de roche à moins que le calcaire soit suffisamment tectonisé pour en retirer des nodules décimétriques. A l'opposé, d'autres sources, notamment les conglomérats ou encore les poches éocènes-oligocènes, n'exigent le plus souvent aucun moyen d'extraction pour retirer de ces sédiments meubles des rognons entiers.

Ainsi, à la lecture des descriptions de gîtes, on s'aperçoit que, certains niveaux (Sinémurien, Tithonique, Kimméridgien), livrant des silex très

solidaires de la roche et de plus souvent fracturés, apparaissent peu adaptés à l'exploitation préhistorique. Toutefois, dans les régions à faible potentiel lithique, comme les Bornes, elles ont malgré tout pu être utilisées. Les sources les plus attractives pour les zones étudiées apparaissent donc être, tertiaires ou quaternaires.

Un troisième facteur d'accessibilité est lié au développement du couvert végétal au cours du temps. L'expansion de la végétation entre le Tardiglaciaire et l'Holocène a profondément modifié le paysage. Ainsi au Mésolithique, les sources devaient être beaucoup moins apparentes qu'à la fin du Paléolithique supérieur. La modification des sources exploitées et l'évolution comportementale dans l'acquisition des matières premières entre ces deux périodes peuvent être partiellement dues à ces transformations du milieu environnemental. J'attire enfin l'attention sur le fait que les formations meubles favorisent le développement de la végétation. Dans ce cas de figure entrent les affleurements du Tertiaire.

Nous avons vu que les éboulis constituaient un mode d'affleurement fréquent pour des silex d'origines géologiques variées (le Valanginien notamment). Les éboulis vifs sont régulièrement alimentés par du matériel venu des barres rocheuses les surplombant. Les silex y sont souvent de module centimétrique. L'activité de ces éboulis a débuté à la fin du Tardiglaciaire avec un maximum au début de l'Holocène pour les reliefs de moyenne altitude. Auparavant, certains types de silex, comme le Valanginien, affleuraient uniquement en falaises, périlleuses d'accès. Ainsi peut être expliqué le fait que cette variété se rencontre peu dans les séries du Paléolithique supérieur alors qu'il est bien représenté dans celles du Mésolithique. Dans ce cas, il n'est pas question de choix préférentiel mais plutôt de difficultés d'accessibilité, donc de contraintes importantes liées à l'exploitation de certains matériaux.

Ainsi le tableau des ressources en silex que nous avons dressé doit être nuancé par ces séries de remarques. Les gîtes échantillonnés n'ont donc pas tous autant de chances d'avoir été exploités durant la Préhistoire et selon les périodes. Quelques-uns, révélés par exemple par des travaux mécaniques, présentent un caractère artificiel. A l'inverse, un certain nombre de gîtes accessibles par le passé aux préhistoriques nous sont aujourd'hui masqués par des phénomènes de nature variée, géologiques, ou résultant d'aménagements anthropiques récents.

III.F.3.- Conclusions

Ce panorama nous permet de nous rendre compte de l'abondance globale du silex dans les massifs calcaires subalpins. Certains semblent toutefois moins bien « dotés », c'est le cas du massif des Bornes où par ailleurs, un très petit nombre de sites préhistoriques sont répertoriés.

Les contextes géologiques des gîtes sont toujours très variés à l'intérieur d'un massif donné. Les modes d'affleurement et l'accessibilité au silex conditionnent le comportement des préhistoriques face à la matière première. Les traits spécifiques liés à la gîtologie de chacun des massifs permettent de mieux comprendre les différences observées dans les stratégies d'acquisition des matières premières des séries étudiées.

Atteindre l'exhaustivité dans l'échantillonnage des secteurs qui ont été décrits serait un travail titanesque et illusoire puisque des phénomènes très divers ont pu conduire à masquer certains gîtes fréquentés et exploités par les hommes préhistoriques. Ainsi, nous a-t-il semblé plus pertinent dans un premier temps de se faire une idée des types et des ambiances propres à chaque massif afin de mettre en évidence des circulations inter-massifs. Dans un second temps, à l'occasion d'étude des matières siliceuses d'un site, la recherche fine des sources potentielles peut être réalisée dans un rayon défini autour du site. C'est ainsi qu'on peut à long terme espérer parvenir à réunir des informations sur les ressources lithiques d'une large zone.

La recherche de marqueurs de sources ou de types de silex est une des orientations que nous avons développée dans ce travail. Il peut s'agir de silex aux caractères pétrographiques particuliers ou présentant des signatures géochimiques originales. L'identification de ces types dans une série archéologique permet d'esquisser quelques axes de circulations et de définir des zones-sources. Ces marqueurs servent ainsi à orienter la recherche de provenance pour les séries lithiques étudiées.

La caractérisation et la codification des critères discriminants sous forme de fiches par type de silex ne constituent pas la clé des déterminations de provenance des artefacts composant l'industrie lithique d'un site. Elles sont une mise en forme et une pérennisation des informations acquises sur un type de matériau. De plus elles facilitent la recherche de provenance par la possibilité d'effectuer des tris à partir de certains critères. Cependant, l'attribution d'un artefact à un type de matériau doit repasser par la comparaison directe entre l'échantillon géologique de référence et la pièce archéologique.

PARTIE II



ICP-MS du LGCA (Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, Grenoble)

Caractérisation géochimique et études de provenance

Les deux chapitres qui composent cette partie s'articulent autour des résultats obtenus par la caractérisation géochimique dans le cadre des recherches de provenance. Les applications concernent d'une part le silex, objet central de l'étude, et d'autre part l'obsidienne. La mise en parallèle des résultats obtenus sur les deux matériaux permet de conclure sur les champs d'application de l'approche géochimique adaptée au cas du silex.

CHAPITRE 1 : *Caractérisation géochimique du silex et provenance*

I.- INTRODUCTION

I.A.- Principe de la caractérisation géochimique

Il s'agit d'utiliser la composition en éléments chimiques d'un matériau comme critère de discrimination et d'identification. L'analyse des sources de matière première menée conjointement à celle des pièces archéologiques permet de comparer les groupes géochimiques mis en évidence pour chaque catégorie d'échantillons. Elle implique que la composition en éléments chimiques soit spécifique à un ensemble de matériaux localisés de manière suffisamment ponctuelle pour définir une source au sens où l'entend l'archéologue. Il est supposé que l'enfouissement de la pièce dans son contexte archéologique ne modifie pas ou relativement peu la composition initiale du matériau.

I.B.- Bilan des recherches géochimiques sur les archéomatériaux

Les premières analyses élémentaires dans une optique archéologique, pour la recherche de provenance, concernèrent l'obsidienne et furent initiées en 1964 à Cambridge par Cann et Renfrew (1964), puis Renfrew *et al.* (1966). Quinze éléments chimiques étaient alors dosés par spectrométrie d'émission optique. Les résultats de cette étude portant sur des échantillons du bassin méditerranéen motivèrent d'autres chercheurs qui lancèrent des analyses en diversifiant les méthodes, par activation neutronique (Gordus *et al.*, 1967) et fluorescence X (Cobean *et al.*, 1971). Les secteurs géographiques concernés, s'étendirent rapidement au Wyoming (USA) (Gordus *et al.*, 1967), au Mexique (Hester *et al.*, 1971 ; Hammond, 1972 ; Pires-Ferreira, 1973), à la Méditerranée (Durrani *et al.*, 1971 ; Bigazzi et Bonadonna, 1973 ; Courtin, 1973), au Proche Orient (Dixon *et al.*, 1968 ; Cann *et al.*, 1969 ; Wright et Gordus, 1969), au Japon (Kaneoka et Suzuki, 1970 ; Suzuki, 1973) et au Pacifique (Key, 1968 ; Ambrose et Green, 1972).

Les caractérisations géochimiques ont également été appliquées à un certain nombre de matériaux, avec des succès variés. On peut citer des travaux irlandais sur la provenance de haches néolithiques en porcellanite et qui ont permis d'évaluer l'importance relative de diverses sources potentielles (Mandal *et al.*, 1997). Pour le continent nord américain, des études ont été menées sur des andésites (Jones *et al.*, 1997), des stéatites (Truncer *et al.*, 1998) et des jaspes (King *et al.*, 1997).

Parmi les autres approches susceptibles de résoudre des problèmes de provenance, on peut citer la RPE, pour l'origine de marbres dans le bassin méditerranéen (Armiento *et al.*, 1997) ou la

spectroscopie Raman pour l'identification de haches de roches vertes en Mésoamérique (Smith et Gendron, 1997). Plus récemment, dans le secteur alpin, des quartz taillés ont été soumis à des analyses par spectrométrie Raman et ICP en vue de déterminer des provenances (Cousseran, 2001).

Plusieurs bilans ont fait état des avancées dans le domaine de la caractérisation élémentaire appliquée au silex (Kempe et Harvey, 1983 ; Church, 1994). Depuis, le nombre de recherches entreprises a continué à s'accroître, de même que les types de techniques employées pour l'obtention des résultats. Le corpus de publications traitant du sujet est suffisamment étoffé pour cerner les possibilités d'application de la méthode et ses limites.

Dès le début des années 1970, les travaux de Sieveking *et al.* (1970, 1972) ouvrirent la voie à la caractérisation géochimique appliquée au silex. Ces premiers travaux furent menés par spectroscopie d'émission atomique en Grande-Bretagne, sur des silex crétacés du Nord de l'Europe. Mais c'est l'analyse par activation neutronique (ou NAA, *Neutron Activation Analysis*) qui a été mise en œuvre dans la majorité des recherches sur le silex. Un grand nombre de secteurs géographiques ont été concernés par cette méthode d'étude comme la Grande-Bretagne (Aspinall et Feather, 1972), différentes mines néolithiques d'Europe (de Bruin, 1972), des silex du Crétacé supérieur de Dordogne (Blades *et al.*, 1997) et des silex issus d'affleurements nord-américains (Luedtke, 1978, 1979 ; Hoard *et al.*, 1992, 1993 ; Morrow *et al.*, 1992 ; Cackler *et al.*, 1999), jusqu'au Nord-Ouest de l'Alaska (Malyk-Selivanova *et al.*, 1998). L'emploi de cette technique analytique s'explique par le nombre important d'éléments analysables, sa rapidité et sa sensibilité.

Des artefacts de sites archéologiques de Finlande ont également fait l'objet d'études géochimiques au moyen de la spectrométrie d'absorption atomique (Matskainen *et al.*, 1989).

L'analyse par fluorescence-X (XRF, *X-Ray Fluorescence*) n'a été appliquée qu'assez ponctuellement au silex, en raison d'une fiabilité des résultats peu satisfaisante et d'un nombre très limité d'éléments analysés (Roepke, cité par Church, 1994).

Il a également été fait appel à la méthode PIXE (*Particle-Induced X-ray Emission*), plus sensible que l'XRF et non destructive (Walter, 1993). D'utilisation peu répandue pour les analyses de silex (Consigny, 1993, 1996 ; Consigny et Walter, 1997), elle est plus généralement mise en pratique sur d'autres types de matériaux archéologiques tels que l'obsidienne (Bellot-Gurlet *et al.*, 1998 ; Summerhayes *et al.*, 1998).

La technique ICP (*Inductively Coupled Plasma*) a connu un développement récent et son emploi un succès croissant auprès des géochimistes (Potts, 1998) qui l'a

fait rapidement adopter dans le cadre des études concernant le silex, dès la deuxième moitié des années 1980 (Thompson *et al.*, 1986). La reproductibilité et la rapidité d'obtention de ses résultats, sa précision ainsi que sa sensibilité en font un outil très performant et particulièrement bien adapté au cas du silex, aux teneurs en éléments particulièrement basses, inférieures à 1% à l'exception de Si, O et dans certains échantillons, Ca. La source plasma peut être utilisée couplée à un spectromètre de masse (Bressy, 1997, 1998 ; Bressy *et al.*, 1998 ; Dufresne, 1999) ou d'émission atomique (Kars *et al.*, 1990 ; Volterra *et al.*, 1998). Selon le type de spectromètre, les limites de détection varient, ainsi que le nombre d'éléments analysables.

L'inconvénient de cette méthode est la destruction de l'échantillon. Elle peut cependant être évitée en effectuant le prélèvement sur la pièce au moyen d'une source laser. Au Centre Ernest Babelon (Orléans), cette technique a été appliquée à des silex "blonds" du Vaucluse et oligocènes provençaux (Blet *et al.*, 2000 ; Simonucci, 2000).

Dans un grand nombre d'études, les données sont traitées statistiquement, pour permettre de distinguer graphiquement des échantillons de sources différentes ou des pièces archéologiques taillées dans des matériaux différents. L'emploi de méthodes statistiques adéquates comme les analyses factorielles ou discriminantes (Luedtke, 1978, 1979 ; Hess, 1996 ; Hoard *et al.*, 1993 ; Sieveking *et al.*, 1972) permet de traiter la masse de données obtenues en considérant l'ensemble ou une partie des éléments chimiques mesurés. Toutefois, ces méthodes statistiques n'aboutissent pas toujours à des résultats plus discriminants que ceux qui peuvent être obtenus par de simples statistiques descriptives (Malyk-Selivanova *et al.*, 1998). Ces dernières ne donnent pas un poids égal à tous les éléments, mais portent uniquement sur les éléments les plus discriminants, comme certains éléments terres rares, indicateurs du milieu de formation (La, Ce et Eu par exemple).

Afin de parvenir à des résultats plus assurés, l'association de méthodes de caractérisation, géochimique, pétrographique et/ou macroscopique, a été pratiquée à l'occasion de différentes études (Kars *et al.*, 1990 ; Benedetti *et al.*, 1994 ; Dufresne, 1999), avec l'objectif de comparer les approches (Luedtke, 1979, 1992).

Ainsi, l'application de la caractérisation géochimique au silex n'est pas récente mais elle s'est essentiellement développée à travers les travaux de chercheurs anglo-saxons. En France, les recherches sur ce thème ont été amorcées depuis seulement une dizaine d'années, grâce à plusieurs travaux menés dans différents secteurs géographiques où des problèmes, de natures variées, se posent quant à la détermination d'origine des matières premières taillées par les

populations préhistoriques. Par rapport aux études anglo-saxonnes, les recherches françaises sont souvent conduites sur un nombre limité d'échantillons n'excédant pas 150 analyses contre plusieurs centaines aux Etats-Unis par exemple (Luedtke, 1978 ; Malyk-Selivanova *et al.*, 1998 ; Tobey *et al.*, 1986).

A travers quelques cas d'analyse élémentaire de silex de différentes régions françaises, nous présentons les problématiques récurrentes motivant ce type d'approche.

Les problèmes de convergence de faciès ont été abordés à travers l'étude des silex crétacés supérieurs et tertiaires du Bassin parisien au laboratoire de Recherche des Musées de France (Consigny, 1993). Au sein d'un étage, les silex offrent un aspect macroscopique semblable. La détermination des lieux d'approvisionnement des silex composant l'industrie des sites magdaléniens du Bassin parisien permettrait de reconstituer les mouvements de circulation des matières et les relations entre les sites de cette période. De cet objectif découle l'intérêt de rechercher des marqueurs géochimiques aptes à caractériser de manière univoque les sources de silex envisagées. Ainsi, après avoir cerné les variations de composition des échantillons géologiques en fonction de leur position géographique, les analyses d'artefacts ont permis de différencier des groupes parmi les pièces considérées comme exogènes.

L'analyse élémentaire a également été envisagée pour la caractérisation de matériaux circulant sur de longues distances. C'est le cas tout particulièrement du silex blond du Vaucluse et plus globalement des silex provençaux (Blet, 1999 ; Blet *et al.*, 2000). Cette étude visait à « tracer » par une approche non subjective, à l'aide de données quantitatives, ces matériaux qui ont été diffusés dans le sud de la France, et au-delà des frontières actuelles. Il s'agissait également de permettre la discrimination de plusieurs sources affleurant en Provence. Les résultats ont mis en évidence les éléments discriminants entre plusieurs types de silex appartenant à des niveaux géologiques différents ou identiques (Bédoulien/Turonien/Oligocène et Bédoulien/ Bédoulien). Les différenciations intra-formationnelles, pour quelques sources de l'Urgonien, éloignées de quelques dizaines de kilomètres, se sont parfois révélées plus délicates. Pour poursuivre sur ce point précis, d'autres études ont montré la difficulté de différencier les sources de silex appartenant à des formations identiques et distribuées dans un secteur géographique restreint (Blades *et al.*, 1997). En effet, l'objectif de cette étude, consistant à différencier les lieux d'exploitation du silex Bergeracois en Dordogne, n'a pas été atteint malgré la mise en œuvre de méthodes de traitement statistique.

Une étude multiparamétrique, incluant analyse élémentaire et géochimie isotopique du Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), a été conduite sur des silicifications tertiaires

d'Auvergne (Dufresne, 1999). La pertinence des discriminations obtenues par les isotopes du strontium a été démontrée à travers l'analyse de 23 échantillons dont 19 géologiques. Différents bassins sédimentaires tertiaires à silex ont pu être discriminés par ce biais. Les groupes géochimiques distingués parmi les échantillons géologiques, incluant plusieurs sources, ont permis d'établir des corrélations avec la vingtaine d'artefacts analysés parallèlement.

I.C.- Conclusions sur les études antérieures

D'une manière globale, la plupart des recherches sur la caractérisation géochimique ont reconnu des limites aux possibilités d'application de la méthode aux problématiques archéologiques. Elles tiennent en premier lieu aux variations de composition dues à l'hétérogénéité du silex, observables à plusieurs échelles, entre les silex issus d'une même source et entre différents prélèvements effectués au sein même d'un rognon (Sieveking *et al.*, 1972).

D'autre part, la discrimination de silex provenant de formations géologiques identiques et géographiquement proches est souvent délicate (Aspinal et Feather, 1972) tandis qu'il est aisé de différencier des silex de deux étages géologiques distincts, même rapprochés dans l'espace (Volterra *et al.*, 1998). Enfin, l'éloignement géographique de sources de même étage favorise leur discrimination (Luedtke, 1978).

Outre les possibilités d'identification d'origine, la caractérisation géochimique du silex apporte des informations sur le milieu de formation du silex, et sur les sédiments qui l'encaissent. A ce sujet plusieurs études ont été menées (Weis et Wasserburg, 1987 ; Murray *et al.*, 1990 ; Armstrong *et al.*, 1999). Ces informations présentent un intérêt dans la recherche de provenance puisqu'elles peuvent orienter vers un type de terrain particulier, localisable en fonction de la géologie régionale.

II.- APPLICATION DE LA GEOCHIMIE A LA PROBLEMATIQUE REGIONALE

II.A.- Une réponse quantitative à des questions archéologiques

Nous souhaitons à présent rappeler quels ont été les facteurs qui ont déterminé le recours à la caractérisation géochimique. Ceux-là ont été évoqués dans les pages précédentes et il nous semble à propos de les rappeler ici afin de montrer de quelle façon nous avons orienté les analyses et quelles ont été les questions abordées au moyen de la géochimie.

Les difficultés liées à la caractérisation du silex des massifs préalpins avaient de longue date incité les chercheurs intéressés à s'orienter vers des méthodes

moins conventionnelles que l'examen à l'œil nu et à la loupe binoculaire. En effet, si ces dernières suffisent à différencier les silex valanginiens, barrémo-bédouliens et sénoniens affleurant régionalement, elles se révèlent moins efficaces lorsqu'il s'agit d'individualiser les types issus d'un même étage géologique, tout particulièrement celui du Sénonien. Or le silex sénonien affleure de façon étendue entre le nord du massif du Vercors et de la Chartreuse, et fut recherché par les occupants des sites régionaux pour sa bonne aptitude à la taille. Les méthodes conventionnelles de caractérisation apparaissent limitées non seulement par la pauvreté en microfossiles des silex sénoniens et la monotonie de leur texture sédimentaire mais encore, sur le plan des caractères macroscopiques, par le polymorphisme de ces silex. A ces inconvénients s'ajoutent encore des spécificités gîtologiques, puisqu'une grande partie des sources potentielles sont secondaires, c'est-à-dire que le silex s'y retrouve en position remaniée. Ainsi, un même type peut être ubiquiste, se rencontrer dans des gîtes géographiquement éloignés, introduisant un biais dans les déterminations de provenance.

La possibilité de réaliser des analyses élémentaires sur le silex a été envisagée avec l'acquisition par le LGCA de Grenoble d'une ICP couplée à un spectromètre de masse. Ce type d'appareillage offrait l'ensemble des conditions nécessaires à l'analyse d'un matériau tel que le silex : précision, reproductibilité, faible bruit de fond, rapidité d'analyse, nombre élevé d'éléments analysables. Une ligne budgétaire a été demandée et accordée par l'Université J. Fourier de Grenoble sur le problème spécifique de la caractérisation géochimique du silex. Elle a permis de couvrir les frais de deux années d'analyse. Le projet Circalp (région Rhône-Alpes) a également financé plus d'une vingtaine de mesures.

II.B.- Choix des échantillons

Les analyses se sont étalées sur cinq années, nous permettant de privilégier quatre orientations de recherche.

Nous avons choisi d'analyser dans un premier temps des échantillons géologiques issus de sources primaires et secondaires. Le premier volet d'analyse a essentiellement concerné des silex sénoniens du Vercors, au nombre de 49. A ceux-ci se sont ajoutés trois échantillons archéologiques provenant de La Grande-Rivoire, et deux silex bédouliens naturels de la montagne de Belle Motte. La deuxième série a été consacrée à l'analyse de plus d'une vingtaine de silex sénoniens de Chartreuse afin de comparer leur composition avec celle des silex de même étage provenant du Vercors. La question du silex bédoulien a été abordée parallèlement, à travers l'analyse de 10 silex naturels de la montagne de Belle Motte et de 14 artefacts du tout proche site de Jiboui. Dans un troisième temps, en raison de résultats intéressants

obtenus auparavant, nous avons focalisé nos analyses sur plus d'une vingtaine d'échantillons provenant du site (n=10) et du gîte (n=13) de la Grande-Rivoire. Enfin, des analyses plus récentes ont abordé la caractérisation des silex tertiaires (seulement trois échantillons) ainsi que les discriminations de silex de même formation, appartenant à des sources éloignées de plusieurs dizaines de kilomètres (silex sénonien du Bugey, cinq échantillons). Les caractères gîtologiques, macroscopiques et pétrographiques de l'ensemble des échantillons analysés sont présentés en annexe 6.

Enfin, certains échantillonnages nous ont permis d'aborder des questions plus particulières, comme l'hétérogénéité intra-source et intra-nodule ainsi que l'effet de la patine sur l'attribution à la source.

II.C.- Considérations analytiques

Nous avons eu recours à la technique ICP, un plasma couplé par induction, associée soit à un spectromètre d'émission atomique (ICP-AES, *Inductively Coupled plasma-Atomic Emission Spectrometry*), soit à un spectromètre de masse (ICP-MS, *Inductively Coupled plasma-Mass Spectrometry*). Chaque appareil a servi à l'analyse d'éléments différents (tableaux II.1 et II.2).

Elément	
Phosphore	P
Aluminium	Al
Fer	Fe
Manganèse	Mn
Magnésium	Mg
Calcium	Ca
Sodium	Na
Potassium	K
Titane	Ti

Tableau II.1 - Eléments mesurés par ICP-AES.

Elément	Isotope	Elément	Isotope
Cobalt	Co 59	Gadolinium	Gd 157
Rubidium	Rb 85	Terbium	Tb 159
Strontium	Sr 86	Dysprosium	Dy 163
Yttrium	Y 89	Holmium	Ho 165
Zirconium	Zr 90	Erbium	Er 167
Niobium	Nb 93	Thulium	Tm 169
Caesium	Cs 133	Ytterbium	Yb 174
Barium	Ba 135	Lutetium	Lu 175
Lanthanum	La 139	Hafnium	Hf 177
Cerium	Ce 140	Tantale	Ta 181
Praeodymium	Pr 141	Plomb	Pb 208
Neodyme	Nd 146	Thorium	Th 232
Samarium	Sm 147	Uranium	U 238
Europium	Eu 151		

Tableau II.2 - Isotopes utilisés en ICP-MS pour le dosage des éléments traces.

Les aspects purement techniques des analyses sont présentés en annexe 7. Cette dernière décrit le fonctionnement des appareils utilisés ainsi que le protocole analytique adopté depuis le sciage de l'échantillon jusqu'au calcul des teneurs. Cette méthode requiert une faible quantité de matériau (inférieure à 200 mg), et assure des déterminations très précises pour des concentrations extrêmement faibles.

Le protocole présenté pour l'ICP-MS est celui auquel ont abouti cinq années d'expérimentation. Son évolution, en deux étapes, est allée dans le sens d'une plus grande rapidité ainsi que d'une amélioration de la reproductibilité et de la justesse des mesures. En outre, la mise en œuvre expérimentale et les moyens de calcul des teneurs à partir des données brutes ont été facilités.

Les données du corpus d'échantillons analysés par ICP-MS ont été obtenues dans un premier temps :

1) par mesure des **traces** en utilisant un standard externe d'une part et dosage des **éléments terres rares** avec séparation sur colonne et calibration par un étalon interne (spike au Tm) d'autre part. Ce procédé a concerné la première série d'analyses de l'année 1997, soit 17 échantillons.

2) Sans séparation, avec spike au Tm (étalon interne) pour la détermination de **l'ensemble des éléments**, traces et terres rares, au cours d'un unique passage en ICP-MS. Ce protocole a été appliqué à la majorité des échantillons analysés.

Un seul protocole expérimental a été utilisé pour les mesures par ICP-AES.

II.C.1.- Justesse

La justesse des analyses a été testée à l'aide de standards géologiques internationaux. Nous avons utilisé trois standards préparés par l'US Geological Survey (USGS) : le RGM-1 qui correspond à une rhyolite californienne, le BHVO-1, un basalte de la caldeira du volcan Kilauea (Hawaii) et le BIR-1, un basalte d'Islande (Reykjavik). Nous avons également employé le WS-E, une dolérite du nord-est de l'Angleterre ainsi que le SRM278 décrit comme une obsidienne de Clear Lake Oregon fournie par le NIST (National Institute for Standards and Technologies). Ce dernier étalon est particulièrement bien adapté pour l'analyse d'obsidienne puisqu'il présente une composition chimique similaire. Ces standards sont par contre relativement éloignés du point de vue de leurs teneurs élémentaires de la composition du silex. Cependant il n'existe pas de standards internationaux présentant des teneurs équivalentes à celles des silex que nous avons analysés.

Le tableau II.3 présente les valeurs recommandées pour les standards comparées à celles que nous avons obtenues par les analyses en ICP-MS pour les traces et en ICP-AES pour les majeurs.

ICP-MS Eléments (ppm)	RGM-1			BIR-1			BHVO-1		
	Valeurs recommandées	Valeurs analytiques	% diff.	Valeurs recommandées	Valeurs analytiques	% diff.	Valeurs recommandées	Valeurs analytiques	% diff.
Co	2	1,88	-6,10	53	57,48	8,45	45	43,29	-3,80
Rb	149	144,70	-2,88	0,20	0,20	2,98	9,20	8,84	-3,90
Sr	108	103,15	-4,49	106	107,58	1,49	399	381,52	-4,38
Y	(25)	24,21	-3,17	16,20	15,86	-2,08	27,10	27,37	1,01
Zr	219	236,41	7,95	(14,47)	16,50	14,00	184	181,26	-1,49
Nb	8,9	8,94	0,48	0,56	0,59	6,08	19,70	19,13	-2,89
Cs	9,6	9,96	3,76	(0,005)	0,006	22,12	(0,097)	0,10	-1,01
Ba	807	832,87	3,21	(6,5)	6,64	2,12	132,86	130,51	-1,77
La	22,6	22,82	0,99	0,60	0,60	-0,89	15,74	15,32	-2,64
Ce	47,44	45,79	-3,47	1,90	1,87	-1,47	37,77	37,32	-1,20
Pr	(5,29)	5,34	0,89	0,38	0,37	-3,23	5,40	5,39	-0,25
Nd	18,84	19,11	1,42	2,38	2,30	-3,44	24,81	24,68	-0,54
Sm	3,85	3,99	3,73	1,12	1,07	-4,21	6,10	6,19	1,42
Eu	0,61	0,61	0,41	0,52	0,49	-6,03	1,98	2,07	4,56
Gd	3,4	3,61	6,06	1,85	1,84	-0,73	6,20	6,30	1,65
Tb	0,56	0,60	7,92	0,38	0,36	-5,03	0,95	0,96	0,77
Dy	3,64	3,66	0,57	2,53	2,56	1,13	5,37	5,32	-0,96
Ho	(0,74)	0,79	6,27	0,59	0,57	-2,24	(1,01)	1,00	-1,14
Er	2,2	2,35	6,75	1,73	1,59	-8,31	2,38	2,55	7,11
Yb	2,44	2,52	3,32	1,65	1,68	1,61	2,01	1,98	-1,35
Lu	0,39	0,39	-0,04	0,25	0,26	4,10	0,29	0,27	-6,11
Hf	6,2	6,13	-1,15	(0,56)	0,65	16,53	4,49	4,57	1,72
Pb	24	24,32	1,32	3,004	1,77	-41,16	2,055	1,59	-22,68
Ta	0,95	0,89	-5,97	(0,04)	0,04	12,23	1,21	1,18	-2,64
Th	15,1	15,05	-0,32	(0,03)	0,03	9,08	1,10	1,25	13,91
U	5,8	5,21	-10,10	(0,01)	0,01	1,10	0,41	0,40	-1,36

ICP-AES (%)									
Al ₂ O ₃	13,72	13,65	-0,54	15,35	15,39	0,29	13,8	13,42	-2,76
Fe ₂ O ₃	(1,86)	1,46	-21,32	11,26	10,82	-3,90	12,23	11,90	-2,71
MnO	0,036	0,03	-7,73	0,171	0,17	2,13	0,168	0,18	4,72
MgO	0,275	0,26	-4,19	9,68	9,79	1,10	7,23	7,39	2,24
CaO	1,15	1,32	14,62	13,24	12,83	-3,09	11,4	11,63	2,02
Na ₂ O	4,07	4,16	2,33	1,75	1,90	8,32	2,26	2,41	6,69
K ₂ O	4,3	4,47	3,93	0,027	0,02	-38,84	0,52	0,71	37,15
TiO ₂	0,267	0,26	-1,30	0,96	0,95	-1,07	2,71	2,80	3,42

Tableau II.3 - Valeurs obtenues sur les géostandards RGM-1, BIR-1 et BHVO-1 par ICP-MS et ICP-AES. Valeurs recommandés : Govindaradju (1994), les valeurs entre parenthèses sont indicatives.

La différence exprimée en % entre les deux valeurs a été calculée de la manière qui suit :

$$\% \text{ diff.} = (V_a - V_r) / V_r * 100$$

où V_a correspond à la valeur obtenue par l'analyse et V_r à la valeur recommandée (Govindaradju, 1994).

Les résultats obtenus s'accordent de manière très satisfaisante avec les valeurs recommandées. Pour les mesures ICP-MS, les plus forts écarts constatés concernent Cs, Hf, Pb et Ta, lorsque leurs concentrations dans les échantillons standards sont relativement basses (dans BIR-1 pour l'ensemble de ces éléments et BHVO-1 pour Pb).

Concernant les éléments mesurés par ICP-AES, la justesse est fortement corrélée avec le niveau de teneur de l'échantillon. La majorité des écarts sont inférieurs à 5 % et il est fréquent qu'ils ne dépassent pas 3 %.

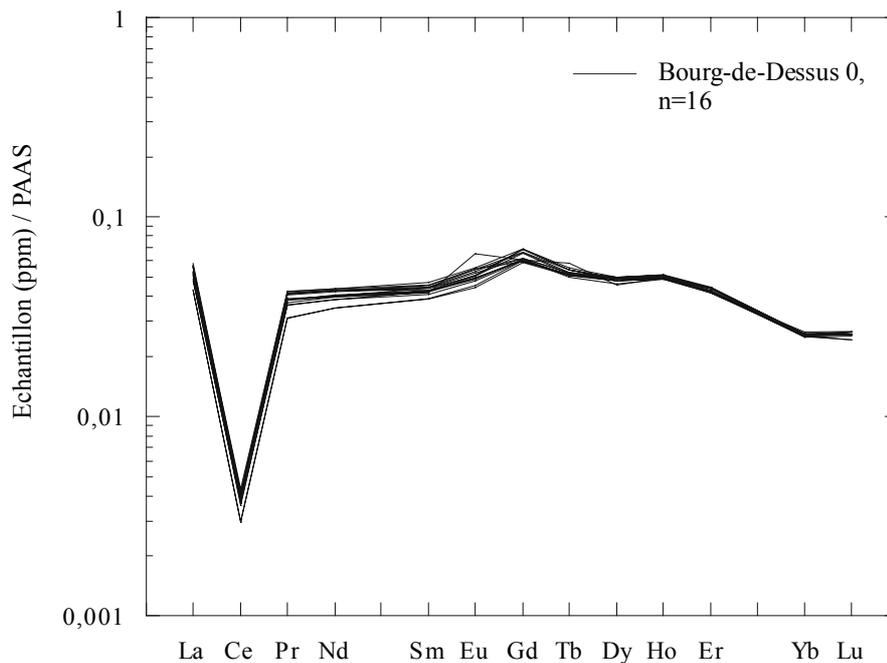
II.C.2.- Reproductibilité

Une poudre de silex (échantillon Bourg-de-Dessus 0) a été passée aux côtés des échantillons de façon répétée à chaque série d'analyse, à la manière d'un standard. Elle permet de vérifier la reproductibilité des mesures des appareils à des niveaux de teneurs équivalents à ceux du silex, ce qui n'est pas le cas des standards internationaux qui présentent des concentrations plus élevées. Les résultats obtenus sur cette poudre sont donnés pour l'ensemble des éléments au tableau II.4 et plus particulièrement pour les terres rares à la figure II.1. Ils concernent les huit séries d'analyses réalisées de 1997 à 2001, correspondant à 16 échantillons analysés.

Echantillon Bourg-de-Dessus-0			
	Moyenne (ppm)	Coeff. de var.	Coeff. de var. %
Eléments traces (ppm)			
Co	0,81	0,26	31,91
Rb	0,31	0,06	19,79
Sr	2,13	0,38	17,82
Y	2,99	0,25	8,27
Zr	0,73	0,15	20,22
Nb	0,07	0,01	17,55
Ba	7,26	1,89	26,09
Hf	0,02	0,00	6,80
Ta	0,00	0,00	53,75
Pb	0,31	0,24	76,79
Th	0,05	0,01	14,35
U	1,59	0,17	10,78
Eléments terres rares (ppb)			
La	2005,08	183,84	9,17
Ce	300,89	29,62	9,84
Pr	339,09	30,64	9,04
Nd	1369,70	95,18	6,95
Sm	237,73	12,24	5,15
Eu	55,55	5,34	9,61
Gd	294,66	16,62	5,64
Tb	40,64	1,70	4,18
Dy	226,48	5,97	2,64
Ho	49,27	0,92	1,86
Er	122,57	2,80	2,29
Yb	72,19	1,17	1,62
Lu	11,16	0,28	2,54

Tableau II.4 - Coefficients de variation obtenus après 16 passages de l'échantillon Bourg-de-Dessus-0 au cours de huit séries d'analyses.

Figure II.1 - Spectres de terres rares normalisés au PAAS des échantillons de Bourg-de-Dessus-0.



Ces résultats doivent être mis en relation avec les très faibles teneurs élémentaires de cet échantillon et plus généralement du silex. Les dispersions les plus importantes s'observent dans l'ordre croissant pour Co, Ta et Pb. Les contaminations possibles par l'air pour ce dernier élément peuvent partiellement expliquer ses résultats.

II.C.3.- Limites de détection

Ces limites ont été déterminées en considérant les teneurs du blanc analytique (tabl. II.5) qui résultent des solutions utilisées pour l'attaque et les dilutions d'échantillons.

	<i>Teneurs en éléments traces (ppm)</i>												
	Co	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Hf	Ta	Pb	Th	U
Echantillon Conv9	0,15	1,73	30,05	0,48	1,86	0,19	ND	94,57	0,05	0,030	ND	2,66	8,93
Blanc	0,096	0,04	0,6	0,009	0,1	0,009	0,008	0,3	0,01	0,003	0,97	0,004	0,005
	<i>Teneurs en éléments terres rares (ppb)</i>												
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
Echantillon Conv9	324	632	80,6	305	61,46	13,98	54	8,77	57	11,87	34,32	30,87	5,09
Blanc	15,3	117,5	13,5	30,2	23,0	7,2	19,4	4,6	8,8	2,5	9,2	6,6	2,5

Tableau II.5 - Détermination des limites de détection par la mesure d'un blanc analytique. Mise en relation avec les teneurs d'un échantillon de silex sénonien du Vercors (ND : non dosé).

On observe que les teneurs pour certains éléments du silex pris en exemple, comme Co, Hf, Ta, Pb et Lu sont relativement proches de ces limites. Leurs données seront donc moins fiables dans leur utilisation à des fins discriminantes.

Je précise ici que le calcul de la concentration d'un échantillon pour un élément donné prend en compte les teneurs du blanc analytique, puisqu'elles sont retranchées au résultat fourni par le comptage des coups pour aboutir aux teneurs effectives de l'échantillon.

II.D.- Résultats des applications

II.D.1.- Présentation des données

Les teneurs brutes de chacun des échantillons analysés sont présentées en annexe 8 sous forme de tableaux. Quelques résultats sur les différents éléments analysés doivent être présentés de façon préliminaire. Nous nous intéresserons successivement aux éléments mesurés en ICP-AES, aux éléments traces et aux terres rares.

II.D.1.a.- Les éléments mesurés en ICP-AES

L'ICP-AES est utilisée en routine pour la détermination des teneurs en éléments majeurs (>1%)

des roches. Cependant, parmi les neuf éléments déterminés habituellement (Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Ti et P), seuls Fe, Al, Ca, Na et K présentaient des teneurs supérieures aux limites de détection de l'appareil pour la majorité des échantillons soumis à l'analyse. Un autre élément, P, n'a pas été détecté dans tous les silex comme par exemple le Barrémo-bédoulien de la montagne de Belle Motte et le Sénonien de Chartreuse. Pour les échantillons sénoniens, les teneurs en Ti sont souvent à peine supérieures et quelquefois inférieures aux limites de détection. Par contre il est bien plus abondant dans les échantillons de la montagne de Belle Motte, ce qui peut contribuer à sa discrimination vis à vis des silex sénoniens (tabl. II.6).

En raison de leurs faibles teneurs, les résultats

concernant ces éléments seront donnés en ppm (partie par million) dans les tables analytiques (annexe 8), alors qu'ils sont communément exprimés en pourcentage.

Les éléments majeurs présentent pour les silex une certaine variabilité, avec des fourchettes relativement larges, même en considérant une seule et unique source (par exemple la montagne de Belle Motte). Cette dispersion importante est sans doute à mettre en relation avec les teneurs basses rencontrées dans le silex et à son hétérogénéité.

En raison de leur faible caractère discriminant, les mesures des éléments « majeurs » par ICP-AES n'ont pas été effectuées sur l'ensemble des échantillons.

Oxydes	Teneurs (%)	
	Barrémo-Bédoulien (N=9)	Sénonien (N=24)
P ₂ O ₅	n. d.	0,01 - 0,1
Fe ₂ O ₃	0,04 - 0,2	0,02 - 0,28
TiO ₂	0,01 - 0,6	n. d.
Al ₂ O ₃	0,1 - 0,6	0,03 - 0,22
CaO	0,04 - 0,4	0,03 - 20,4
Na ₂ O	0,09 - 0,2	0,01 - 0,05
K ₂ O	0,01 - 0,1	0,03 - 0,1

Tableau II.6 – Comparaison des teneurs en éléments majeurs entre les échantillons barrémo-bédouliens et sénoniens.

II.D.1.b.- Les éléments traces

L'ICP-MS a permis de déterminer les concentrations de Co, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, Hf, Ta, Pb, Th et U. Leurs teneurs sont exprimées en ppm dans les tableaux de résultats (annexe 8). Quelques éléments, Cs, Hf, Ta et Pb, n'ont pas été systématiquement mesurés, en fonction des menus d'analyse choisis. De plus, la reproductibilité médiocre des résultats sur ces éléments présents en faibles concentrations dans le silex ne nous amène pas à les considérer comme discriminants.

On observe pour certains des éléments traces des variations de concentration parfois importantes entre échantillons. C'est le cas par exemple pour Rb, Sr, Y, Ba et U. Ces variations peuvent être utilisées à des fins discriminantes entre sources de silex. On constate cependant qu'au sein d'une même source primaire, ou au sein même d'un silex, nous y reviendrons, des variations de teneurs significatives sont encore observables. Les éléments traces dont il est question sont en effet distribués de façon inhomogène dans le silex, car ils sont incorporés pour partie dans des phases minérales particulières (argiles, etc), ponctuelles, ou des composants d'origine organique. Afin de présenter graphiquement les résultats obtenus pour les éléments traces, nous aurons recours à des diagrammes binaires ou à des histogrammes.

II.D.1.c.- Les éléments terres rares

Ces éléments, peu abondants dans la nature, sont traités comme un groupe en raison de la similarité de leur taille, de leur charge électrique et de leurs propriétés chimiques. Ils se rencontrent le plus souvent adsorbés sur des minéraux, particulièrement ceux de l'argile, mais également sur les oxydes de fer et de manganèse et sur la matière organique. Peu mobiles, ils ont modérément été affectés par les processus diagénétiques. Pour cette raison, ils peuvent apporter des informations sur les environnements de dépôt (Murray *et al.*, 1990), dans une optique géologique.

Nous avons dosé 12 éléments terres rares : La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er et Yb. Compte tenu des faibles teneurs de ces éléments, elles sont exprimées en ppb (partie par billion) dans les tableaux de données.

Les données obtenues sur les terres rares peuvent être exploitées sous la forme de spectres, après normalisation des concentrations par rapport aux valeurs du PAAS (*Post Archean Australian Shale*) qui correspondent à la composition moyenne de la croûte continentale (Taylor et McLennan, 1985). Ces valeurs sont classiquement appliquées à la normalisation des roches sédimentaires. Les spectres de terres rares normalisées apportent des critères de différenciation par leurs profils et par leurs niveaux de teneurs. Les proportions relatives des terres rares sont constantes. Dans la mesure où aucun événement n'a produit de

fractionnement, un spectre de terres rares normalisées doit présenter un profil quasiment horizontal. Or à l'examen de quelques diagrammes normalisés de silex, on observe fréquemment :

- des proportions différentes entre les terres rares légères (de La à Eu) et les éléments terres rares lourds (de Gd à Lu).
- une anomalie dans les proportions de Ce par comparaison avec le reste du groupe.

La modification des proportions entre terres rares lourdes et légères résulte de mécanismes relatifs à l'acidité du milieu : les terres rares légères sont dissoutes plus facilement dans les eaux acides alors que la dissolution des terres rares lourdes s'opère dans les eaux alcalines. En reliant ces données aux environnements de dépôt, on observera un enrichissement préférentiel en terres rares légères dans les sédiments terrestres et en terres rares lourdes dans les sédiments de mers profondes.

L'anomalie en Ce est liée au comportement géochimique particulier de cet élément. En effet, contrairement aux autres terres rares, le Ce passe de l'état soluble (CeIII, trivalent) en milieu réducteur à l'état insoluble (CeIV, tétravalent) en milieu oxydant. Ce se révèle être un indicateur des conditions redox qui prévalaient au moment de l'incorporation des terres rares par la roche. Or, le silex présente des anomalies en Ce variables. Elles indiquent a priori que les nodules se sont formés dans des conditions de dépôt différentes. Luedtke (1992) rappelle les corrélations possibles entre la profondeur du milieu marin et son oxygénation : dans un sédiment marin formé à faible profondeur, Ce sera peu soluble et aucune anomalie négative n'apparaîtra au niveau du spectre de terres rares car le milieu est bien oxygéné ; par contre, dans un sédiment formé à grande profondeur, mal oxygéné, l'anomalie sera prononcée. Luedtke estime que, le silex héritant des caractères en terres rares de son encaissant, ces remarques s'appliquent à ses teneurs en Ce et que, réciproquement, il serait possible de déduire le milieu de formation du silex à partir de son anomalie. A la suite de Luedtke (1992) et de Malyk-Selivanova (1998), nous avons considéré que l'anomalie en Ce était susceptible d'apporter des éléments de discrimination entre les sources. C'est pourquoi elle a été systématiquement calculée selon la formule donnée par German et Elderfield (1990) :

$$Ce/Ce^* = 3(Ce_n)/(2*La_n+Nd_n)$$

Où Ce_n correspond à la teneur en Ce normalisée de l'échantillon ; de même, La_n et Nd_n se rapportent respectivement aux teneurs normalisées de La et Nd.

Nous avons en outre testé différents rapports d'éléments, significatifs des conditions de dépôt des roches sédimentaires comme Rb/Sr, La_n/Ce_n (où l'indice n indique la normalisation de la teneur au PAAS), Eu_n/Sm_n et La_n/Yb_n .

Ainsi que l'a déterminé Murray (1990),

$Ce_n/Ce_n^* < 0,8$ (une anomalie en Ce négative) et $La_n/Ce_n > 1$ caractérisent des dépôts de milieu océanique ouvert alors que $Ce_n/Ce_n^* > 0,8$ (anomalie en Ce positive) et $La_n/Ce_n < 1$ indiquent un dépôt sur les marges continentales.

Enfin, d'une manière générale, l'ensemble des terres rares présente un enrichissement dans les eaux profondes anoxiques par comparaison avec la portion superficielle, bien oxygénée de la colonne d'eau (German et Elderfield, 1990).

Le comportement des terres rares présente donc un grand intérêt dans la caractérisation des sources et les signatures les plus discriminantes ont été déterminées au cours des recherches entreprises pour différencier les sources de silex.

II.D.2.- Problèmes analytiques rencontrés et recours possibles

Certains échantillons analysés, ayant montré des résultats atypiques, ne seront pas utilisés dans les traitements globaux des données. Des problèmes de pollution sont suspectés étant donné que les vérifications des calculs n'ont pas révélé d'erreur. Les échantillons concernés sont les suivants : CCHI2 5.16, CCHI2 8.19 et Gbx 8.

Afin de comparer les échantillons géologiques de la montagne de Belle Motte avec les silex du site archéologique voisin de Jiboui, nous avons mesuré les teneurs de 11 échantillons naturels d'une part, au cours d'une première série d'analyse et de 15 pièces archéologiques d'autre part. Les examens macroscopiques et pétrographiques avaient montré que les artefacts étaient taillés dans le matériau de Belle Motte. Or, les résultats géochimiques n'ont dans un premier temps pas confirmé cette observation en raison d'un phénomène qui a touché huit artefacts analysés au cours de la même série.

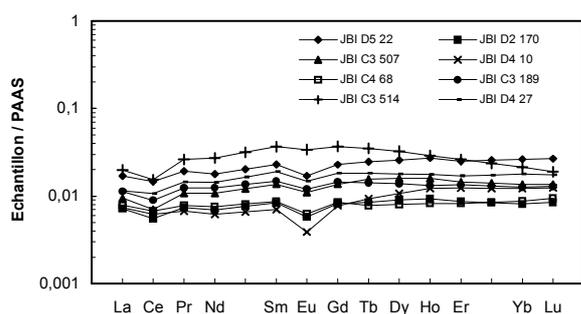


Figure II.2 - Spectres de terres rares normalisées des échantillons archéologiques (série 2, 1998).

En effet, les spectres de terres rares des échantillons de la deuxième série montrent sans exception une anomalie en Europium (Eu) (fig. II.2) qu'aucun échantillon géologique de la montagne de Belle Motte ne présentait. En outre, à l'exception

l'anomalie en Eu, le profil des spectres de terres rares et les ordres de grandeur des teneurs normalisées sont sensiblement identiques entre silex archéologiques et géologiques.

Plusieurs hypothèses peuvent donc être avancées pour expliquer ce phénomène.

La première suppose que les échantillons archéologiques ne proviennent pas des sources géologiques échantillonnées. Or, les prospections ont permis d'avoir une bonne connaissance du terrain et si l'échantillonnage n'a pu être totalement exhaustif, la plupart des différents faciès géologiques ont été prélevés et analysés. De plus, l'analyse pétrographique rapportait les artefacts à ces sources locales.

Un second aspect à considérer est l'altération subie par le silex suite à l'enfouissement. Sa composition a pu être modifiée au cours des quelques dizaines de milliers d'années où il est resté enfoui. Toutefois, on pourrait s'attendre à ce que, s'il y a eu modification de la composition, elle ne touche pas les éléments terres rares qui sont peu mobiles. Par ailleurs, l'analyse d'autres artefacts, dans des contextes différents, n'a pas montré d'appauvrissement net en Eu.

L'hypothèse d'un problème analytique ayant conduit à l'apparition de cette anomalie a été envisagée et vérifiée en réalisant une série de manipulations supplémentaires sur les échantillons concernés par le problème.

Il existe en effet des interférences entre Ba et Eu, dues à une masse identique (135) pour les deux ions, lorsque Ba se présente sous sa forme oxydée (BaO). Elle est compensée par une correction calculée lors de la conversion des coups par seconde en ppm. Or il est possible que cette interférence ait été mal corrigée.

Il s'agit de l'hypothèse la plus plausible en raison des résultats obtenus pour les échantillons archéologiques, issus des mêmes couches, analysés au cours de la dernière série et qui ne présentent pas d'anomalie. Afin de la confirmer, nous avons effectué une série de mesures portant uniquement sur les terres rares en éliminant les autres éléments par "séparation sur colonne" (Barrat *et al.*, 1996), dans le but de supprimer toute interférence. Ces analyses ont concerné les échantillons archéologiques qui présentaient l'anomalie en Eu, c'est-à-dire ceux passés au cours de la série 2 de 1998.

Le calcul des éléments terres rares est exécuté en fonction de la masse de spike (Tm) additionnée à l'aliquote de la solution-mère. Après normalisation des teneurs en terres rares, l'anomalie en Eu n'apparaît plus sur les spectres des échantillons séparés sur colonne (fig. II.3).

Cet exemple illustre la nécessité de prendre conscience des problèmes analytiques potentiels afin d'interpréter et exploiter aussi correctement que possible les résultats fournis par les ICP.

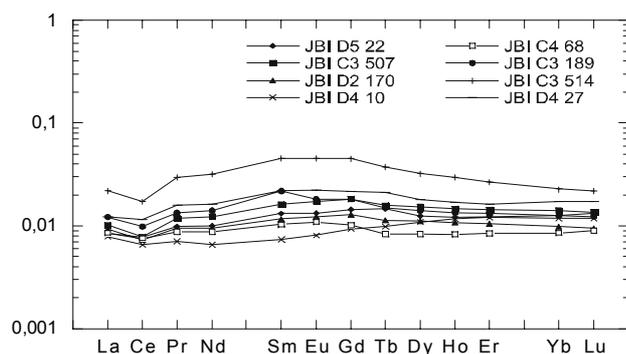


Figure II.3 – Spectres de terres rares normalisés des échantillons de Jiboui après séparation sur colonne. L'anomalie en Eu a disparu.

II.D.3.- L'hétérogénéité du silex

Nous avons dans un premier temps testé cette hétérogénéité à l'échelle d'un nodule en analysant séparément quatre prélèvements effectués à partir d'un rognon de silex d'aspect et de texture sédimentaire homogène (CCxP 10). Les résultats montrent une dispersion des teneurs des éléments traces variables, étant surtout importante pour Co, Rb, Ba et Pb (avec des coefficients de variation atteignant 63 %) (fig. II.4). Les teneurs en éléments les plus constantes dans cet échantillon sont les terres rares (plus particulièrement les terres rares lourdes, de Gd à Lu) (fig. II.5) et U.

Un second aspect de l'hétérogénéité intra-nodule peut être abordé par l'analyse de deux portions d'un même silex présentant chacune une coloration différente. Nous avons pu procéder à ce type de mesure avec l'échantillon des Griats n°19 qui présente macroscopiquement des marbrures de couleur marron et grise.

U et Co montrent les variations de teneurs les plus prononcées (fig. II.6). Du point de vue des terres rares (fig. II.7), on observe un comportement différent entre les terres rares lourdes des deux prélèvements. Ces variations élémentaires peuvent être expliquées par la relation étroite qui existe entre la couleur, les conditions de formation et la composition chimique. En effet, la partie marron, claire, relève de conditions locales oxydantes, tandis que la partie grise s'apparente à des conditions réductrices. Or nous avons exposé (cf § II.D.1.c) qu'en milieu réducteur, les éléments terres rares lourds étaient susceptibles de s'enrichir vis à vis des terres rares légères. C'est précisément ce que montre la figure II.7. Ensuite, U est fréquemment associé à la présence de matière organique. Or, l'abondance en U est nettement supérieure dans la partie grise (fig. II.6).

Ces résultats obtenus sur deux cas de figure montrent qu'on ne peut pas établir de généralité au sujet de l'hétérogénéité du silex. Cette dernière se manifeste de manière différente selon l'échantillon considéré et les variations de teneurs concernent des éléments différents.

L'hétérogénéité du silex peut également se manifester à l'échelle d'une source. A l'aide des résultats concernant les échantillons de sources primaires analysés, nous traiterons de cette variabilité géochimique intra-source, qui peut avoir des conséquences sur les possibilités de caractérisation d'un gîte au moyen de la géochimie.

II.D.4.- Les sources analysées

II.D.4.a.- Les sources primaires

Une source primaire, valanginienne, a été caractérisée par un échantillon de silex provenant du gîte de la route des Ecouges, sur la commune de Rovon. L'analyse de cet échantillon, isolé, ne présente d'intérêt que dans l'optique de comparer sa composition avec celle de silex formés dans d'autres étages géologiques. Ce silex valanginien s'individualise bien de ces derniers par la combinaison de teneurs élevées en Th et en Zr (annexe 8).

II.D.4.a.1.- L'exemple d'une source bédoulienne

La source de la montagne de Belle Motte livre des nodules décimétriques gris foncé à noir en place dans leur encaissant, des falaises de calcaire bédoulien, ou en position sub-primaire dans les éboulis. En raison de la variation de la texture sédimentaire du calcaire résultant des courants de turbidité, le silex de Belle Motte montre une large variabilité de faciès, aussi bien macroscopique que pétrographique. La composition des 11 silex bédouliens de la montagne de Belle Motte analysés reflète cette hétérogénéité. Du point de vue des éléments traces, les variations de teneurs sont importantes puisque les coefficients de variation pour chacun des éléments mesurés oscillent entre 30 % pour Zr et 71 % pour Ba (tabl. II.7). Les coefficients de variation pour les terres rares demeurent élevés puisqu'ils sont compris entre 32 % et 57 %. En observant les spectres de terres rares normalisés (fig. II.8), on constate également cette variabilité de composition. Toutefois, ces diagrammes présentent un profil horizontal similaire avec une anomalie en Ce peu marquée. Le calcul de l'anomalie en Ce (Ce/Ce^*) ainsi que le rapport La_n/Ce_n peuvent servir à caractériser l'ensemble de la source de Belle Motte puisqu'ils sont très similaires entre les échantillons (tabl. II.8).

	Belle Motte, n=11	
	La/Ce	Ce/Ce*
Moyenne	1,08	0,91
Ecart type	0,04	0,03

Tableau II.8 – Moyenne et écart-type des rapports La_n/Ce_n et Ce/Ce^* pour les 11 échantillons de la source bédoulienne de Belle Motte.

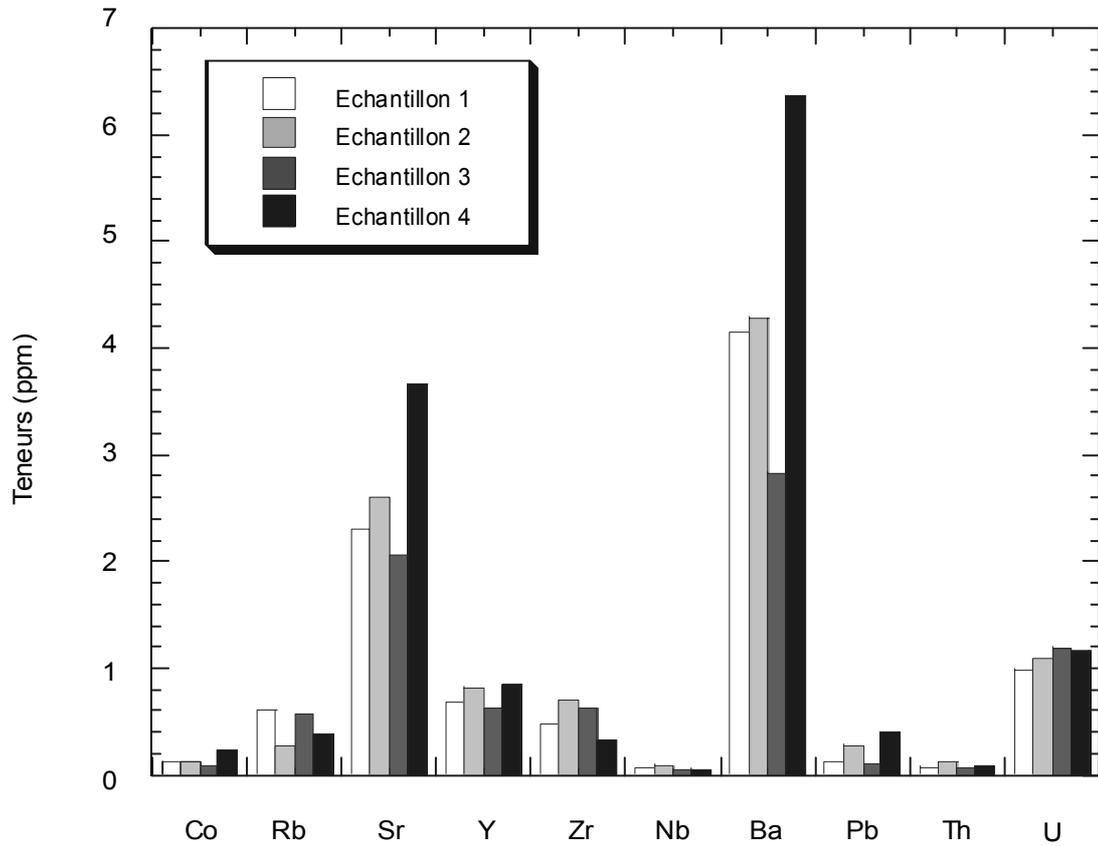


Figure II.4 - Comparaison des teneurs en éléments traces de quatre échantillons issus du nodule CCx Per 10.

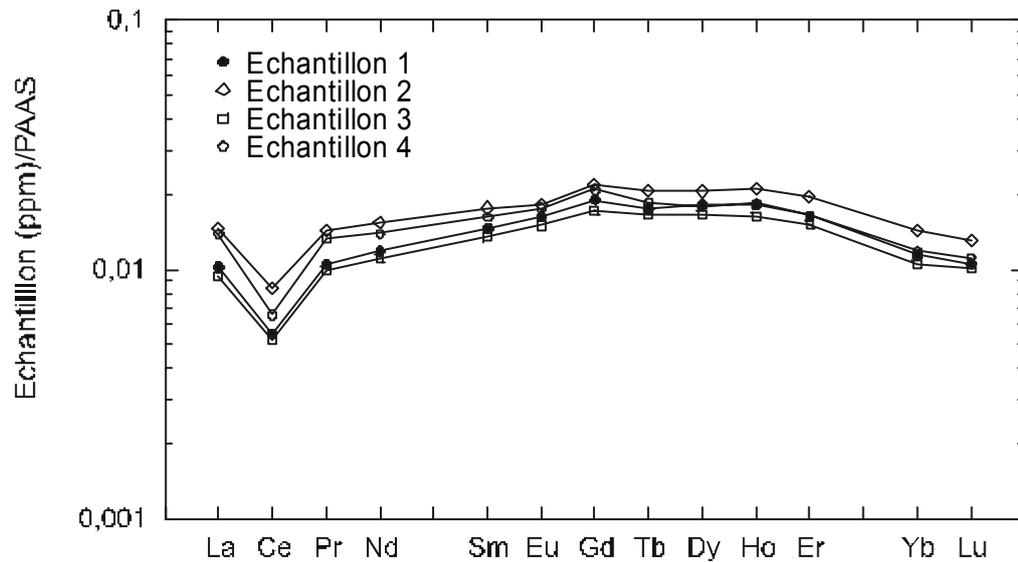


Figure II.5 - Comparaison des teneurs en terres rares de quatre échantillons issus du nodule CCx Per 10 d'après leurs diagrammes normalisés.

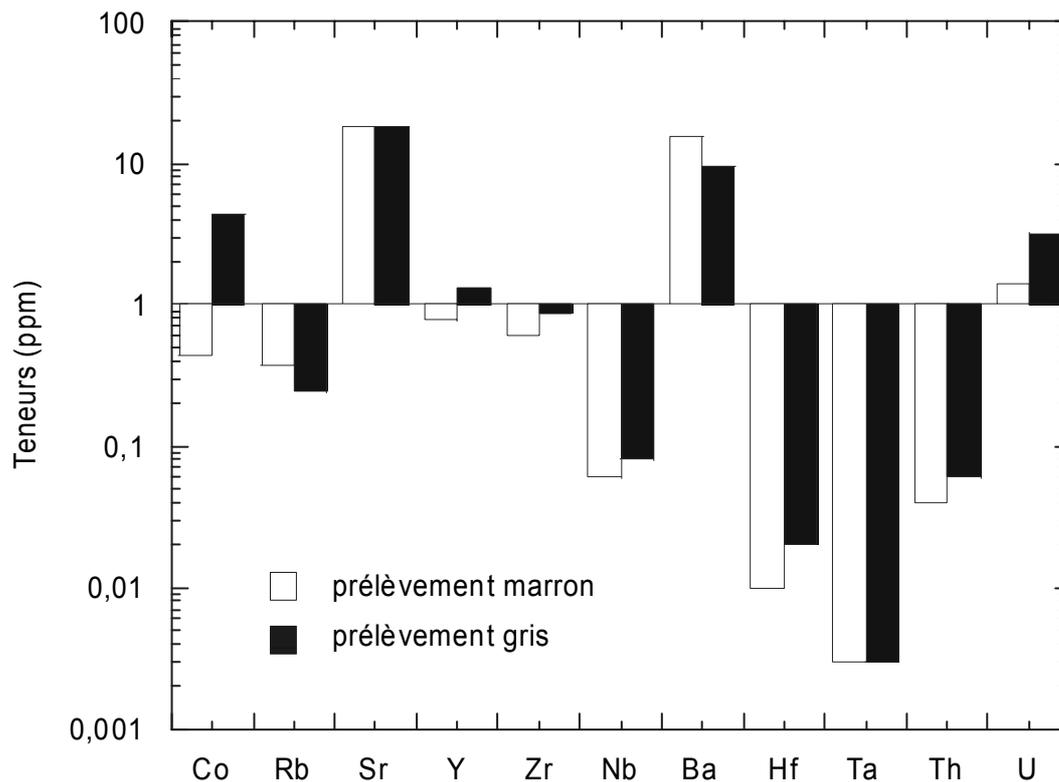


Figure II.6 - Comparaison des teneurs en éléments traces de deux prélèvements issus du nodule Gri 19.

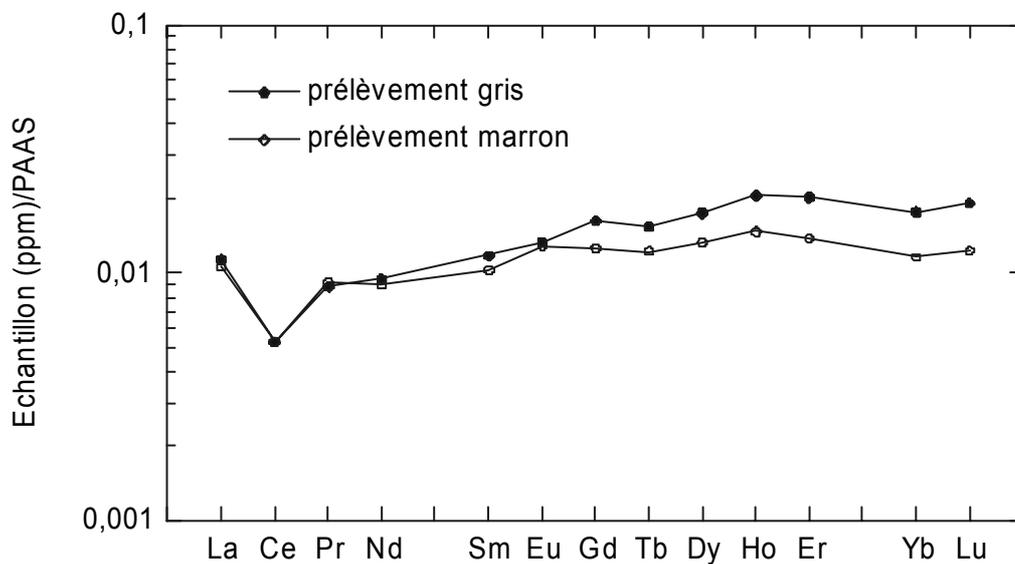


Figure II.7 - Comparaison des teneurs en terres rares de deux prélèvements issus du nodule Gri 19, d'après leurs spectres normalisés.

Source de Belle Motte			
N=11			
	moyenne	σ	coeff. var. %
Eléments traces (ppm)			
Co	0,14	0,07	47
Rb	1,23	0,41	33
Sr	10,12	3,61	36
Y	0,35	0,13	37
Zr	3,22	0,96	30
Nb	0,35	0,13	36
Ba	11,17	7,99	71
Pb	0,56	0,22	40
Th	0,20	0,09	43
U	0,81	0,36	44
Terres rares (ppb)			
La	326,4	142,9	44
Ce	636,5	297,9	47
Pr	83,42	43,32	52
Nd	313,3	167,5	53
Sm	61,04	34,53	57
Eu	11,92	6,01	50
Gd	53,59	27,08	51
Tb	8,66	3,74	43
Dy	52,20	20,67	40
Ho	11,16	3,94	35
Er	32,38	11,10	34
Yb	33,55	10,57	32
Lu	5,31	1,68	32

Tableau II.7 - Composition moyenne de la source de Belle Motte et coefficients de variation. σ : écart-type.

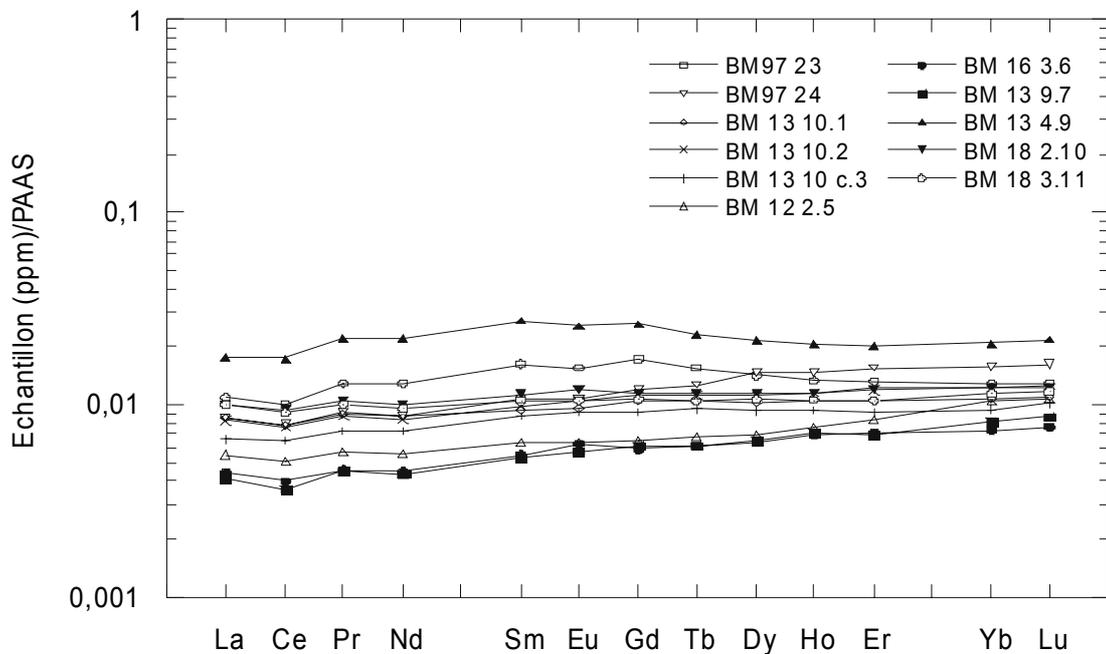


Figure II.8 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex bédoulien de la montagne de Belle Motte.

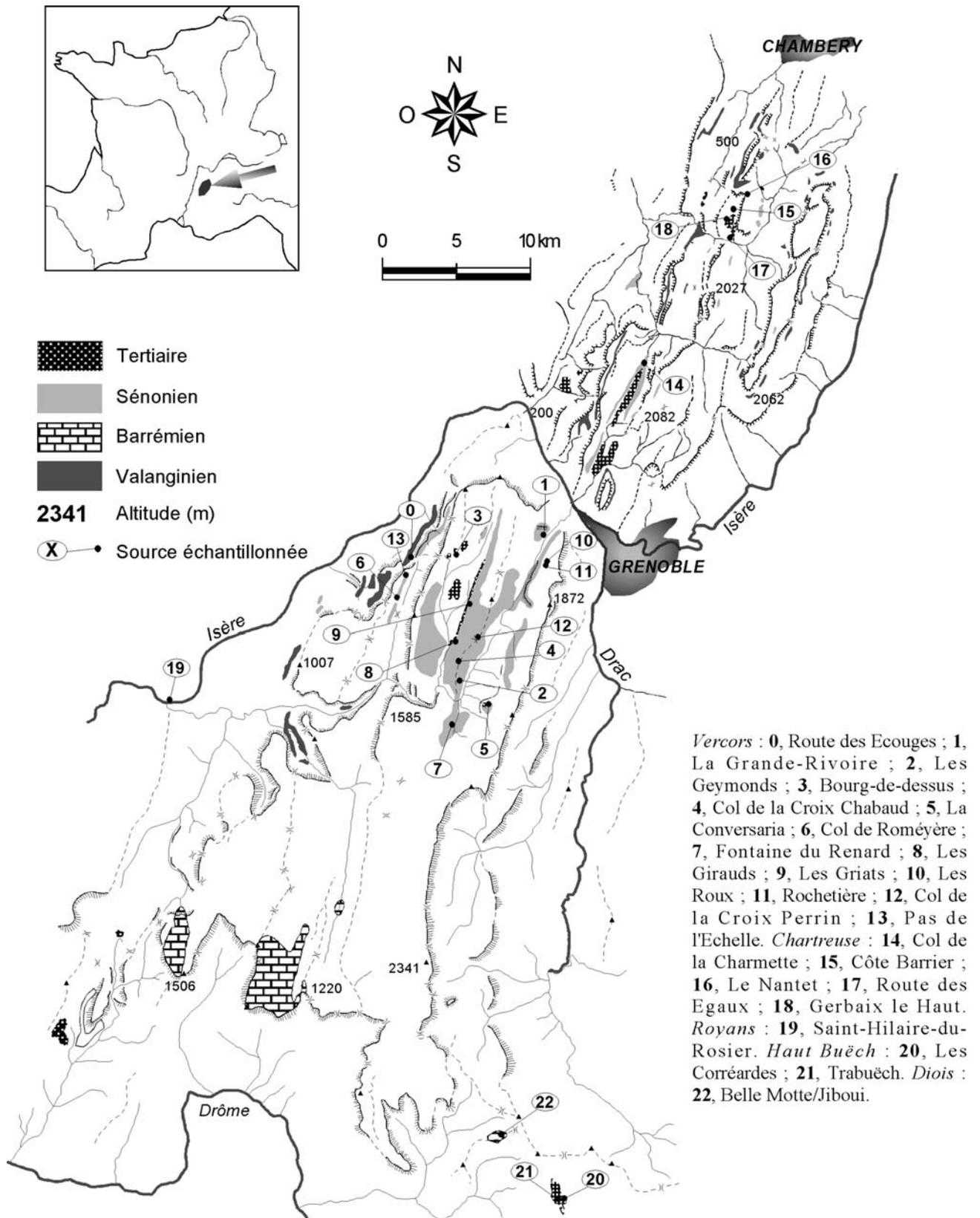


Figure II.9 - Les formations à silex de Chartreuse, du Vercors et de leurs marges et localisation des sources ayant livré les échantillons soumis aux analyses géochimiques.

II.D.4.a.2.- Les sources primaires sénoniennes

Les analyses géochimiques ont porté sur 29 échantillons provenant de sept sources primaires du Vercors et d'une source primaire de Chartreuse (fig. II.9). Les types de silex qu'ils ont fournis sont décrits aux tableaux de l'annexe 6. La plupart de ces échantillons ont été choisis en fonction de leur proximité parfois immédiate avec des sites archéologiques. C'est le cas de l'affleurement en grotte des Griats correspondant au site de la Grotte de la Passagère, celui de la Conversaria, voisin du site des Mourets, de la Grande-Rivoire (site du même nom), de Rovon localisé à proximité immédiate du site du Pas de l'Echelle et du col de la Charmette (site du même nom).

Une mention particulière doit être faite au sujet du gîte de la Grande-Rivoire. Celui-ci a fait l'objet d'une présentation détaillée au chapitre 3 de la première partie et nous rappelons seulement ici que sa particularité est de présenter deux types de faciès. Le premier (type 1) est un silex marron translucide à grain fin tandis que le second (type 2) est de couleur rose opaque et de grain moyen. Ce dernier est le plus abondant dans les éboulis où il se rencontre sous la forme de rognons décimétriques à cortex calcaire gris tandis que le premier se trouve essentiellement dans l'encaissant calcaire en petits nodules centimétriques irréguliers, souvent diaclasés. Un troisième faciès intermédiaire entre le type 1 et 2 est représenté par un unique échantillon qui a été inclus dans une série d'analyses. Les silex fournis par ce gîte ont été employés par les hommes qui ont fréquenté à partir du Mésolithique moyen l'abri sous roche de la Grande-Rivoire. Nous verrons plus loin que plusieurs artefacts de la Grande-Rivoire ont fait l'objet d'analyse, au même titre que 16 échantillons géologiques.

L'affleurement de la Grande-Rivoire se prête bien, par le nombre d'échantillons analysés, à l'examen de l'hétérogénéité intra-source. Nous avons traité les données en différenciant les deux types de silex (tabl. II.9) qui présentent des compositions permettant leur distinction. Celle-ci peut s'opérer en considérant les données en éléments traces (en particulier les teneurs en Sr et U) aussi bien que les données en terres rares. L'échantillon GR 99 13, au faciès inclassable a été isolé et présente une composition intermédiaire entre celle des deux types. Du point de vue de la variabilité chimique intra-source, la dispersion des teneurs en terres rares voisine 10 % tandis que la composition en éléments traces apparaît plus fluctuante entre les échantillons de la Grande-Rivoire, pouvant dépasser les 50 % dans le cas de Ba pour le type 1 et de U pour le type 2. A l'inverse, les teneurs en Y et Th, quel que soit le type considéré, apparaissent relativement homogènes d'un échantillon à l'autre. Au moyen d'un diagramme binaire, nous avons cherché à savoir si ces éléments sont caractéristiques de la source de la Grande-Rivoire en les comparant aux résultats obtenus pour les autres

sources primaires sénoniennes (fig. II.10). La source de la Grande-Rivoire, dans sa globalité, s'individualise nettement des autres sources primaires de Chartreuse et du Vercors. Ces dernières sont délicates à différencier d'après leurs teneurs en Y et Th en raison des variations faibles entre les sources et du manque d'homogénéité entre échantillons de même source. Seuls les deux échantillons de la source des Griats présentent des teneurs similaires. Quels que soient les éléments choisis pour le binaire, on retrouve la même configuration, à savoir l'individualisation de la source de la Grande-Rivoire et de ses deux types, et un paquet regroupant les autres sources, mettant en évidence leur manque d'homogénéité.

En considérant à présent les spectres de terres rares des sources primaires sénoniennes, présentés aux figures II.11 à II.13, nous observons une certaine variabilité du point de vue de leurs profils et de leurs niveaux de teneurs. Par le profil caractéristique de son spectre, montrant une anomalie prononcée en Ce, la Grande-Rivoire se distingue encore nettement des autres sources. L'homogénéité de cette source est perceptible par la quasi superposition des diagrammes de chaque type. Une autre source, comme nous l'avons remarqué d'après les éléments traces, se distingue par son homogénéité. Il s'agit de l'affleurement des Griats.

A l'examen des résultats sur les terres rares, il est apparu que la Conversaria présentait pour deux échantillons en position primaire (Conv 4 et 5) (fig. II.11b) des teneurs en terres rares quelque peu différentes (seule l'anomalie en Ce des deux échantillons est similaire). C'est également le cas de la source des Geymonds, du Col de la Croix Perrin et du Col de la Charmette. L'hétérogénéité de ce dernier gîte localisé en Chartreuse peut se comprendre par les caractères macroscopiques différents des deux échantillons qui y ont été récoltés, de même que pour les échantillons des Geymonds. Les silex de la Conversaria et du Col de la Croix Perrin présentent quant à eux des aspects macroscopiques et des faciès pétrographiques similaires. Ainsi, l'hétérogénéité chimique d'une source primaire n'est pas prévisible d'après des critères macroscopiques ou pétrographiques. Dans le cadre de la recherche de caractères discriminants entre les sources de silex, cette hétérogénéité pose des limitations quant aux possibilités de déterminer la provenance d'un artefact d'après sa composition élémentaire. En effet, le recoupement des domaines de variabilité chimique de chaque source peut conduire à des hésitations quant aux attributions d'origine. Seule la signature géochimique de la Grande-Rivoire paraît jusqu'à présent se singulariser sans équivoque.

La mise en évidence d'autres critères de caractérisation comme l'anomalie en Ce nous a permis d'établir des différenciations plus nettes entre les sources.

Tableau II.9 – Composition moyenne de la source de la Grande-Rivoire, par type, et coefficient de variation. σ : écart type.

	Source de la Grande Rivoire					
	Type 1, N=7			Type 2, N=8		
	moyenne	σ	coeff. var. %	moyenne	σ	coeff. var. %
Eléments traces (ppm)						
Co	0,26	0,05	19	0,90	0,17	19
Rb	0,95	0,26	27	2,48	0,32	13
Sr	13,61	4,73	35	194,49	82,08	42
Y	2,35	0,23	10	4,73	0,45	9
Zr	1,51	0,26	17	2,59	0,72	28
Nb	0,16	0,03	17	0,42	0,38	94
Ba	4,18	2,24	54	6,59	2,96	44
Pb	0,72	0,22	30	1,64	0,65	40
Th	0,11	0,01	10	0,21	0,03	16
U	2,38	1,03	43	18,18	9,54	52
Terres rares (ppb)						
La	1397	155,9	11	2996	367	12
Ce	1219	107,6	9	2446	334,6	14
Pr	303,7	23,32	8	602,6	76,7	13
Nd	1234	88,7	7	2361	299,3	13
Sm	232,4	16,30	7	440,8	56,6	13
Eu	53,63	3,79	7	100,4	11,6	12
Gd	242,4	17,7	7	460,2	47,5	10
Tb	37,23	2,58	7	71,93	7,45	10
Dy	231,6	17,5	8	457,5	47,1	10
Ho	50,44	4,32	9	101,5	10,6	10
Er	134,4	12	9	276,6	28,7	10
Yb	96,89	8	8	205,1	22,2	11
Lu	14,7	1,24	8	31,26	3,54	11

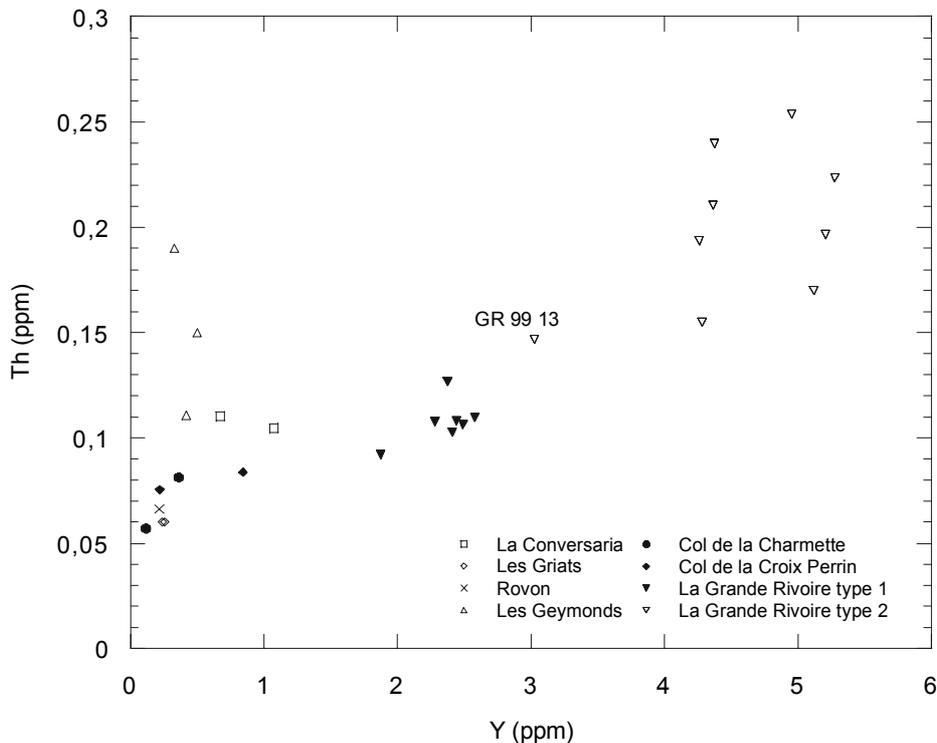


Figure II.10 - Diagramme binaire, Th en fonction de Y, regroupant les échantillons de sources primaires sénoniennes analysées.

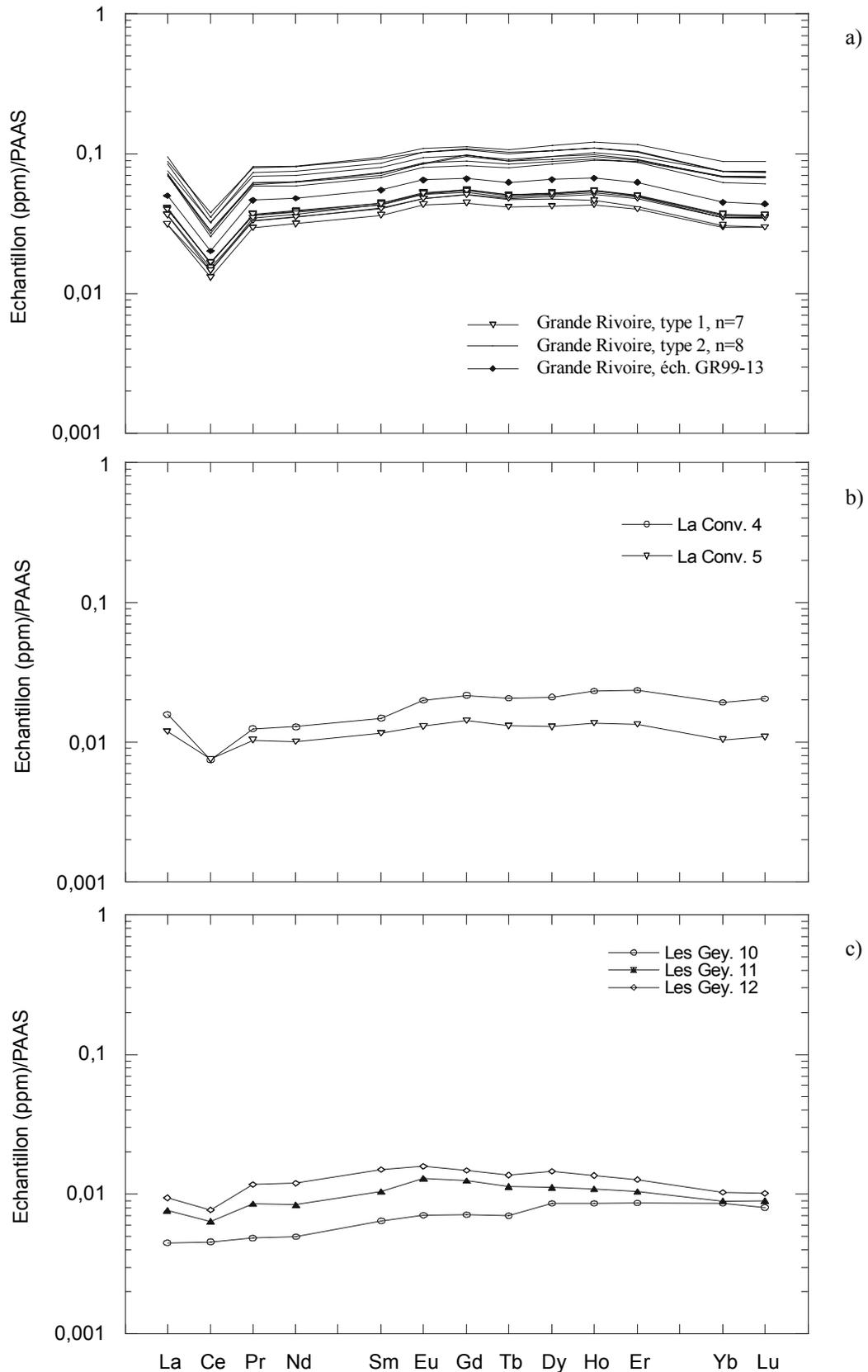


Figure II.11 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens de : a) La Grande Rivoire ; b) La Conversaria ; c) Les Geymonds.

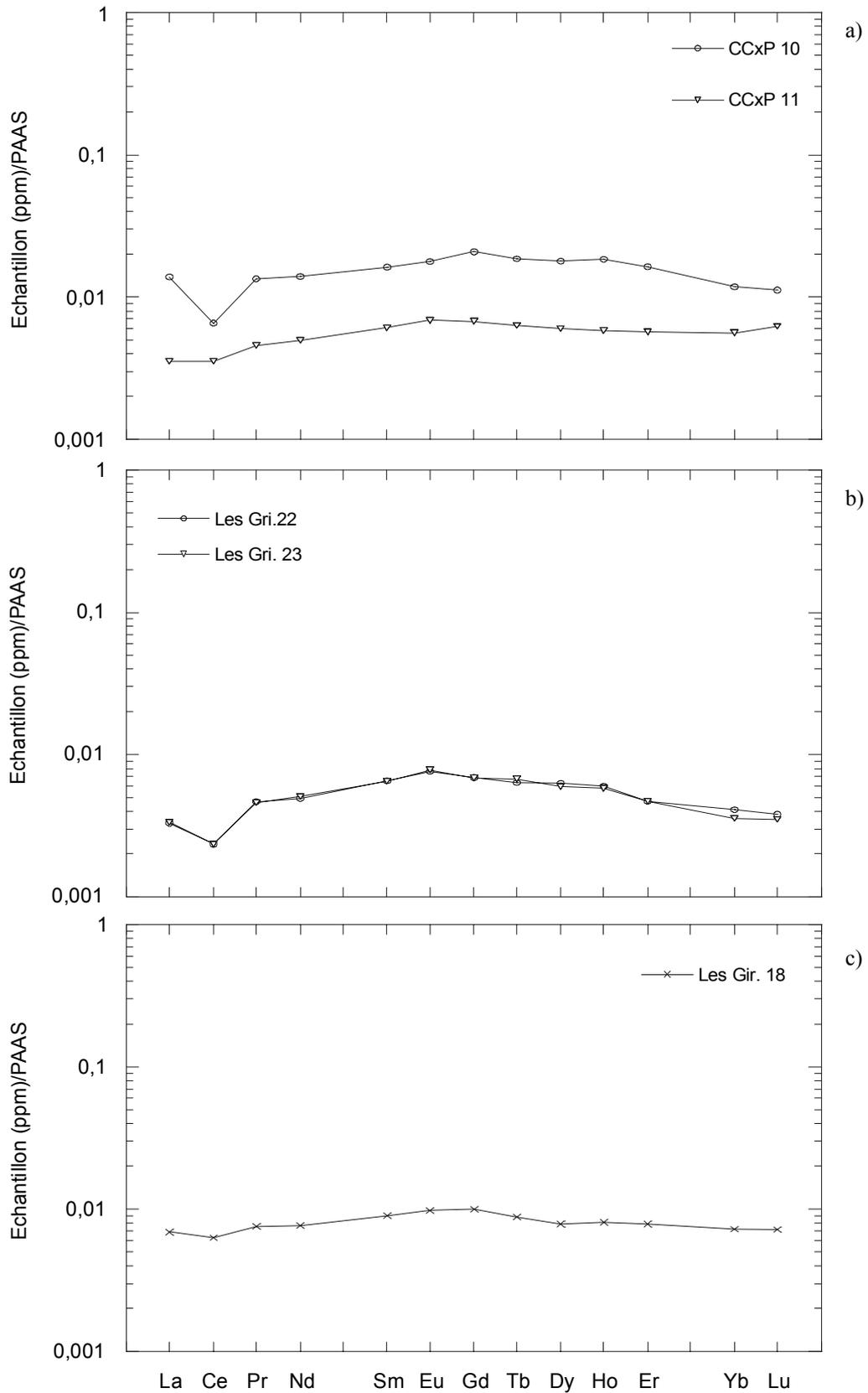


Figure II.12 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens de : a) Le Col de la Croix Perrin ; b) Les Griats ; c) Les Girauds.

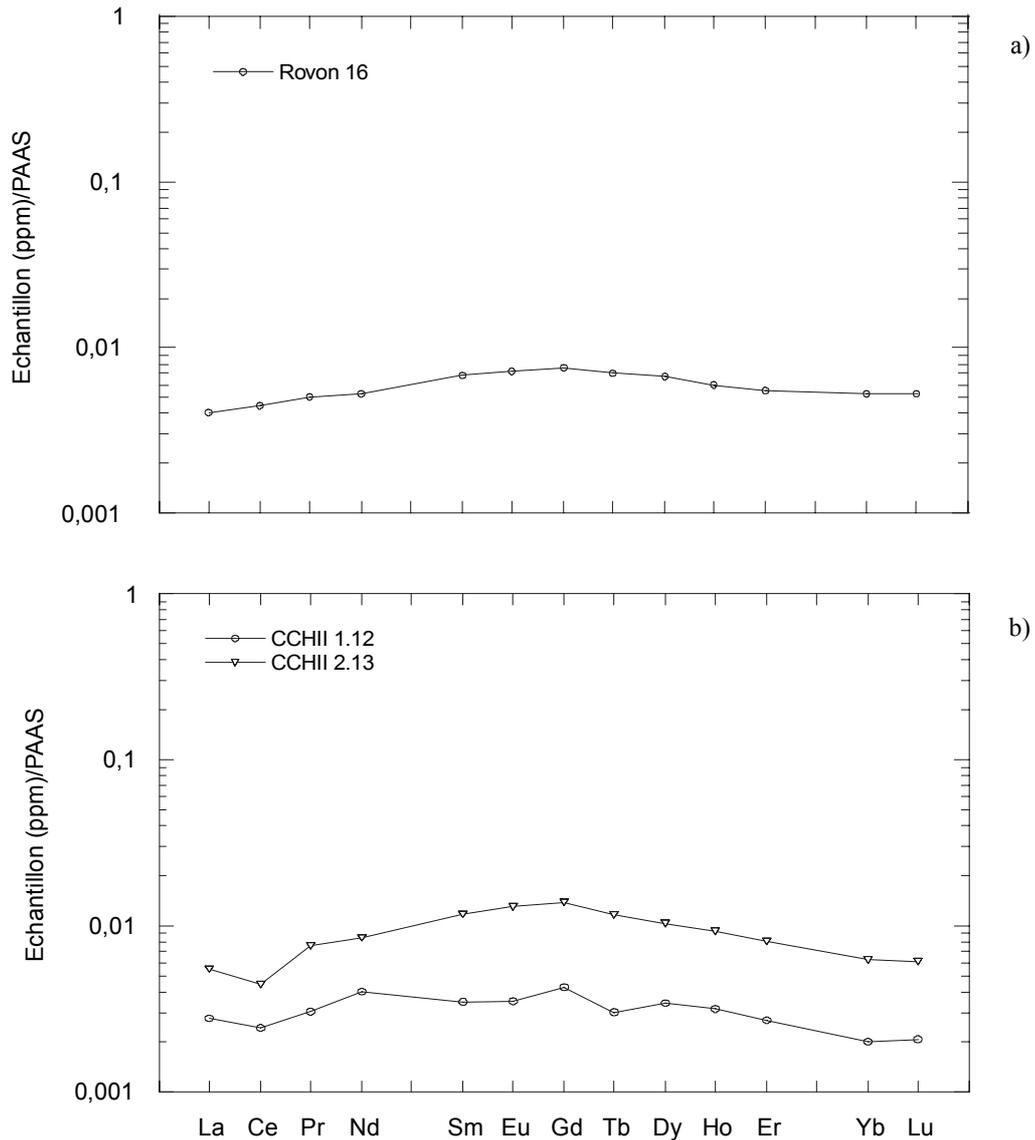


Figure II.13 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens de : a) Rovon ; b) Col de la Charmette.

	Source	Echantillon ou type	Ce/Ce* moyenne	Ecart type
Vercors	La Grande Rivoire	Type 1, n=7	0,42	± 0,02
		Type 2, n=8	0,41	± 0,02
		GR 99 13	0,41	
	La Conversaria	n=2	0,58	± 0,11
	Les Geymonds	n=3	0,85	± 0,12
	Col de la Croix Perrin	CCxP 10	0,47	
	Les Griats	n=2	0,61	± 0,01
	Les Girauds	n=1	0,88	
Rovon	n=1	0,99		
Chartreuse	Col de la Charmette	n=2	0,72	± 0,05

Tableau II.10 - Comparaison de la valeur de l'anomalie en Ce selon les sources sénoniennes primaires analysées et par type.

La fiabilité de ce critère est cautionnée par les variations faibles qu'il présente au sein d'une source donnée (tableau II.10). On note que la signature fournie par l'anomalie en Ce caractérise l'ensemble de la source de la Grande-Rivoire, sans réelle distinction de type. Une exception est constituée par les deux

échantillons du Col de la Croix Perrin qui montrent des signatures très différentes qui sont peut-être à mettre en relation avec des phénomènes diagénétiques ayant entraîné des modifications de la composition.

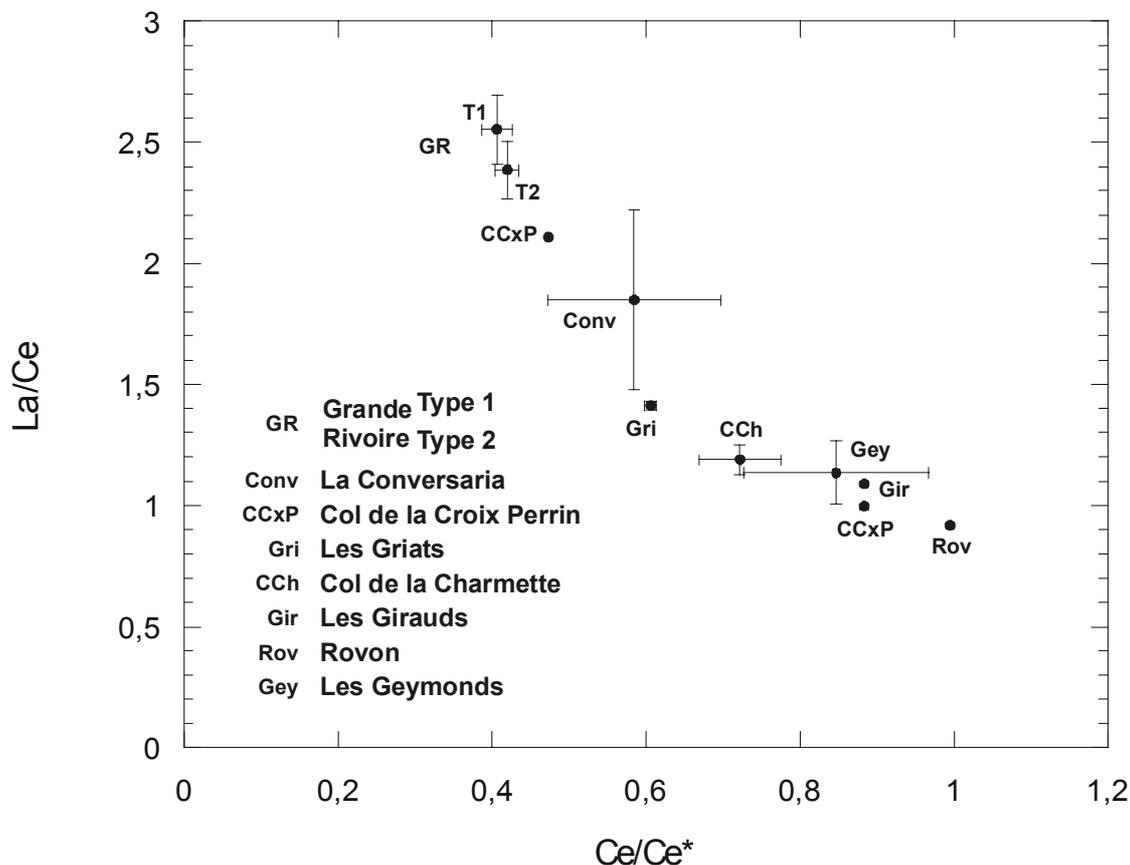


Figure II.14 - Diagramme binaire, rapport Lan/Cen en fonction de l'anomalie en Ce, regroupant les échantillons de sources primaires sénoniennes analysées. La barre d'erreur correspond à l'écart-type des échantillons.

La représentation graphique de La/Ce en fonction de l'anomalie en Ce permet une bonne individualisation de chaque source avec toutefois quelques zones de recouvrement (fig. II.14).

La portée informative de l'anomalie en Ce sur les milieux de dépôt (cf. § II.D.1.c) peut alors être reconsidérée et mise en relation avec les données des microfaciès sédimentaires.

Pour quatre des sources analysées – la Grande-Rivoire, la Conversaria, les Griats et le Col de la Charmette – l'anomalie en Ce est négative, étant inférieure à 0,8. D'après Murray *et al.* (1990), elle traduit des conditions de dépôt en milieu océanique. La texture sédimentaire de ces échantillons s'accorde avec cette proposition. Les silex de la Grande-Rivoire présentent un faciès de plate-forme externe où le dépôt sédimentaire s'est réalisé sous une épaisse couche d'eau.

Supérieure à 0,8 dans trois cas – les Geymonds, les Girauds et Rovon –, l'anomalie en Ce reflète un milieu de dépôt sur les marges continentales (Murray *et al.*,

1990). Les échantillons des Geymonds et des Girauds renferment des *Orbitoides*, Foraminifères typiques des milieux circalittoraux. Les dépôts ont eu lieu à plus faible profondeur que ceux de la Grande-Rivoire.

Enfin, l'exemple du silex du Pas-de-l'Echelle présente d'une part un microfaciès sédimentaire significatif d'une formation en bordure de littoral et d'autre part l'anomalie en Ce la plus « élevée » (0,99) parmi les sources présentées. Le gradient observé à travers l'anomalie en Ce concorde avec les observations pétrographiques qui nous informent sur la paléobathymétrie.

Ces constatations dans le cas particulier du silex sénonien du Nord Vercors pourraient être exploitées en combinaison avec la paléogéographie du Crétacé supérieur dans l'optique de déterminations de provenance. En effet, durant le Sénonien, l'immersion variait entre l'Est et l'Ouest du massif. Une transgression marine eut lieu au cours du Sénonien supérieur, à partir du Campanien. Le littoral se situait alors à l'Ouest (Porthault, 1976). A travers les

échantillons prélevés en position primaire, pour lesquels la localisation géographique est sûre, nous constatons effectivement une décroissance de l'anomalie en Ce vers l'Ouest, vers les sédiments déposés à plus faible profondeur. Les informations obtenues sur les milieux de formation (méditerranéen, infralittoral, circalittoral) par la pétrographie soutiennent ces constatations. Il est possible sur ces bases de relier la valeur de l'anomalie à la localisation géographique de la source de silex analysée, pour le cas précis du silex sénonien du Vercors Nord. Cependant, divers facteurs viennent compliquer la question.

En premier lieu, la profondeur des milieux de dépôt pouvait varier localement, en raison de l'existence de hauts-fonds.

En second lieu, le littoral s'est déplacé au cours du Sénonien et les silex ne s'étant pas tous formés en même temps, le schéma simple qui aurait consisté à localiser le lieu de formation d'un silex de l'Est à l'Ouest du Vercors en fonction de la décroissance de son anomalie en Ce, ne peut pas être admis dans sa généralité. Les différentes époques du Sénonien au cours desquelles les silex se sont formés sont d'ailleurs peut-être un facteur supplémentaire de variation des teneurs en terres rares.

Par ailleurs, il faut tenir compte de la complexité de la signature géochimique du silex. En effet, l'anomalie en Ce obtenue pour un échantillon donné est le résultat de l'enregistrement au moment de la formation du silex des teneurs présentes d'une part dans le milieu encaissant (qui a lui-même incorporé le Ce présent dans le milieu lors de son dépôt, dans des conditions éventuellement différentes de celles qui ont cours lors de la genèse du silex) et d'autre part dans l'eau des pores interstitiels qui véhicule la silice. Les éléments contenus dans cette eau reflètent les conditions du milieu au moment de la formation du silex. Les teneurs en terres rares enregistrées par le silex répondent donc à une double origine et sont régies par des facteurs multiples, d'où la difficulté de se contenter d'explications simples et directes pour comprendre l'allure des spectres et plus particulièrement la valeur de l'anomalie.

De plus, il semble que les conditions locales prévalent sur les conditions générales du milieu. En effet, si l'anomalie en Ce a tendance à être négative dans un milieu marin profond, des variations peuvent se produire localement. Ceci expliquerait les variations géochimiques, au niveau des terres rares et plus particulièrement de l'anomalie en Ce, observées à l'intérieur d'une même source pour des silex macroscopiquement semblables, issus de la même formation (Col de la Croix Perrin, n°10 et 11, la Conversaria, n°4 et 5, fig. 11b et 12a).

Enfin l'utilisation de l'anomalie en Ce pour cerner un secteur géographique potentiel de provenance est limitée par la géologie locale. En effet, les nodules de silex en Chartreuse et dans le Vercors se rencontrent le plus fréquemment en position secondaire, et l'ampleur

du remaniement qu'ils ont subi est difficilement mesurable. La question de la caractérisation géochimique des sources secondaires soulève donc des difficultés propres.

II.D.4.a.3.- Conclusion sur les sources primaires

Comme nous l'avons observé à l'échelle d'un nodule, la source de silex présente également une hétérogénéité dont l'importance ne peut pas être estimée d'après des caractères macroscopiques ou pétrographiques. Ainsi, il n'est pas possible d'obtenir une signature univoque pour une source donnée mais plutôt une fourchette de variation de teneurs, plus ou moins large selon les cas. Chaque source apparaît comme un cas particulier du point de vue des éléments qui vont présenter une certaine homogénéité à l'intérieur de l'affleurement.

Dans la mise en évidence de groupes géochimiques caractéristiques d'un secteur géographique délimité, seule la source de la Grande-Rivoire se singularise. Pour les autres sources, les discriminations sont basées sur des caractères plus ponctuels comme l'abondance plus élevée en deux ou trois éléments par comparaison aux autres silex sénoniens. La multiplication des analyses montrera si ces critères sont fiables.

II.D.4.b.- Les sources secondaires

La diversité des types de silex présents dans les sources secondaires, localisées à la figure II.9, se traduit par des compositions géochimiques variables. Les éléments traces présentent des teneurs extrêmement variables pour une source secondaire donnée. Deux diagrammes binaires, représentés chacun à deux échelles différentes rendent compte de ces variations (fig. II.15 et II.16). Quelques remarques peuvent toutefois être faites en ce qui concerne certaines sources qui présentent des caractères spécifiques du point de vue des éléments traces :

La figure II.15 montre que la source du Col de la Charmette présente des teneurs proches et basses en U (comprises entre 0,18 et 0,72 ppm) et en Sr (comprises entre 1,82 et 3,29 ppm). Cette particularité la différencie d'autres sources secondaires, notamment celles du Vercors.

- La source secondaire de la Conversaria s'individualise par ses teneurs en U et Sr supérieures à l'ensemble des autres sources secondaires.

- A la figure II.16, on observe que trois échantillons de la même source, Gerbaix, sont groupés. Ils correspondent à GxH 2, GxH 7 et GxH 9 qui constituent les échantillons d'un même type individualisé sur la base de critères macroscopiques et pétrographiques (annexe 6).

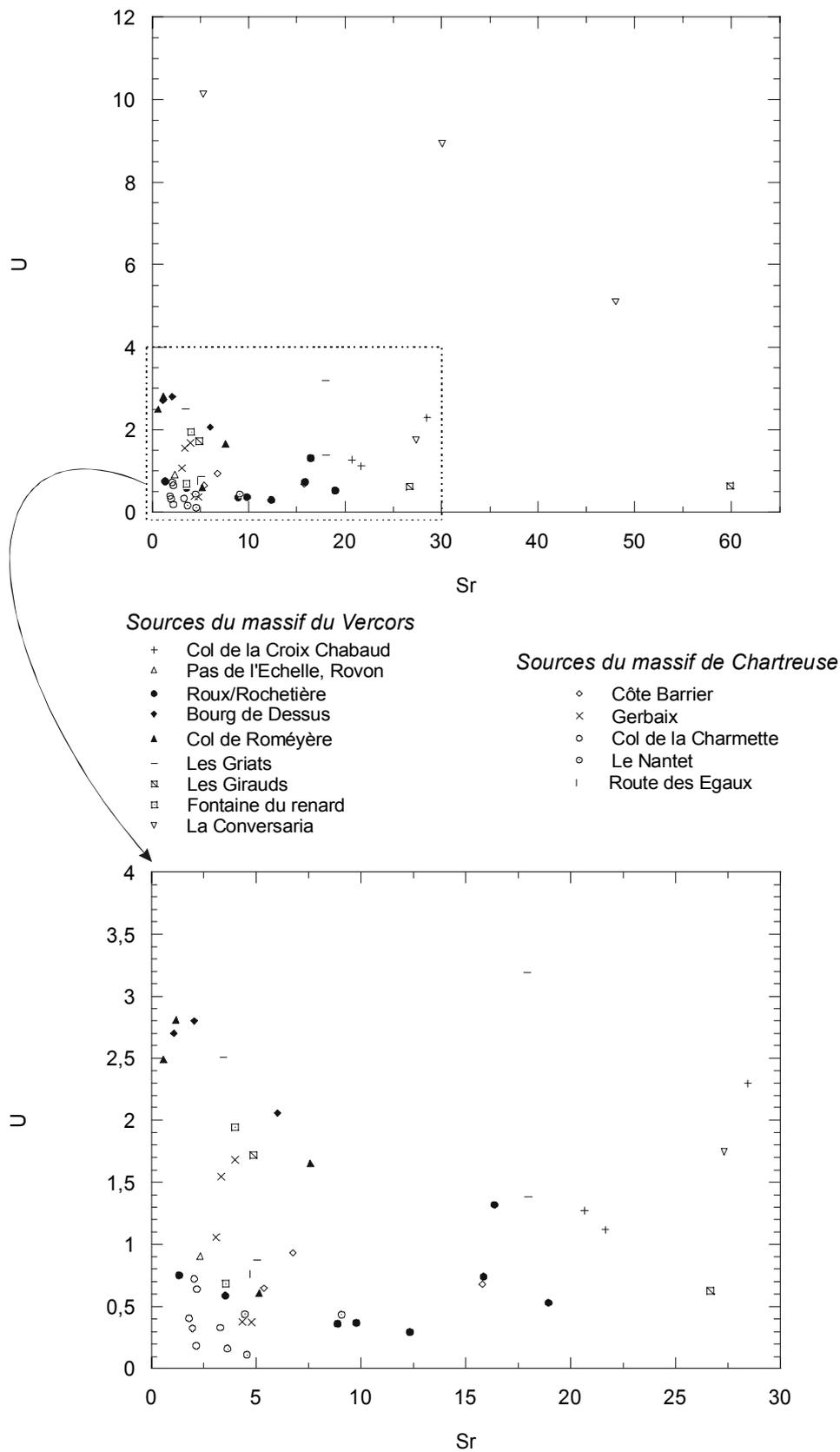


Figure II.15 - Diagramme binaire, U en fonction de Sr, regroupant les échantillons de sources secondaires sénoniennes analysées.

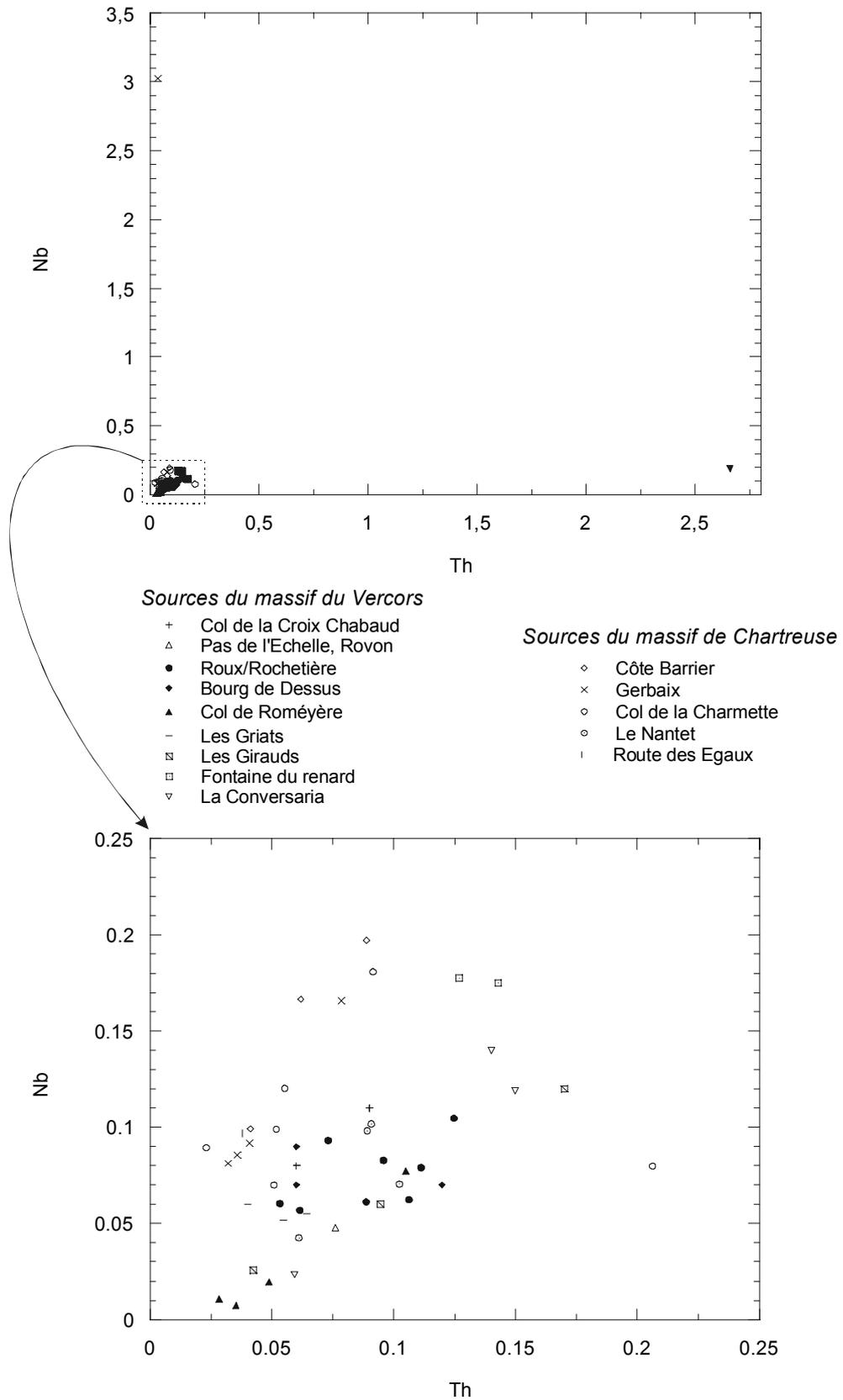


Figure II.16 - Diagramme binaire, Nb en fonction de Th, regroupant les échantillons de sources secondaires sénoniennes analysées.

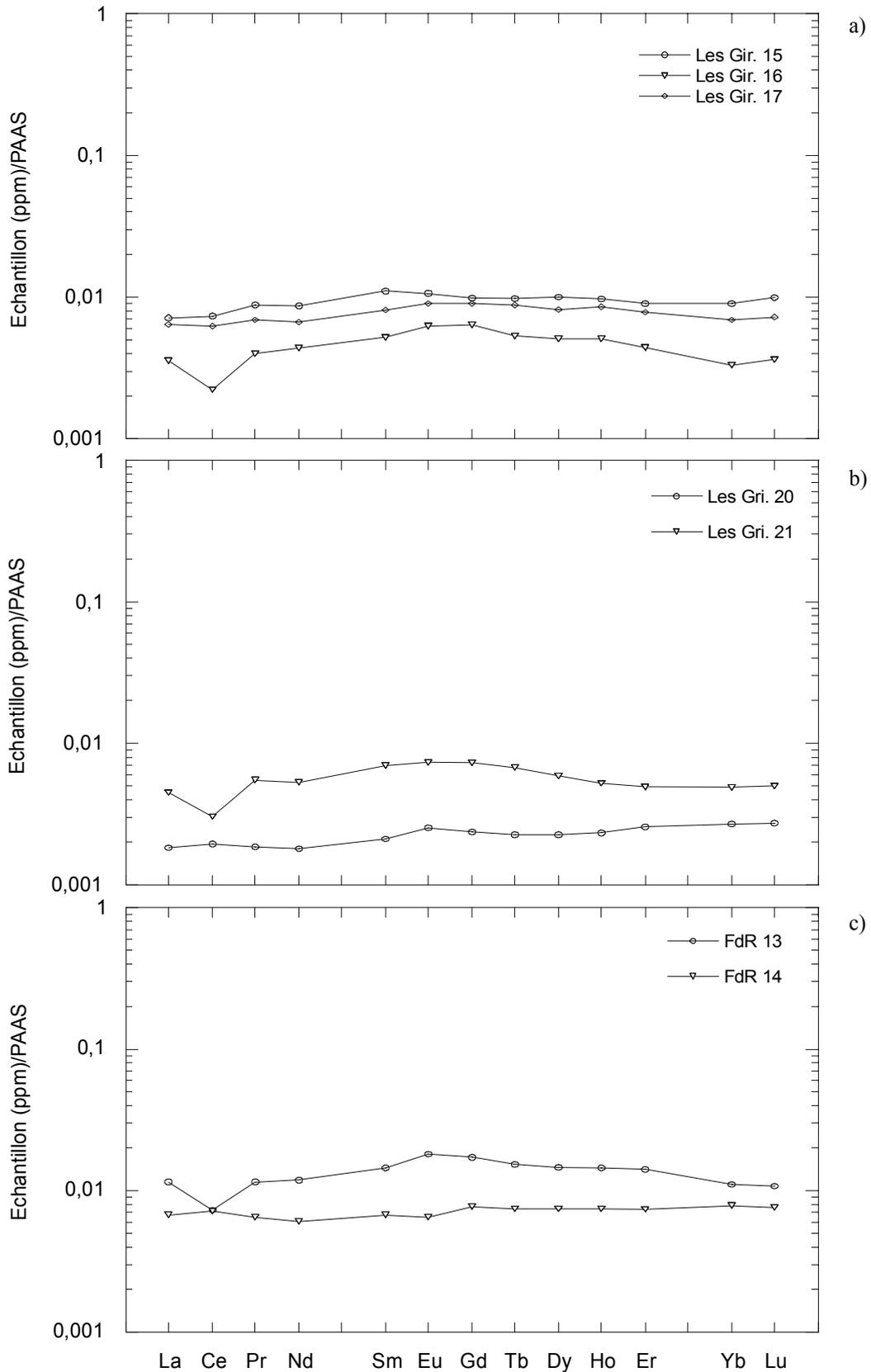


Figure II.17 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires du Vercors : a) Les Girauds ; b) Les Griats ; c) Fontaine du Renard.

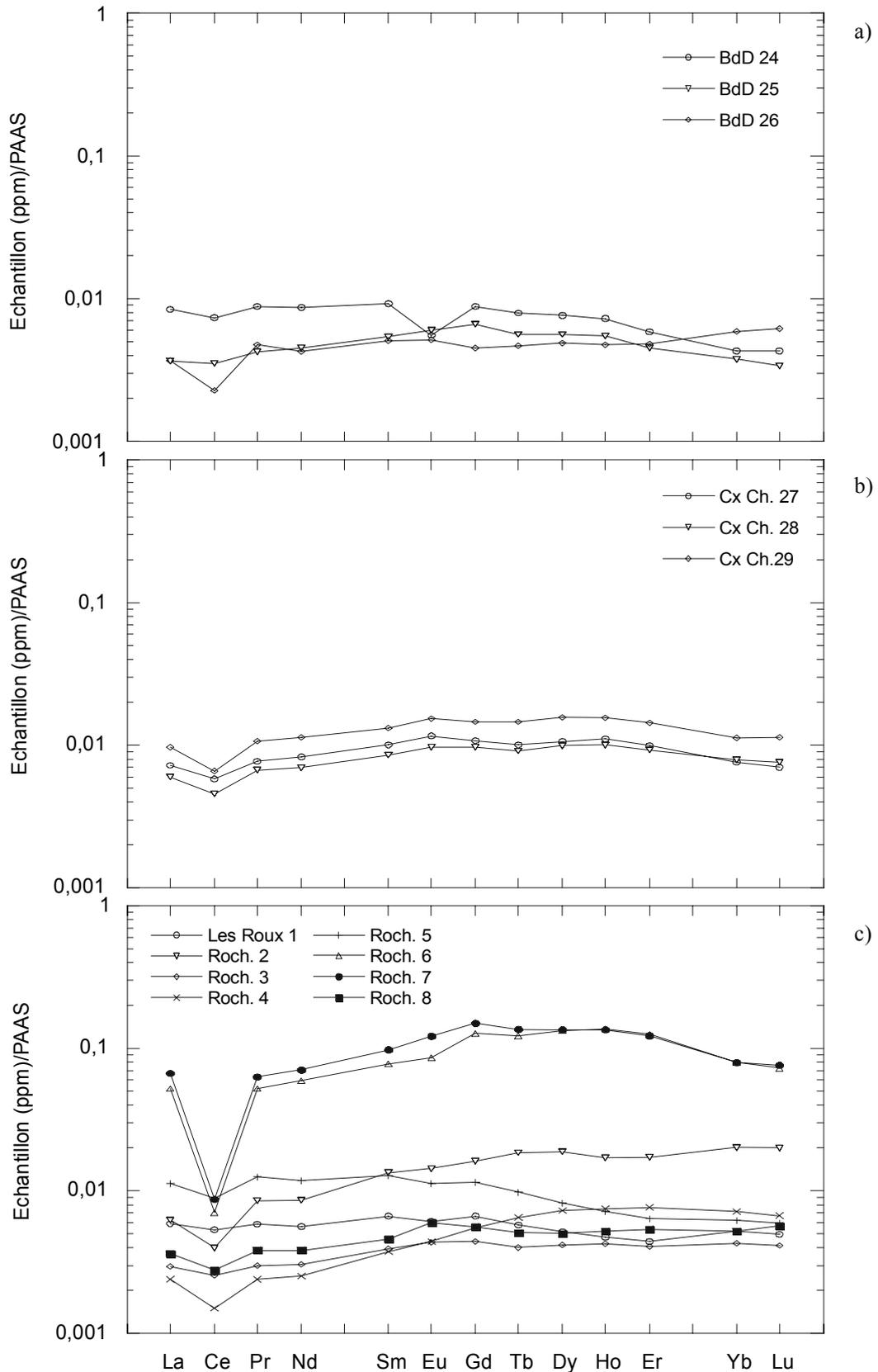


Figure II.18 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires du Vercors : a) Bourg de Dessus ; b) Col de la Croix Chabaud ; c) Les Roux et Rochetière.

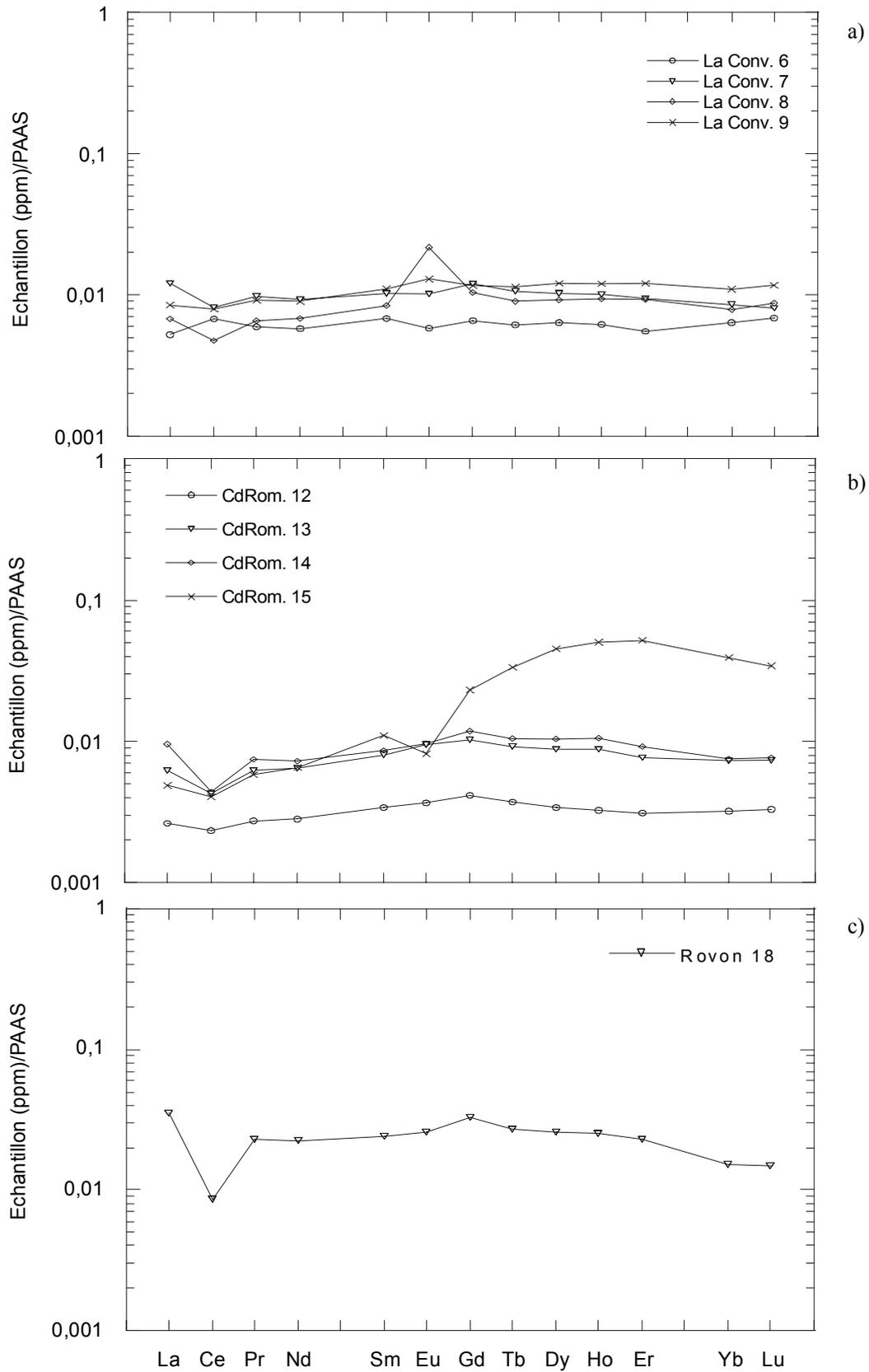


Figure II.19 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires du Vercors : a) La Conversaria ; b) Col de Roméyère ; c) Rovon.

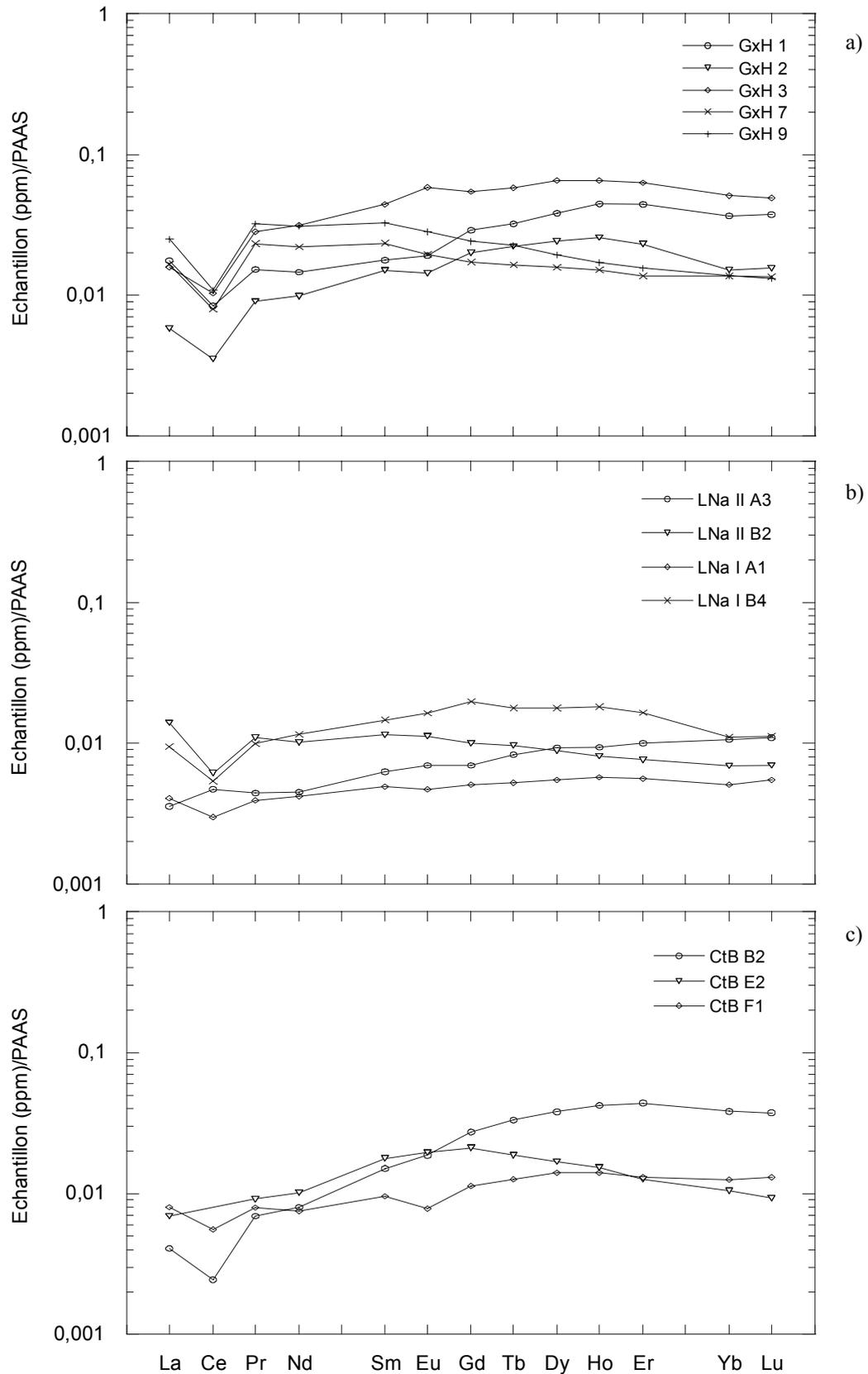


Figure II.20 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires de Chartreuse : a) Gerbaix-le-Haut ; b) Le Nantet ; c) Côte Barrier.

La variabilité propre aux sources secondaires s'exprime également à travers les spectres de terres rares (fig. II.17 à II.20).

La source de Chartreuse du Col de la Charmette, caractérisée par l'analyse de six échantillons en position

secondaire permet d'illustrer notre propos. Leurs spectres de terres rares (fig. II.21) offrent des niveaux de teneurs normalisées et des profils différents. Leurs anomalies en Ce sont très variables, montrant que ces silex se sont formés dans des conditions paléoenvironnementales variées.

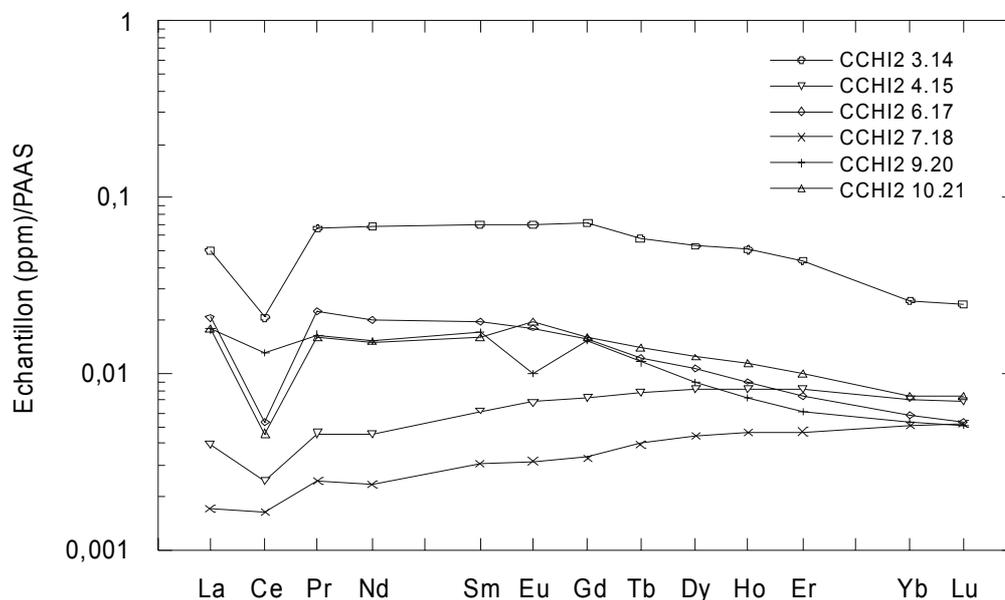


Figure II.21 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens du Col de la Charmette.

Les échantillons n° 2, 7 et 9 de Gerbaix présentent des faciès similaires. Or cette convergence macroscopique et pétrographique n'est pas répercutée par les teneurs en terres rares normalisées (fig. II.20a), alors qu'elle l'est par certains éléments traces (Nb et Th, fig. II.16). Le décalage entre les signatures géochimiques et les observations pétrographiques existe également pour le gîte du Nantet où les échantillons LNa IA1 et LNA IA2 constituent un premier type, LNa IB1 et LNA IB2, un second (fig. II.20b).

A l'examen des spectres de terres rares des sources secondaires de Chartreuse on relève l'enrichissement en terres rares lourdes (très affirmé pour les échantillons de Côte Barrier, CtB B2, de Gerbaix, GxH 1, du Col de la Charmette, n° 4.15 et 7.18) ou un appauvrissement (échantillons de Gerbaix, GxH 9, GxH7 et du Col de la Charmette, CCH 9.20) nettement plus marqué que pour les spectres des silex du Vercors qui présentent un profil relativement horizontal.

A l'examen des anomalies en Ce, diverses tendances se manifestent et ouvrent des pistes pour la distinction des silex de Chartreuse et du Vercors.

En représentant graphiquement l'anomalie en Ce en fonction du rapport La/Ce (fig. II.22), la répartition des échantillons met en évidence trois groupes distincts qui correspondent aux trois signatures d'anomalie en Ce distinguées par Murray *et al.* (1990) : le premier présente une anomalie négative prononcée, inférieure à

0,55 ; le second montre une anomalie modérée, comprise entre 0,55 et 0,8 ; le troisième comprend des silex avec une anomalie positive, supérieure à 0,8 et atteignant pour les échantillons analysés un maximum de 1,25 (silex de la Conversaria n°6).

La répartition des échantillons d'après leur anomalie en Ce montre une nette tendance pour les silex de Chartreuse à présenter une anomalie inférieure à 0,55 (tabl. II.11) (11 échantillons sur 17). De plus ils s'individualisent quelque peu des échantillons du Vercors par leurs rapports La/Ce inférieurs pour des anomalies en Ce équivalentes (fig. II.22).

Les silex du Vercors majoritairement se trouvent dans les groupes d'anomalie supérieure à 0,55.

Ainsi que nous l'avons observé à travers les spectres de terres rares, les sources secondaires regroupent des échantillons formés dans des milieux divers présentant des anomalies en Ce variables au sein d'une même source (tabl. II.11, exemple du Col de la Charmette).

Conclusion - A l'exception de la source de la Conversaria qui présente pour l'ensemble des échantillons analysés des teneurs élevées en Sr et U, il ne semble pas exister de signature propre aux sources secondaires. Seules certaines tendances de l'anomalie en Ce et du rapport La/Ce peuvent orienter la recherche de provenance vers certains massifs.

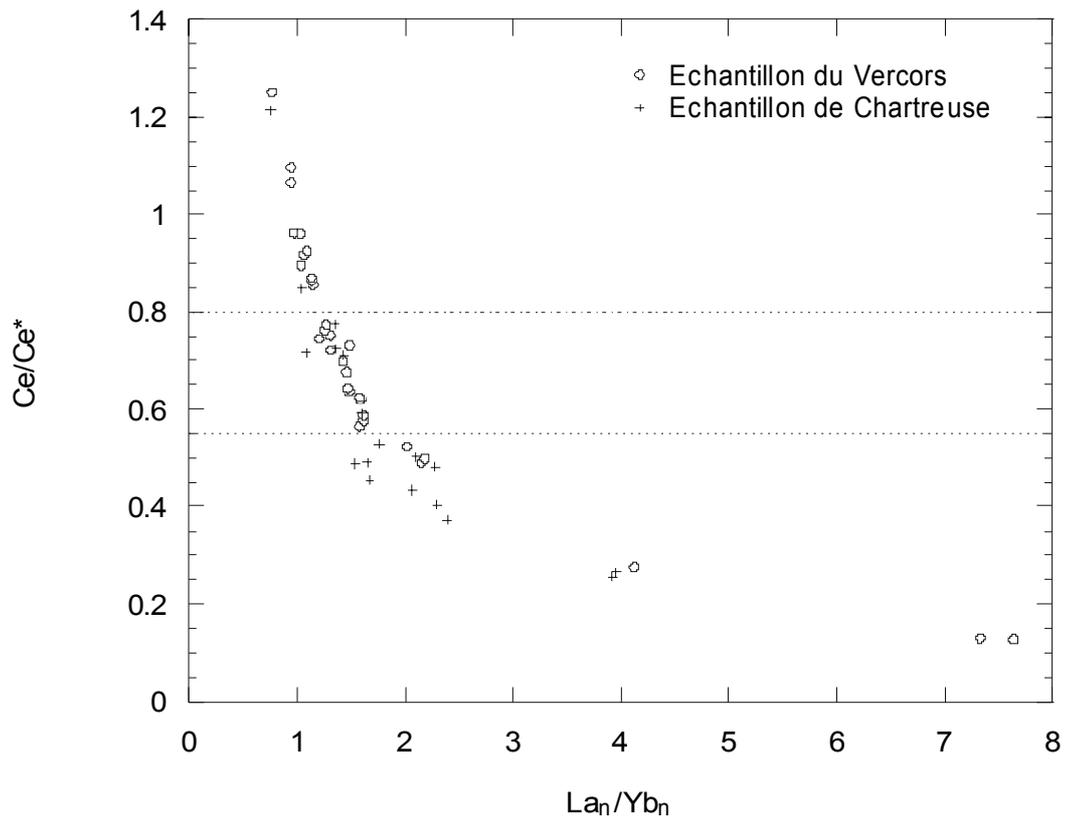


Figure II.22 - Diagramme Lan/Ybn en fonction de Ce/Ce* pour les échantillons de silex de sources secondaires de Chartreuse et du Vercors.

Anomalie inférieure à 0,55		Anomalie comprise entre 0,55 et 0,8		Anomalie supérieure à 0,8	
Vercors	Chartreuse	Vercors	Chartreuse	Vercors	Chartreuse
Roch. 7	CCHI2 6.17	Roch. 2	CCHI2 4.15	Roch. 3	CCHI2 7.18
Roch. 6	CCHI2 10.21	Les Gir. 16	CtB F1	CdRom. 12	LNa II A3
Rovon 18	CCHI2 3.14	BdD 26	RdE A	BdD 24	
Les Gri.19n	GxH 9	Roch. 4	LNa I A1	BdD 25	
CdRom. 14	GxH 7	FdR 13	CCHI2 9.20	La Conv. 9	
Les Gri.19j	CtB B2	Les Gri. 21		Les Roux 1	
	LNa II B2	Cx Ch.29		Les Gir. 17	
	GxH 3	CdRom. 13		Les Gir. 15	
	GxH 2	La Conv. 8		Les Gri. 20	
	GxH 1	Cx Ch. 28		FdR 14	
	LNa I B4	La Conv. 7		La Conv. 6	
		CdRom. 15			
		Roch. 8			
		Cx Ch. 27			
		Roch. 5			

Tableau II.11 - Répartition des échantillons de silex de sources secondaires de Chartreuse et du Vercors en fonction de leur anomalie en Ce.

Dans le cas des sources secondaires, la pertinence de la caractérisation géochimique est plus difficile à évaluer. Or l'extraction des silex, facilitée par l'encaissant plus meuble des gîtes secondaires, a pu conduire les préhistoriques à les exploiter de manière préférentielle, aux dépens des sources primaires.

II.D.5.- Comparaison de la composition des sources sénoniennes de Chartreuse, du Vercors et du Bugey

Lorsque des silex appartiennent à la même formation, et affleurent sur des distances variables, les discriminations basées sur le contenu paléontologique sont moins pertinentes que pour deux formations différentes. La caractérisation géochimique apparaît comme une possibilité pour différencier des silex d'un même étage mais affleurant dans des massifs différents. L'intérêt de pouvoir différencier en particulier les silex de Chartreuse et de ceux du Bugey (massif du Jura méridional) tient au fait que l'origine de matières premières composant certaines pièces de sites de Chartreuse (St-Thibaud-de-Couz, l'Aulp du Seuil) a été rapportée au Bugey. Ces pièces soulèvent toujours certaines interrogations en relation avec la possible méconnaissance de sources locales se rapprochant de certains faciès du Bugey. Ainsi, pouvoir s'appuyer sur des données chiffrées renforcerait les attributions.

Nous avons donc comparé les compositions de silex sénoniens du Vercors, de Chartreuse et du Bugey.

II.D.5.a.- Silex sénonien des massifs subalpins de Chartreuse et du Vercors

Des éléments de différenciation entre sources de

Chartreuse et du Vercors sont d'ors et déjà apparus à travers les résultats présentés dans les paragraphes précédents. Il s'agissait concernant les échantillons de Chartreuse :

- d'une anomalie en Ce fréquemment inférieure à 0,55
- d'une différence de proportions entre les terres rares légères (de La à Eu) et les éléments terres rares lourds (de Gd à Lu).

Ces particularités ne doivent pas être considérées comme un critère absolu mais peuvent éventuellement venir confirmer une hypothèse d'attribution concernant un échantillon.

Toutefois, la distinction entre silex sénoniens de Chartreuse et du Vercors demeure délicate à établir sur la base de leurs teneurs en éléments traces et terres rares en raison de l'hétérogénéité intra-source et intra-nodule. Ces difficultés ont été mises en évidence par la comparaison des intervalles de variation des teneurs d'un élément donné pour les échantillons du Vercors et de Chartreuse. La moyenne, le maximum et le minimum de la plupart des éléments mesurés en ICP-MS ont été calculés pour les échantillons respectifs des massifs de Chartreuse et du Vercors et représentés à la figure II.23. Compte tenu des teneurs élevées de la source de la Grande-Rivoire qui s'isole de l'ensemble sénonien, ses échantillons n'ont pas été considérés dans le calcul des moyennes. Les domaines de variation de la composition des silex des deux massifs se recoupent pour chacun des éléments pris en compte. En considérant les moyennes, on observe qu'elles sont très proches pour la plupart des éléments. Seules les moyennes en Co, Sr, Nb et U présentent des écarts sensibles entre les silex sénoniens du Vercors et ceux de Chartreuse.

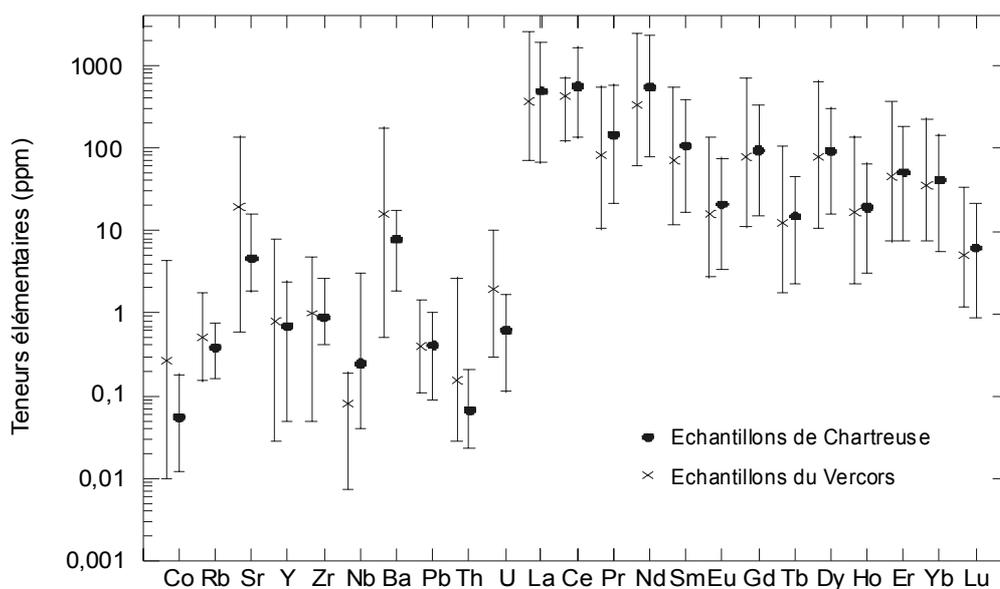


Figure II.23 - Echantillons de silex sénonien du Vercors et de Chartreuse : Comparaison des moyennes avec maximum et minimum pour 23 éléments analysés. Les traces sont exprimées en ppm et les terres rares en ppb. Echantillons de Chartreuse : n=21 ; échantillons du Vercors : n=42 sauf pour Zr, n=39 et Pb, n=27.

II.D.5.b.- *Silex sénonien du Bugey (Jura méridional)*

Afin d'établir un référentiel régional sur la composition chimique des silex sénoniens, nous avons procédé à l'analyse géochimique d'échantillons du Bugey. Les teneurs de cinq échantillons seulement ont été déterminées. Des restrictions financières n'ont pas permis d'analyser une quinzaine d'échantillons supplémentaires qui avaient pourtant été préparés jusqu'à la phase de broyage.

Les prospections et les études de J. Féblot-Augustins (Université Paris X, Nanterre) ont mis en évidence trois zones d'affleurements sénoniens dans le Bugey qui se distinguent entre eux par des caractères pétrographiques spécifiques. Il s'agit des secteurs d'Andert, de Bellegarde et de Chenavel. Deux échantillons, CE1a et CE2a, proviennent du nord-est du Bugey tandis que CN1b, CN1a et CN2b ont été prélevés dans le secteur nord-ouest du massif. Les échantillons CN1a et b étaient en position primaire. Une description macroscopique et pétrographique a été réalisée pour ces échantillons (annexe 6).

La confection de lames minces sur une vingtaine de silex du Bugey, suite à une demande de J. Féblot-Augustins, et leur observation par A. Arnaud (LGCA-CNRS, Grenoble) a permis de préciser l'âge et les conditions paléoenvironnementales de mise en place des sédiments dans lesquelles se sont formés les silex. Les échantillons concernés par les analyses appartiennent au Campanien (deuxième moitié du Sénonien) et comportent des Foraminifères de type Hedbergelles, Globigérinelloïdes et Archaeoglobigerina. CE1a et CE2a n'ont pas fait l'objet de lame mince mais les observations pétrographiques non-destructives montrent qu'ils sont moins riches en Foraminifères. Le milieu de formation des échantillons analysés est donc quasi identique. Nous allons dans un premier temps chercher à comparer les teneurs des échantillons du Bugey pour les mettre ensuite en rapport avec les résultats obtenus pour les silex sénoniens de Chartreuse et du Vercors.

En considérant les éléments traces, il apparaît que la variabilité intra-source est faible entre CN1a et CN1b (pour Rb, Sr, Y, Cs, Hf, Th) d'une part et CE1a et CE2a d'autre part (pour Rb, Nb, Cs, Hf, Th). Seules les teneurs en Ba présentent une variation importante entre les deux échantillons de même secteur géographique.

Les résultats élevés obtenus sur Ba pour CN1a et CE2a sont peut-être dus à la présence ponctuelle de minéraux riches en cet élément, comme la barytine dans ces silex.

Des diagrammes binaires ont permis de différencier les échantillons selon leur provenance géographique (nord-est ou nord-ouest du massif), l'échantillon CN2b s'individualisant des deux groupes (fig. II.24). Toutefois, il faudra multiplier les analyses pour savoir si cette tendance se maintient.

Quatre des échantillons du Bugey présentent des

spectres de terres rares relativement similaires du point de vue de leur profil (fig. II.25). L'échantillon CN2b se distingue encore par une signature géochimique différente alors que les observations sur lame mince le rapprochaient de CN1a et CN1b.

L'anomalie en Ce a été calculée pour les silex du Bugey analysés. Elle varie peu pour les quatre premiers échantillons par comparaison avec CN2b (tabl. II.12) pour lequel on obtient une valeur atypique.

Les données obtenues pour l'anomalie en Ce concordent avec celles auxquelles on pouvait s'attendre d'après les observations pétrographiques. En effet, les échantillons correspondent à des faciès de plate-forme externe de profondeur modérée, ce qui traduit cette anomalie comprise dans la fourchette 0,55-0,8 proposée plus haut. Par contre, l'anomalie négative très prononcée de l'échantillon CN2b se démarque des autres échantillons alors qu'il est très proche, pétrographiquement des échantillons CN1a et b. Les causes de ce comportement particulier sont peut-être à mettre en relation avec l'histoire diagénétique de l'échantillon. Cette question reste ouverte.

Échantillon	Ce/Ce*
CE1a	0,61
CE2a	0,60
CN1a	0,70
CN1b	0,64
CN2b	0,23

Tableau II.12 – Résultats de l'anomalie en Ce pour les cinq échantillons du Bugey analysés.

Les données obtenues pour ces quelques échantillons de silex du Bugey sont donc relativement homogènes et les résultats pour les éléments traces traduisent l'origine géographique différente de ce lot d'échantillons. Le cas particulier de l'échantillon CN2b pose problème quant à ses teneurs en terres rares alors que sa composition en éléments traces ne présente pas de spécificités particulières.

La comparaison entre les silex sénoniens du Vercors, de Chartreuse et du Bugey (fig. II.26), correspondant à des affleurements dispersés sur plus de 100 km de long montre que les compositions des échantillons de silex tombent globalement dans le domaine de variabilité des silex sénoniens subalpins. Toutefois les teneurs moyennes en Rb, Ba, La et Ce des silex sénoniens du Bugey s'écartent de celles des silex de Chartreuse et du Vercors. La figure II.27 montre les possibilités de discrimination des silex du Bugey vis à vis de ceux de Chartreuse et du Vercors.

Ainsi certaines teneurs élémentaires présentent des caractères suffisamment spécifiques pour permettre de différencier des silex des massifs subalpins de ceux du Bugey. Toutefois, il faut rester prudent sur ces conclusions compte tenu du faible nombre d'échantillons analysés.

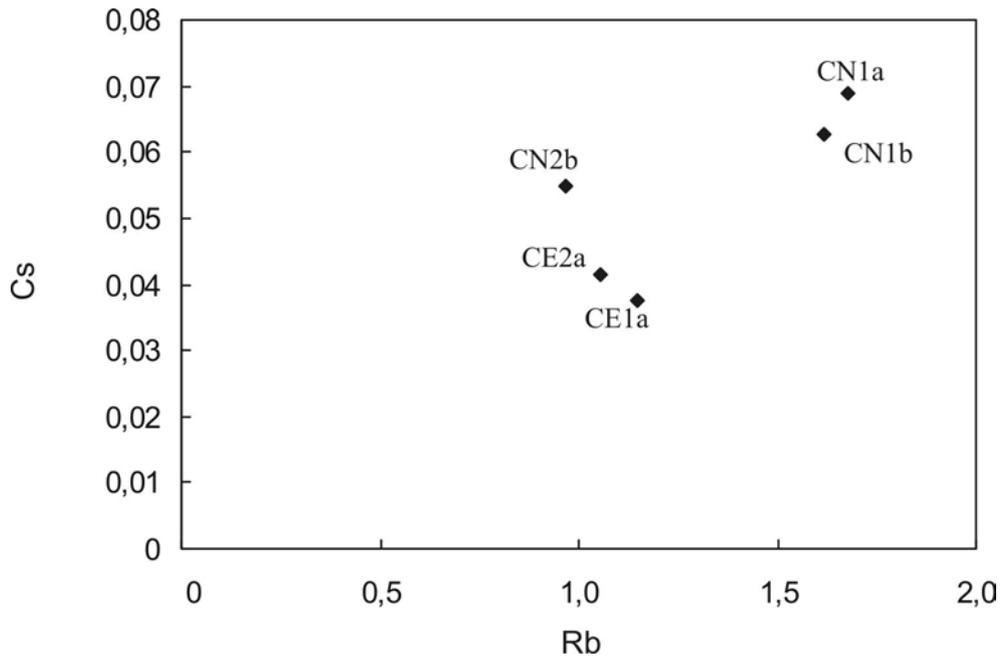


Figure II.24 - Diagramme binaire Nb (ppm) en fonction de Rb (ppm) pour les échantillons de silex sénonien du Bugey.

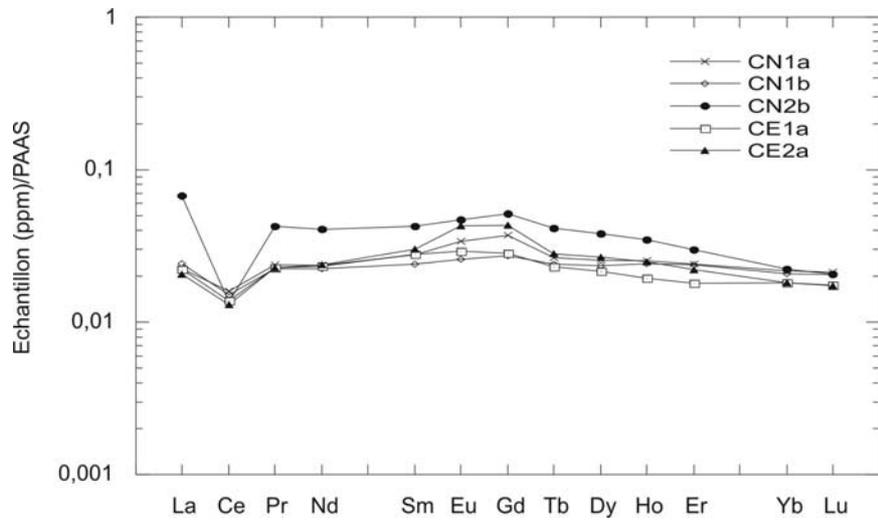


Figure II.25 - Teneurs en éléments terres rares normalisées au PAAS pour les échantillons sénoniens du Bugey.

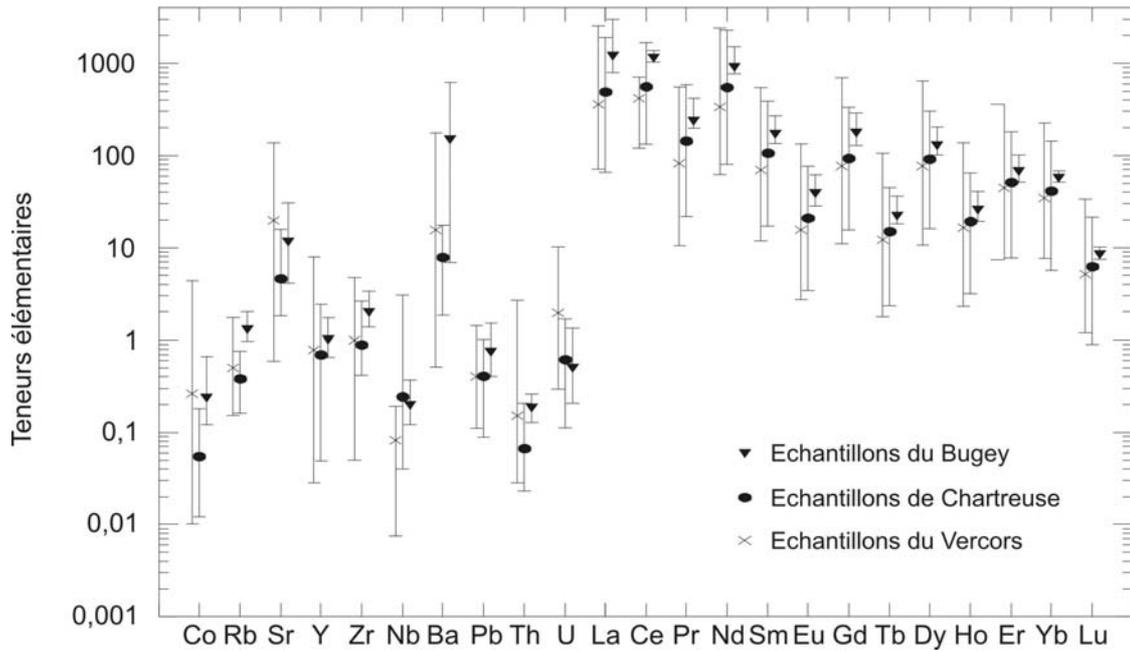


Figure III.26 - Comparaison des moyennes avec maximum et minimum pour 23 éléments analysés. Les traces sont exprimées en ppm et les terres rares en ppb. Echantillons de Chartreuse : n=21 ; échantillons du Vercors : n=42 sauf pour Zr, n=39 et Pb, n=27 ; échantillons du Bugey : n=5.

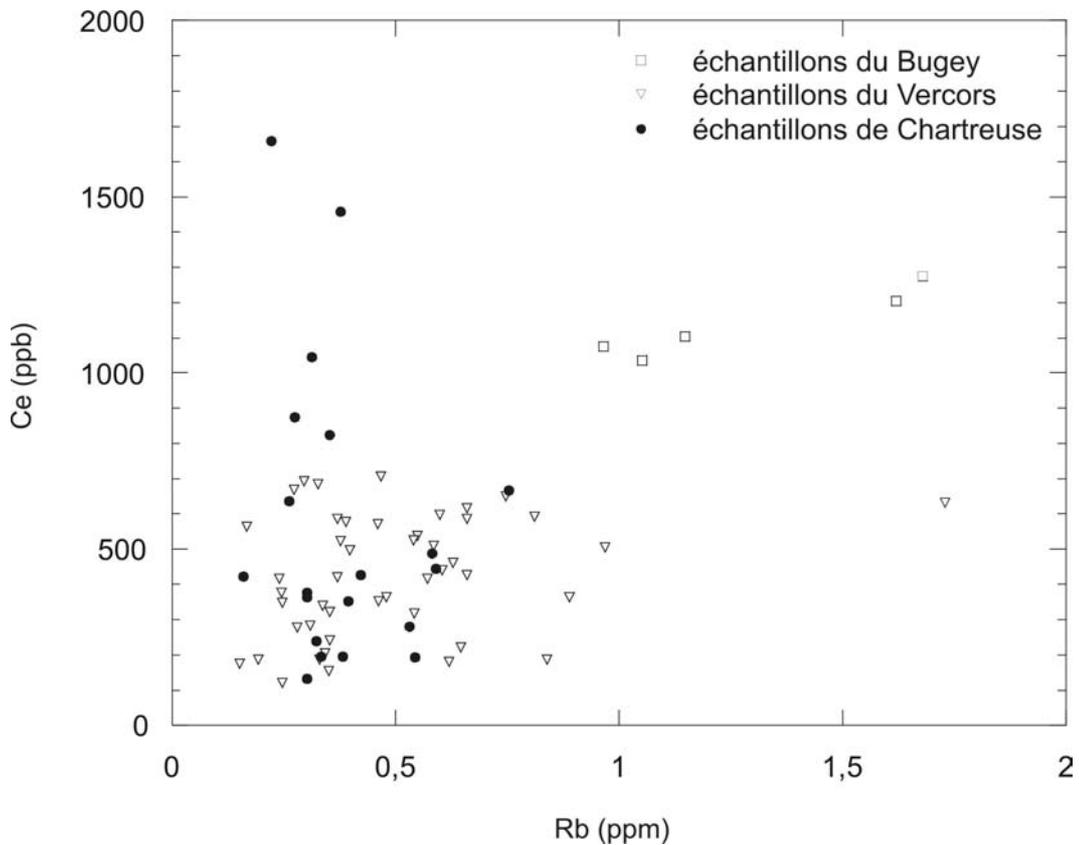


Figure III.27 - Diagramme binaire Rb en fonction de Ce représentant les échantillons de silex sénonien du Vercors, de la Chartreuse et du Bugey.

La différenciation des silex des massifs subalpins analysés jusqu'à présent apparaît par contre plus difficile et il est nécessaire de combiner plusieurs signatures géochimiques pour parvenir à une discrimination.

II.D.5.c.- Le cas des silex tertiaires

Afin d'élargir notre champ d'investigation, nous avons analysé un petit nombre de silex formés dans des calcaires tertiaires. Ils s'agit de trois échantillons issus pour deux d'entre eux des niveaux éocènes du secteur de Lus-La-Croix-Haute (Drôme) (Tbch 1, Cor 2.1) et d'un échantillon prélevé dans les calcaires lacustres oligocènes de Saint-Hilaire-du-Rosier dans le Royans (SHR lots 1). Ces silex, par comparaison avec les silicifications crétacées, se sont formés dans des bassins de sédimentation plus restreints du point de vue de leur

étendue. Par ailleurs, les conditions chimiques qui y régnaient durant la genèse des silex sont susceptibles d'avoir varié de façon importante d'un bassin à l'autre. Les chances de pouvoir les différencier dans le cas de faciès convergents seront donc plus importantes. Deux des échantillons (SHR lots 1 et Tbch 1), aux origines géographiques différentes avaient des aspects macroscopiques proches. Leurs teneurs en terres rares représentées après normalisation à la figure II.28 montrent clairement les possibilités de différenciation des silex de Lus-la-Croix-Haute et du Royans. De plus les teneurs élémentaires de ce dernier (SHR lots 1) sont nettement plus faibles que celles des échantillons de Lus-La-Croix-Haute. L'échantillon SHR lots 1 se caractérise donc par ses teneurs élémentaires extrêmement faibles associées à une teneur élevée en U (plus de 10 ppm) et à une anomalie en Ce positive, égale à 1,21.

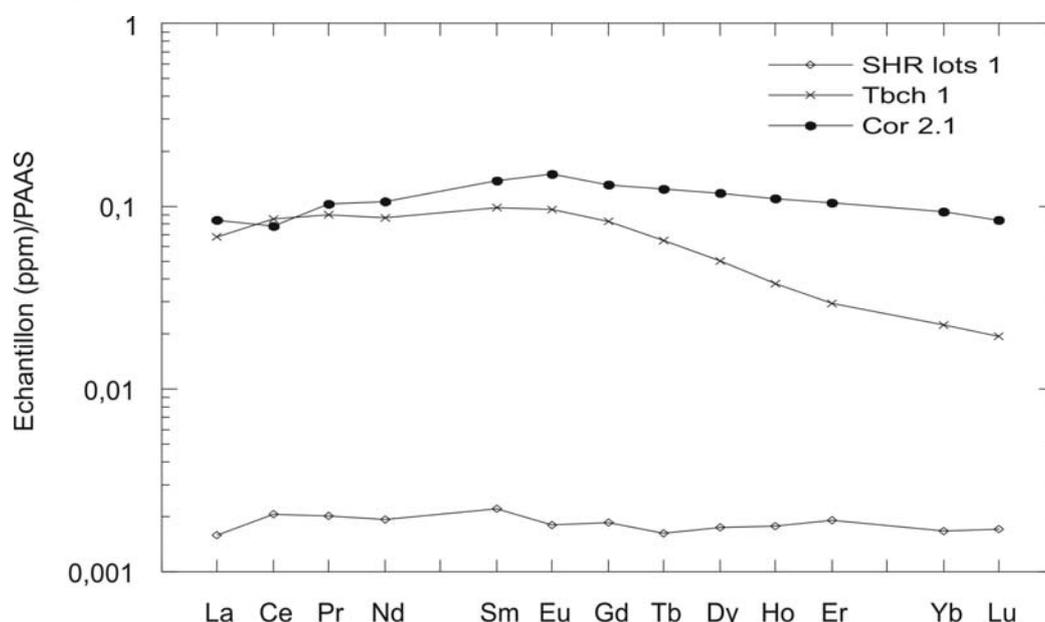


Figure II.28 - Teneurs en éléments terres rares normalisées au PAAS pour les échantillons lacustres tertiaires.

Les deux échantillons de Lus-La-Croix-Haute se différencient des silex sénoniens par des teneurs élevées en Rb, Zr et Pb et en terres rares (annexe 8).

En considérant le profil des spectres de terres rares de Tbch 1 et de Cor 2.1 (fig. II.28), les deux échantillons sont nettement différenciables :

- le premier présente une anomalie en Ce positive (égale à 1,15) et une perte marquée en éléments terres rares lourds.
- le second présente une anomalie en Ce modérée (égale à 0,85) et un léger enrichissement en éléments terres rares légers par rapport aux lourds.

Ces caractères peuvent traduire des milieux de formation différents entre ces silex, ce qui est en accord avec la nature des microfaciès sédimentaires.

Les sources tertiaires régionales livrant du silex en

place sont localisées en bordure du massif du Vercors. Leur identification dans les séries des massifs subalpins permettra de mettre en évidence les rapports entre milieux de montagne et plaine. Leur différenciation nette au moyen de la géochimie des silex sénoniens, caractéristiques des ressources du Vercors et de Chartreuse, apporte des éléments intéressants pour la mise en place de problématiques futures de recherche.

II.D.6.- Conclusion sur la caractérisation géochimique des sources de silex

La différenciation de sources d'étages géologiques différents ne pose pas de problèmes. Par contre, lorsqu'on cherche à discriminer les sources d'une même formation, sénonienne par exemple, les marqueurs

géochemiques sont plus difficiles à établir. Cette difficulté est également liée à l'hétérogénéité du silex, observée à plusieurs échelles, celle du rognon et celle de la source. Elle apparaît prononcée dans certains cas (sources primaires de la Conversaria et du Col de la Croix Perrin par exemple) alors qu'elle est beaucoup plus limitée dans d'autres (sources primaires de la Grande-Rivoire et des Griats). Seules les sources à l'homogénéité satisfaisante peuvent être utilisées de manière fiable pour la recherche de provenance d'artefacts. Parmi les sources analysées, seule celle de la Grande-Rivoire présente l'homogénéité nécessaire et des teneurs suffisamment spécifiques par rapport aux autres silex sénoniens pour servir de source-marqueur dans le cadre des recherches de provenance basées sur la composition chimique des silex. Concernant les autres sources, leur caractérisation est plus délicate et doit être menée de manière à considérer leur composition élémentaire comme un critère supplémentaire d'identification, en l'associant à d'autres méthodes de caractérisation.

Nous avons vu que les éléments terres rares apportent dans la plupart des cas les critères de caractérisation des sources les plus pertinents. C'est notamment le cas de l'anomalie en Ce et des rapports élémentaires (La/Ce en particulier).

La signature géochimique apparaît propre à un type de silex, formé dans des conditions redox spécifiques et dans un paléoenvironnement particulier, qu'il est possible de restituer à travers la caractérisation des microfaciès sédimentaires. Des modifications de cette signature géochimique dues à un contexte d'enfouissement particulier, au sein de poches et de conglomérats tertiaires, n'ont pas été détectées à travers l'analyse d'échantillons prélevés dans des sources secondaires.

Le tableau II.13 synthétise les caractères géochimiques (teneurs élevées en certains éléments) que nous avons mis en évidence pour la différenciation des silex analysés.

Étage géologique		Massif		Source	
Valanginien	Th, Zr	Vercors	$Ce > 0,55$, U	La Grande Rivoire	teneurs élevées en traces et REE
Barrémo-bédoulien	Ti, Nb, Th, Zr	Chartreuse	$Ce < 0,55$, proportion REE lourds/REE légères variables	La Conversaria	U/Sr
Sénonien	teneurs basses			(source secondaire)	
Eocène	teneurs basses, U				
Oligocène	Rb, Zr, Pb	Bugey	Rb, La, Ce		

Tableau II.13 – Possibilités de discrimination à différentes échelles (étage, massif, source) des silex analysés. En italique sont indiquées les tendances observées.

Après avoir établi les possibilités de caractérisation de chaque source analysée et cerné les limites de la méthode, nous pouvons aborder le second volet notre recherche, constituant l'objectif de notre démarche analytique, la présentation des résultats des mesures obtenues sur les échantillons archéologiques et leur attribution à une source.

II.D.7.- Applications à la caractérisation des séries archéologiques

II.D.7.a.- Les possibilités d'attribution artefacts / sources

Etant donné que l'hétérogénéité du matériau est le principal obstacle à la discrimination fine des types de silex selon leur provenance géographique, elle va également constituer un frein à l'attribution d'un artefact à sa source sur la base de sa composition chimique. En effet, des échantillons archéologiques peuvent rentrer dans le domaine de variation chimique d'une source, voire de plusieurs, alors qu'ils n'en sont pas issus. De même, un échantillon atypique, aux teneurs plus ou moins élevées que celles de sa source d'origine peut en être exclu.

En ayant conscience de ces possibles erreurs, des

corrélations entre échantillons archéologiques et sources analysées sont proposées à l'aide de deux exemples de sites.

En abordant la question de l'attribution d'un silex archéologique à une source, plusieurs questions préalables doivent être posées : la chauffe du silex entraîne-t-elle une modification de la composition ? Quelles sont les conséquences de la patine sur la composition chimique d'origine ?

II.D.7.a.1.- Chauffe du silex et composition chimique

Nous n'avons jusqu'à présent pas effectué de test à ce sujet. Toutefois, d'après des données bibliographiques, la chauffe ne produit pas de modification significative du point de vue des teneurs élémentaires (Hess, 1996 ; Blet, 1999). Il conviendra de vérifier que ces résultats s'appliquent aussi au cas des silex des massifs préalpins.

II.D.7.a.2.- La question de la patine

Ce problème a été abordé à travers l'exemple d'un artefact de Jiboui, site que nous présentons de manière détaillée dans les paragraphes suivants, qui montrait une épaisse zone patinée. La portion altérée (échantillon JbiD6 31b) et la partie interne, « fraîche », ont été analysées séparément (échantillon JbiD6 31n).

Les résultats pour les éléments dosés sont présentés à la figure II.29. Nous avons comparé les teneurs entre la partie patinée et la partie fraîche, en les rapportant à la composition de la montagne de Belle Motte, source à laquelle l'artefact a été attribué. On observe qu'à l'exception de Co et plus modérément de Pb, les écarts de teneurs entre partie patinée et partie interne sont très faibles. L'altération de surface n'a donc pas modifié de façon sensible les teneurs

originelles du silex. Ces écarts en outre peuvent correspondre à l'hétérogénéité intra-nodule. Par ailleurs, les teneurs des terres rares, de Sr, Y, Zr, Th et U sont proches ou entrent effectivement dans le domaine de variabilité géochimique de la source de Belle Motte. Ainsi, l'attribution de l'échantillon à sa source, même si on ne considère que la composition de sa partie patinée, est possible.

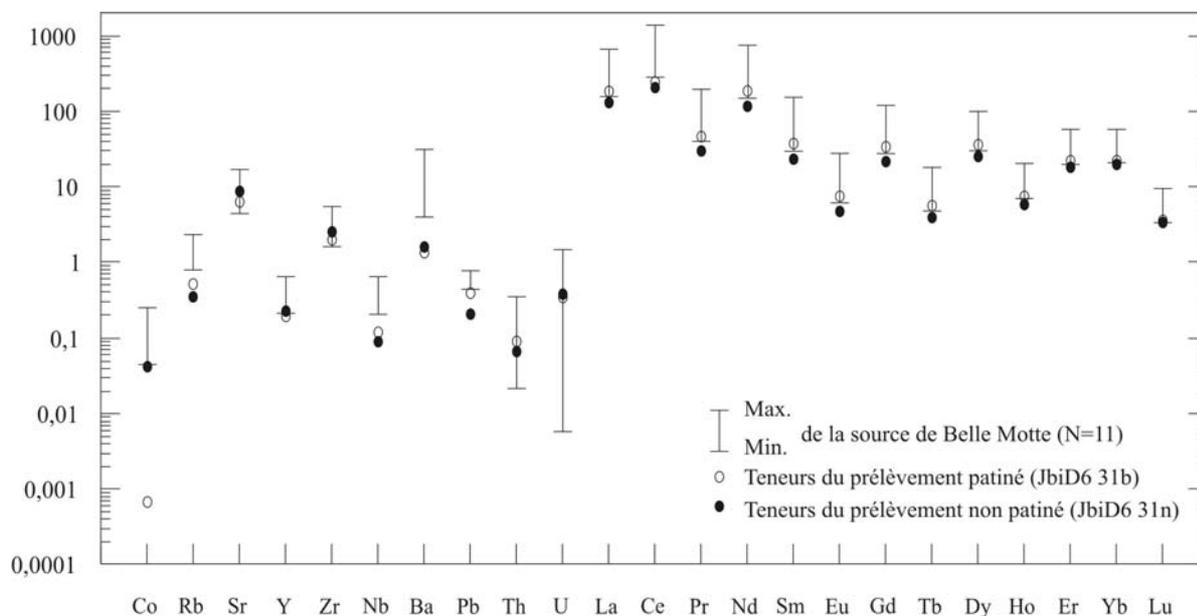


Figure II.29 - Comparaison des teneurs élémentaires pour les prélèvements patiné et "frais" de l'artefact JbiD6 31.

II.D.7.b.- Le site de Jiboui

Le site moustérien de plein air de Jiboui, est localisé à 1619 m, au niveau d'un col, à la limite entre le Diois et le Vercors. Il a été daté par thermoluminescence sur silex brûlés à 55000 BP +/- 3500 (Bdx-6190) et 48000 BP +/- 3500 (Bdx-6013). Les pièces taillées qui sont issues de ce site stratifié sont souvent patinées, ce qui leur confère une couleur grise laiteuse. La patine est la plupart du temps superficielle mais peut atteindre une épaisseur de plusieurs millimètres sur certains échantillons. Un examen macroscopique et pétrographique non destructif a suggéré un approvisionnement local, sur les flancs de la toute proche montagne de Belle Motte. Les bancs calcaires bédouliens présentant des silex en position primaire se trouvent à une demi-heure de marche mais des nodules de silex décimétriques sont accessibles dans les éboulis plus proches du site. Nous avons sélectionné pour les analyses 13 artefacts moustériens de Jiboui qui ont donné lieu à 14 analyses puisqu'un échantillon a été mesuré deux fois, après séparation de sa partie interne et patinée (cf. supra).

Dans l'optique d'une attribution de provenance, les échantillons de Jiboui peuvent être rapprochés de la source de Belle Motte du point de vue des spectres de

terres rares (fig. II.30) et des éléments traces, variant dans des fourchettes similaires (tabl. II.14). On remarque dans ce tableau que la moyenne des teneurs pour les artefacts de Jiboui et les échantillons de Belle Motte offre des valeurs proches, du même ordre de grandeur.

En ce qui concerne les éléments terres rares, les spectres des échantillons archéologiques sont compris dans le (large) domaine de variabilité chimique des silex géologiques de Belle Motte. En outre, c'est essentiellement par rapport à leur profil, comparable à celui des échantillons de Belle Motte que les artefacts de Jiboui peuvent être rapprochés de cette source.

L'anomalie en Ce calculée pour la source de Belle Motte était de 0,91 +/- 0,03. Lorsqu'on considère les échantillons de Jiboui, l'anomalie est plus variable puisque sa valeur s'échelonne de 0,61 à 0,89 selon les échantillons. En outre, l'anomalie en Ce moyenne des artefacts de Jiboui est inférieure à celle de Belle Motte : 0,77 +/- 0,09.

Les différents faciès distingués sur des critères pétrographiques et macroscopiques (silex à éléments bioclastiques, silex gris clair, silex noirs à inclusions calcaires, cf. chapitre I) ne se retrouvent par à travers la composition des échantillons.

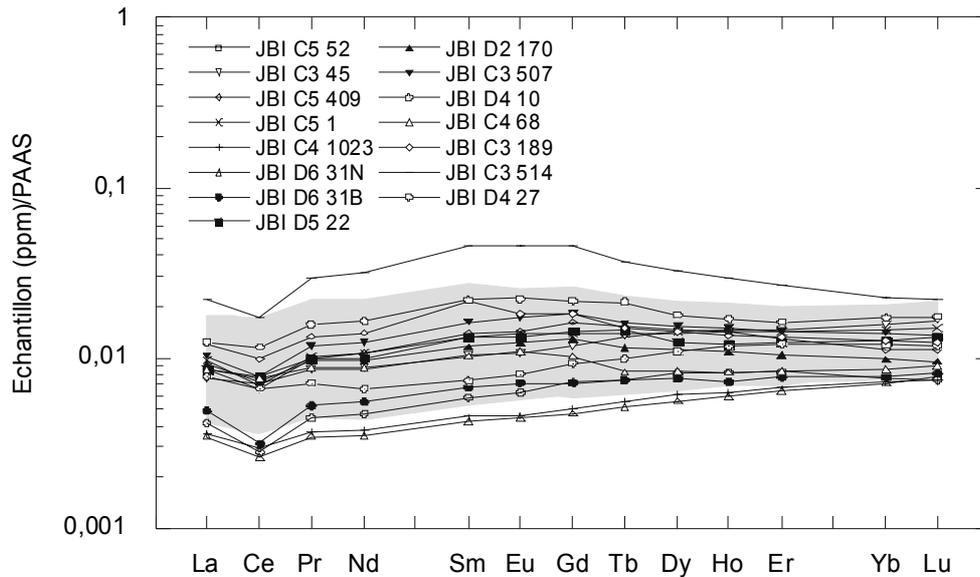


Figure II.30 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des artefacts en silex de Jiboui. La trame grisée représente le domaine de composition des silex bédouliens de la montagne de Belle Motte.

	Source de Belle Motte		Artefacts de Jiboui	
	N=11		N=15	
	moyenne	σ	moyenne	σ
Éléments traces (ppm)				
Co	0,14	0,07	0,15	0,12
Rb	1,23	0,41	0,86	0,46
Sr	10,12	3,61	15,24	15,96
Y	0,35	0,13	0,44	0,23
Zr	3,22	0,96	3,46	2,36
Nb	0,35	0,13	0,27	0,17
Ba	11,17	7,99	9,89	7,14
Pb	0,56	0,22	0,52	0,22
Th	0,20	0,09	0,11	0,04
U	0,81	0,36	0,83	0,48
Terres rares (ppb)				
La	326,4	142,9	337,6	175,5
Ce	636,5	297,9	570,9	303,6
Pr	83,42	43,32	88,88	56,56
Nd	313,3	167,5	354,1	236,1
Sm	61,04	34,53	76,35	57,31
Eu	11,92	6,01	15,06	10,97
Gd	53,59	27,08	66,90	45,92
Tb	8,66	3,74	10,39	6,16
Dy	52,20	20,67	60,11	30,73
Ho	11,16	3,94	12,39	5,75
Er	32,38	11,10	35,06	14,50
Yb	33,55	10,57	33,94	12,38
Lu	5,31	1,68	5,26	1,83

Tableau II.14 - Comparaison des teneurs élémentaires des artefacts de Jiboui avec celles des silex bédouliens de la montagne de Belle Motte. σ : écart type.

PARTIE II : Caractérisation géochimique et études de provenance, *chapitre 1*

		CARACTERES TYPO-TECHNOLOGIQUES	CARACTERES MACROSCOPIQUES					CARACTERES PETROGRAPHIQUES										
N° de la pièce archéologique	N° de laboratoire	Nature de la pièce et observations	Cortex	Couleur	Eclat	Grain	Trame	Eléments figurés										Corrélation avec les échantillons géologiques
								Texture	Abondance (%)	Dimensions (µm)	Emoussé	Intraclastes	Agrégats	Quartz	Glauconie	Dolomie	Oxydes de fer	
Niveau néolithique ancien																		
13B1b	GR 99 14	éclat débité au percuteur dur, percussion directe	absent	gris	M/O	M, R	P	25	150	léger à moyen	X			(X)		rare spicules de Spongiaires et punctiformes	Sénonien, Bourg de Dessus	
13B1b2	GR 99 15	fragment d'éclat au percuteur dur, percussion directe	1 mm, calcaire, blanc en section	marron clair	M/S T	F	P	20	100-200	absent à léger	X			X		qq spicules de Spongiaires et spicules punctiformes abondantes	Sénonien, Nord-Vercors	
G Riv 61-100B1b	GR 99 16	éclat débité au percuteur dur, brûlé	absent	noir	G-M/O	F	W	12-15	25-100	absent	X			X	X	Glomospira ?	Barrémo-Bédoulien, Sud-Vercors-Haut-Diois	
G Riv 2B1	GR 99 17	fragment de nucléus débité au percuteur dur, percussion directe éclaté au feu	gris, érodé, piqueté	marron	M/S T	F	M	8	25 et 100	absent	X	X		X			Sénonien, Nord-Vercors	
G Riv 4B1	GR 99 18	percussion directe	absent	marron	M/S T	F	M	2	25-100	absent	X			X			Sénonien, Nord-Vercors	
Niveau néolithique moyen																		
G Riv 10 A3	GR 99 19	éclat débité au percuteur dur, percussion directe	1 mm, calcaire, blanc en section	marron gris clair	M/O	M, R	P	25	150-250	oui	X	X		X	X	X	Nbreux bioclastes, spicules de Sp. et Echino., fragments algaires	Sénonien, proche du silex de la Passagère (Val d'Autrans)
G Riv 94 6014 A3	GR 99 20	fragment de nucléus débité au percuteur dur, percussion directe, chauffé	absent, pellicule calcitique	noir à inclusions calcaires grises	M/O	F	W	10-12	< ou = 100	absent ou léger	X			X	X	X	Glomospira, spicules de Spongiaires trapus	Barrémo-Bédoulien, Plateau de Vassieux
G Riv 11 A3	GR 99 21	fragment naturel retouché	très mince, gris	rose à marron clair	M/O	M, Z	M	5-8	50-200	léger	X	X		X	X		Spicules de Spongiaires	Sénonien, silex local, type 2, la Grande Rivoire
G Riv 10 A3	GR 99 22	casson naturel, non débité	surfaces naturelles diaclasiqes	gris, légèrement veiné de marron	M/O	G	M	5	<100	léger	X	X		X		X	Spicules de Spongiaires et autres bioclastes non identifiés	Sénonien, mauvaise silicification locale
G Riv 817 A3	GR 99 23	casson à peine débité	surfaces naturelles diaclasiqes	beige	G/O	F, Mou	P	20-25	100-200	oui	X			X	X		Spicules de Spongiaires	Sénonien, Nord-Vercors, proche de GR 19
Pièces hors stratigraphie																		
	GR 97 1	éclat	absent	rose à marron clair	M/O	M	M	5-8	50-200	léger	X	X		X			Spicules de Spongiaires	Sénonien, silex local, type 2, la Grande Rivoire
	GR 97 2	éclat	absent	rose à marron clair	M/O	M	M	8	100-200	absent	X	X	X	X	X		Spicules de Spongiaires	Sénonien, silex local, ? Ou Nord-Vercors
	GR 97 3	éclat	absent	marron clair à veines roses	M/O	F	M à P	8-20	50 à 300 et +	léger	X	X		X	X	X	Fragments de Bryozoaires, Hedbergelles	Silex local, type 1, la Grande Rivoire

F : fin
TF : très fin

Eclat | G : gras | Grain | R : rugueux | Trame | Z : Zoné
| M : mat | | M : moyen | |
| O : opaque | | F : fin | |
Texture | M : mudstone | | TF : très fin | |
| P : packstone | | G : grossier | |
| W : wackestone | | | |
X : présent

Tableau II.15 – Descriptions pétrographiques des artefacts de la Grande Rivoire analysés.

Ainsi, comme nous l'avons constaté pour les silex géologiques de la montagne de Belle Motte, les artefacts de Jiboui présentent une hétérogénéité de composition importante qui, dans sa globalité, reflète celle mise en évidence pétrographiquement.

II.D.7.c.- L'abri de la Grande-Rivoire

Le site de la Grande-Rivoire, à une altitude de 580 m dans le Vercors, est un abri sous roche qui fut occupé à partir de 8000 BC environ (Picavet, 1999). Pour la Préhistoire, il présente une séquence complète débutant au Mésolithique moyen et se terminant par des horizons du Néolithique final. Les vestiges archéologiques les plus récents datent de l'époque médiévale. Il s'agit de l'un des quelques sites régionaux qui permet l'étude de la transition entre le Mésolithique et le Néolithique. Il constitue dès lors un site clé pour appréhender l'évolution de l'économie et l'approvisionnement en matières premières au cours de cette période. L'industrie lithique de la Grande-Rivoire est majoritairement composée de silex. Les deux types de silex qui affleurent autour du site ainsi qu'à même la falaise de calcaire sénonien qui surplombe l'installation préhistorique ont été utilisés par les préhistoriques. Ces silex naturels ont fait l'objet, je le rappelle, d'analyses dont les résultats sont présentés plus haut (cf. § II.D.4.a.2.).

	Source de la Grande Rivoire		Artefacts de la Grande Rivoire	
	Type 2, N=8		N=4	
	moyenne	σ	moyenne	σ
Éléments traces (ppm)				
Co	0,90	0,17	1,156	0,379
Rb	2,48	0,32	2,666	0,554
Sr	194,49	82,08	136,978	38,37
Y	4,73	0,45	4,778	0,604
Zr	2,59	0,72	2,725	1,114
Nb	0,42	0,38	0,282	0,043
Ba	6,59	2,96	6,911	1,145
Pb	1,64	0,65	-	-
Th	0,21	0,03	0,223	0,049
U	18,18	9,54	15,441	8,735
Terres rares (ppb)				
La	2996	367	2967	265,7
Ce	2446	334,6	2393	265,7
Pr	602,60	76,7	602,0	60,0
Nd	2361	299,3	2348	254,5
Sm	440,8	56,6	433,3	49,67
Eu	100,40	11,6	97,81	9,56
Gd	460,2	47,5	476,4	79,92
Tb	71,93	7,45	72,98	9,79
Dy	457,5	47,1	454,8	49,58
Ho	101,5	10,6	100,9	10,58
Er	276,6	29	273,2	25,59
Yb	205,10	22,24	194,4	14,19
Lu	31,26	3,54	29,60	2,48

Tableau II.16 - Comparaison des teneurs élémentaires des artefacts de la Grande-Rivoire avec celles des silex sénoniens du gîte du même nom. σ : écart type.

Les mesures ont porté sur 13 artefacts :

- cinq sont issus de la couche B1 attribuée au Néolithique ancien
- cinq proviennent de la couche A3 rapportée au Néolithique moyen
- trois ont été récoltés hors stratigraphie

Contrairement au cas du site de Jiboui, les artefacts ne proviennent pas tous de la source locale, à savoir la Grande-Rivoire, comme l'a montré l'examen pétrographique dont les résultats sont donnés au tableau II.15. D'après les teneurs élémentaires, il a été possible d'attribuer quatre artefacts (deux de la couche A3 et deux récoltés hors stratigraphie) au type 2 de la source de la Grande-Rivoire (fig. II.31, tabl. II.16). Les observations pétrographiques viennent confirmer ces résultats. Le type 2 correspond à celui qui a été retrouvé dans les éboulis et qui offre la meilleure aptitude à la taille.

Les neuf artefacts restant apparaissent provenir de sources variées. Les observations pétrographiques nous ont guidé sur plusieurs pistes en ce qui concerne les attributions de provenance possibles de ces pièces archéologiques. Deux silex ont clairement été identifiés comme appartenant à des sources barrémobédouliennes dont une serait le plateau de Vassieux en Vercors. Il s'agit de GR9916 et de GR9920. Le spectre de terres rares de ce dernier montre un profil particulier qui l'isole des silex sénoniens qui composent la majorité de l'industrie de la Grande-Rivoire. GR9916 est caractérisé par une anomalie en Ce positive (égale à 0,96). Du point de vue des éléments traces, les teneurs en Nb et Zr (annexe 8) des deux échantillons barrémobédouliens, plus élevées que la moyenne des silex sénoniens, les distinguent de ces derniers.

Ainsi, sept artefacts présentent géochimiquement et pétrographiquement des caractères qui les rapportent au silex sénonien. Nous avons cherché à savoir de quelles sources les compositions élémentaires des artefacts se rapprochaient, en ayant conscience que leurs affleurements d'origine respectifs n'étaient peut-être pas inclus dans les sources servant de référentiel.

En considérant les terres rares, on observe que les spectres ne montrent pas de profil superposé (fig. II.31). Ce fait n'exclut toutefois pas la possibilité que deux artefacts puissent être taillés sur des matériaux de même origine, comme l'a montrée l'étude des sources. Certains échantillons présentent des spectres relativement similaires pour des ordres de grandeur légèrement différents. C'est le cas de GR9914 et GR9917 d'une part et GR9919 et GR9923 d'autre part. L'examen pétrographique a montré que GR9914 et GR9917 étaient de types différents tandis que GR9919 et GR9923 présentaient des microfaciès similaires. Ces deux derniers échantillons ont été rapprochés par leurs microfaciès du type de silex rencontré en position primaire aux Griats. L'examen des données en éléments traces a montré une certaine dispersion entre ces échantillons géologiques et archéologiques qui offrent toutefois le même ordre de grandeur. Seules les teneurs

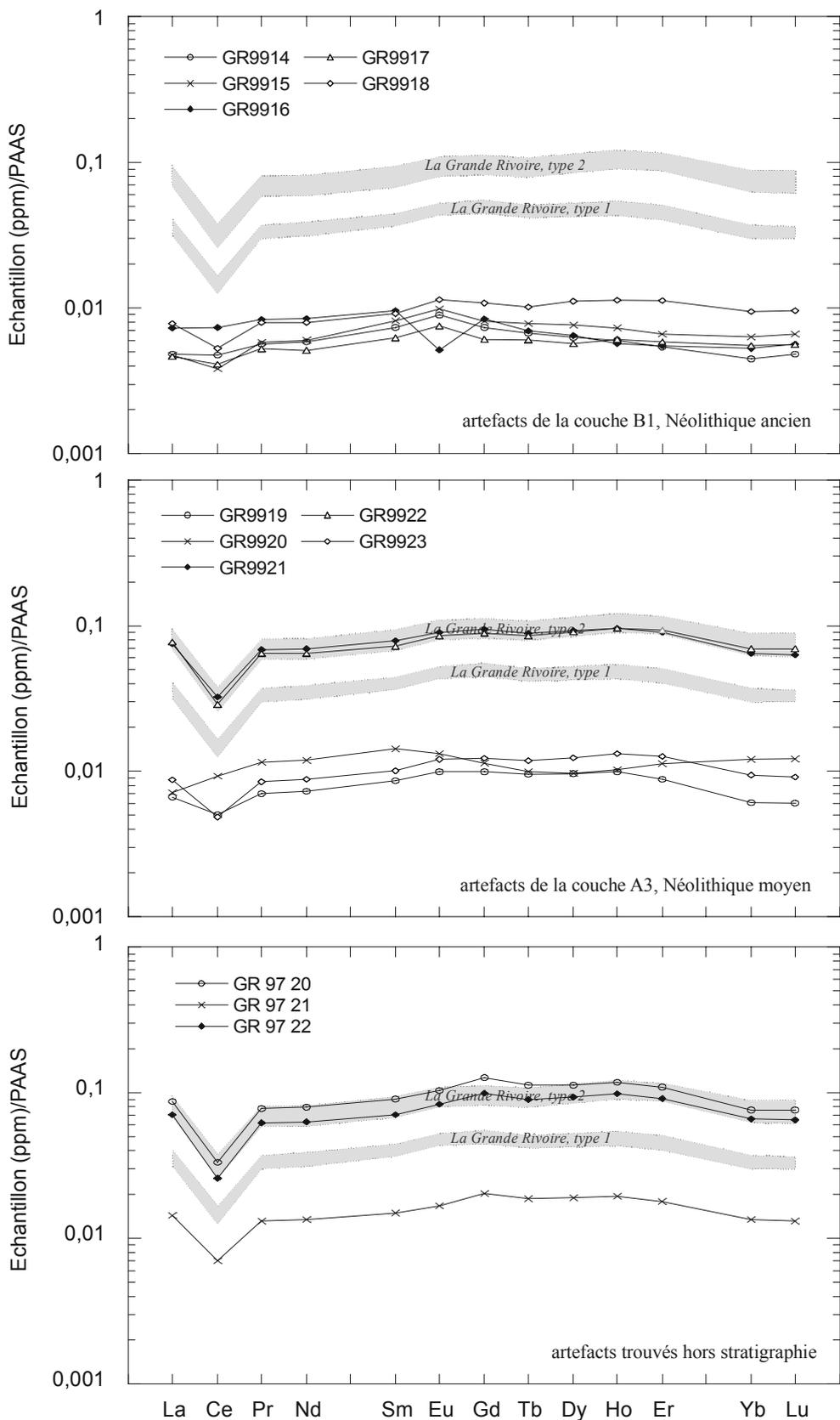


Figure II.31 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des artefacts en silex de la Grande Rivoire. La trame grisée représente le domaine de composition des silex sénoniens de la source de la Grande-Rivoire (types 1 et 2).

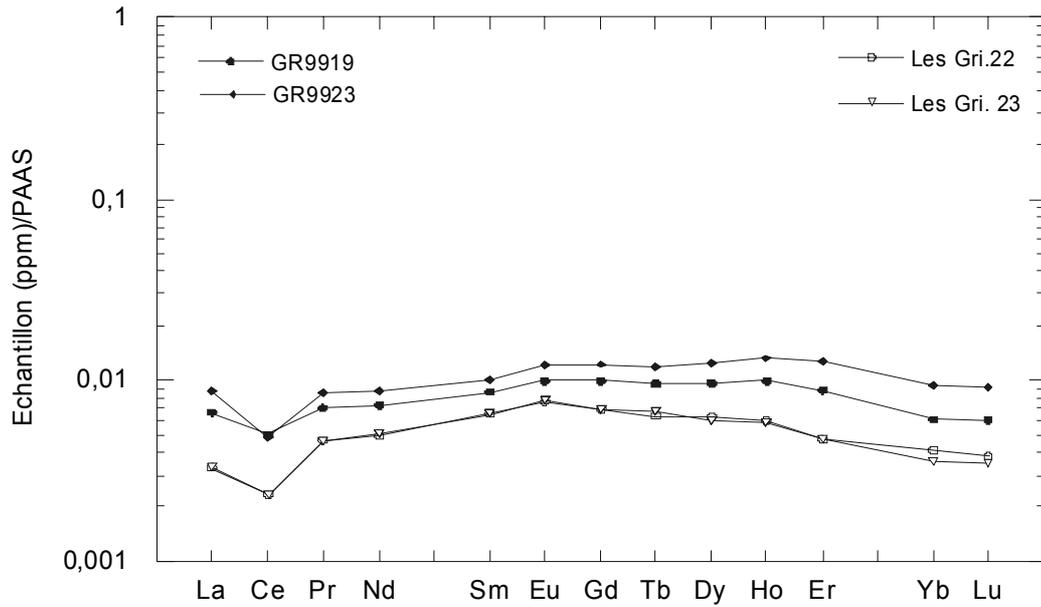


Figure II.32 - Spectres de terres rares normalisés de deux artefacts de la Grande-Rivoire et des échantillons géologiques des Griats (position primaire).

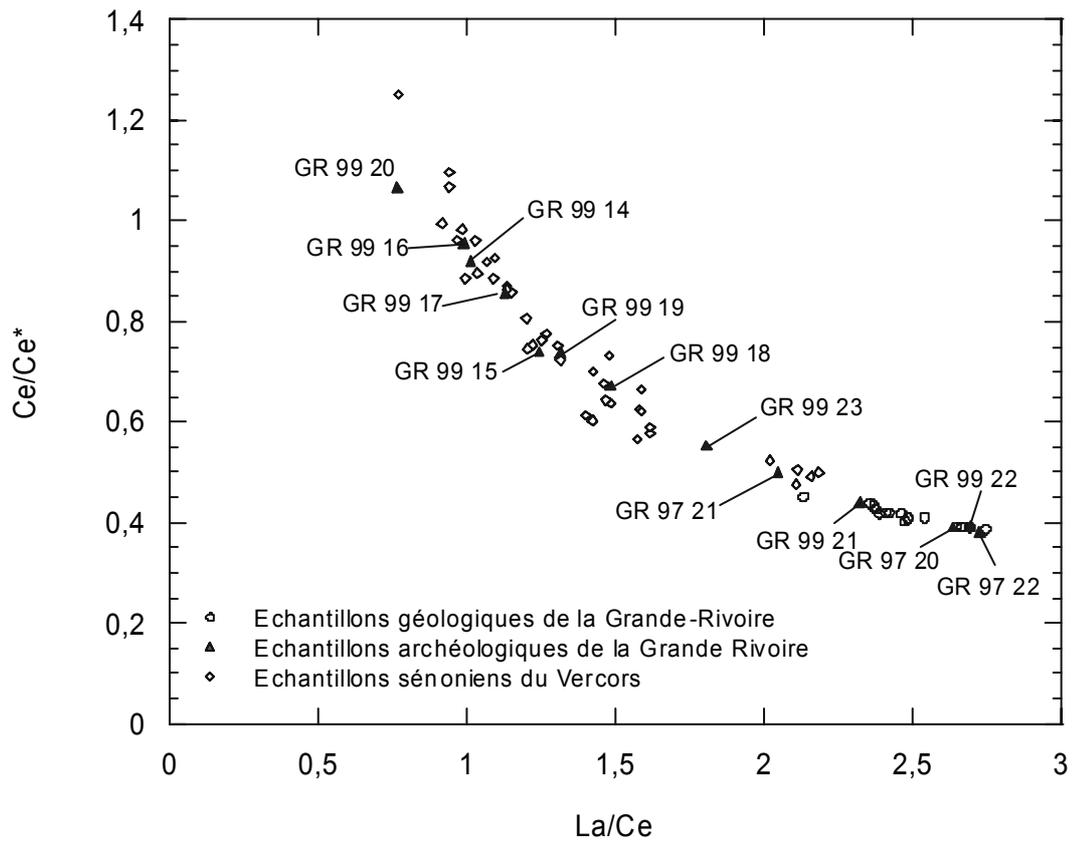


Figure II.33 – Diagramme binaire Ce/Ce* en fonction de La/Ce représentant les artefacts de la Grande-Rivoire et les échantillons sénoniens du Vercors.

en Nb et Zr sont proches entre les deux catégories d'échantillons.

En comparant les spectres de terres rares de GR9919 et GR9923 avec ceux des deux échantillons géologiques analysés pour les Griats, l'ensemble des silex montre des spectres de profil similaire avec cependant des niveaux de teneurs différents (fig. II.32).

Lorsqu'on considère l'anomalie en Ce, les valeurs des échantillons archéologiques et celles de la source sont relativement éloignées (tabl. II.17). Ces résultats contredisent donc les observations pétrographiques.

	GR9923	GR9919	Les Griats
Ce/Ce*	0,55	0,74	0,61 ± 0,01

Tableau II.17 – Valeurs de l'anomalie en Ce pour deux artefacts de la Grande-Rivoire comparées à celle de la source primaire des Griats.

Dans ce cas particulier, la géochimie ne confirme pas l'attribution de GR9919 et GR9923 à la source des Griats de laquelle ils se rapprochent par leur microfaciès sédimentaire.

En se basant sur les anomalies en Ce pour orienter les recherches de provenance des autres artefacts de la Grande-Rivoire, nous sommes parvenus à rapprocher les pièces archéologiques de certaines sources primaires ou secondaires du Vercors (fig. II.33). Les pièces rapportées au silex de la Grande-Rivoire s'individualisent nettement sur ce graphique et tombent dans le domaine de variation de leur source d'origine.

Trois échantillons, présentent des anomalies voisines de celles d'échantillons du Col de Roméyère. Cette origine est exclue par les observations pétrographiques. D'autres, sur ce même critère, ont été rapprochés des échantillons géologiques qu'on trouve remaniés dans les moraines du plateau de Saint-Nizier (Les Roux et Rochetière). Enfin, quelques silex de la Conversaria (Villard-de-Lans) montrent des anomalies en Ce proches de celles de quatre artefacts de la Grande-Rivoire. Les examens pétrographiques n'ont pas confirmé ces propositions.

Ainsi, en l'état actuel de nos données et de notre référentiel, il est délicat de parvenir à l'attribution de provenance d'un artefact sur la base de sa composition chimique à moins qu'il ne soit issu d'une source possédant une signature géochimique spécifique, comme c'est le cas pour le gîte de la Grande-Rivoire.

II.E.- Conclusions

La majeure partie de notre travail a été orientée vers la caractérisation géochimique de *sources de silex* afin de constituer une base de données. Cette démarche exploratoire était une étape incontournable afin de

disposer d'un référentiel permettant la comparaison des artefacts issus des sites régionaux avec leurs sources d'origine potentielles. Ces analyses nous ont en outre permis de connaître les caractères géochimiques du silex et de cerner le potentiel de ce type d'approche dans le cadre des recherches sur la circulation de ce matériau.

Parmi les *marqueurs géochimiques* potentiels, les terres rares ont donné les meilleurs résultats pour la caractérisation des types de silex. Ce groupe d'éléments montre des teneurs relativement homogènes pour un type de silex donné par rapport aux autres éléments traces. En outre, étant donné qu'il apporte des informations sur les milieux de dépôt, il peut être mis en relation avec les données pétrographiques. Les terres rares ont pourtant rarement été prises en compte ou mesurées dans d'autres travaux sur la caractérisation géochimique du silex.

Nous avons pu mettre en évidence l'existence d'une *signature géochimique* spécifique pour la source de la Grande-Rivoire. Cette avancée ouvre des perspectives sur la possibilité de tracer de manière quantitative les déplacements des hommes à travers l'identification de ce matériau dans les séries archéologiques régionales. En outre, la localisation du gîte, le long d'une voie de pénétration du Vercors, en fait un jalon géographique précis pour la reconstitution des parcours des groupes préhistoriques.

La caractérisation géochimique a permis de différencier les silex des massifs subalpins de ceux du Bugey. Ce résultat est d'autant plus encourageant que certains silex du Bugey peuvent présenter des faciès macroscopiques et pétrographiques convergents avec ceux de Chartreuse. Je me réfère en particulier aux échantillons du massif du Jura méridional de la région de Bellegarde (CE1a et CE2a) dont les éléments figurés ne sont pas différents de ceux des silex sénoniens de Chartreuse.

La méthode géochimique pourrait ainsi se révéler particulièrement pertinente d'une part pour la différenciation de silex aux *faciès convergents* mais à l'origine géographique différente, et d'autre part pour la reconnaissance de matériaux ayant circulé sur de longues distances.

Nous avons vu que ni la patine, la chauffe et l'enfouissement ne constituaient un obstacle aux déterminations de *provenance d'un artefact* d'après sa composition élémentaire. Le seul facteur limitant les possibilités d'attribution réside dans l'hétérogénéité chimique du silex.

La caractérisation géochimique du silex appliquée aux problématiques archéologiques de provenance pose des problèmes spécifiques. Ceux-ci peuvent être appréhendés de manière plus évidente s'ils sont mis en parallèle avec les capacités de l'analyse élémentaire à caractériser un autre archéomatériau siliceux, l'obsidienne.

CHAPITRE 2 : *Caractérisation géochimique de l'obsidienne et provenance*

I.- INTRODUCTION

I.A.- Objectifs de l'étude

C'est dans un but essentiellement méthodologique que nous avons choisi d'adjoindre au chapitre axé sur la caractérisation géochimique du silex une partie concernant des études de provenance d'artefacts en obsidienne. Les cadres géographiques des sites pris en considération sont en outre forts éloignés des Alpes du Nord puisqu'il s'agit de gisements archéologiques anatoliens et péruviens.

Nous présenterons les résultats obtenus dans l'optique de mettre en évidence la particularité du silex par comparaison avec un matériau qui est caractérisé en quasi routine par les mesures en ICP-AES/-MS.

Nous avons ainsi cherché à faire la part, dans les difficultés de caractérisation géochimique de silex d'origines géographiquement variées, entre des facteurs liés aux méthodes analytiques (ICP, protocole expérimental utilisé) et ceux relatifs à la nature du matériau (roche sédimentaire/roche volcanique).

Nous présentons trois exemples d'application de la caractérisation d'obsidienne, reposant uniquement sur l'analyse élémentaire par ICP-MS/-AES. Ces cas d'étude sont non seulement éloignés géographiquement, Turquie et Pérou, mais encore n'ont pas bénéficié du même cadre scientifique. Le premier s'inscrit dans un contexte bien documenté, ayant bénéficié de travaux sur les provenances depuis plusieurs dizaines d'années (Cauvin *et al.*, 1986 ; Cauvin *et al.*, 1991). Des campagnes de prospection répétées ont permis d'inventorier un grand nombre de sources. Une quantité conséquente d'échantillons a été analysée pour chacune d'entre elles.

Au Pérou, l'intérêt manifesté pour la détermination de provenance des artefacts en obsidienne est assez ancien mais les activités de terrain et de recherche des sources ont longtemps été ralenties en raison de problèmes politiques (Burger *et al.*, 1998a). Les gîtes sont donc moins connus et ont bénéficié d'un plus petit nombre d'analyses que ceux de Turquie. De ce fait nous avons entrepris des travaux préliminaires de caractérisation des gîtes naturels d'obsidienne parallèlement à l'analyse d'artefacts.

Ces deux études portant sur des problématiques différentes ont montré par leurs résultats, au-delà de l'intérêt archéologique, la pertinence de la méthode géochimique appliquée à la caractérisation de l'obsidienne.

I.B.- Le matériau

A la différence du silex, roche sédimentaire, l'origine de l'obsidienne est volcanique. Ses propriétés physiques (fracturation conchoïdale, isotropie) ont porté

les populations préhistoriques à débiter ce matériau dans les secteurs où il affleurerait en quantité suffisante. Sa circulation est attestée sur de longues distances et les problèmes de détermination de provenance se posent pour l'obsidienne dans les mêmes termes que pour le silex. Toutefois, les moyens mis en œuvre pour caractériser ce verre volcanique lui sont spécifiques. En effet, ses caractères macroscopiques ne constituent pas un critère discriminant en raison de leur relative monotonie et parce la couleur et la transparence des obsidiennes peuvent varier au sein d'une même coulée sans pour autant induire de modification de leur composition chimique. La rareté des phénocristaux de l'obsidienne ne favorise pas les approches pétrographiques bien que celles-ci aient été tentées et aient ouvert quelques pistes pour certains types d'obsidiennes (Poidevin, 1998).

Les méthodes physico-chimiques se révèlent particulièrement bien adaptées en matière de caractérisation des sources d'obsidienne en raison de spécificités chimiques liées au mode de formation de la roche.

I.B.1.- Définition et formation

L'obsidienne est une roche volcanique à texture vitreuse. Deux facteurs président à sa formation. Le premier est une vitesse rapide de refroidissement et le second, une composition acide de la lave. C'est la teneur en silice qui détermine l'acidité du volcanisme. Dans le cas de l'obsidienne, elle est supérieure à 66 %. Cette richesse en silice apparente sa composition à celles des rhyolites. Elle confère également au magma une viscosité prononcée qui contribue à le figer rapidement, empêchant tout agencement en réseaux cristallins. On parle alors de texture hyaline.

I.B.2.- Propriétés diverses

Macroscopiquement, l'obsidienne est classiquement de couleur noire ou gris sombre, opaque à translucide. Cependant, elle se décline dans toutes les nuances de gris, atteignant parfois une quasi transparence. Des teintes rouges ainsi que des reflets bruns ou verts caractérisent certaines obsidiennes. La roche offre parfois des litages ou des rubanements, résultats de figures d'écoulement.

L'obsidienne constitue un milieu amorphe, isotrope parfois accompagné de quelques cristaux : des microlites au diamètre inférieur à 50 μm (souvent détectés au microscope), des microphénocristaux (de 50 à 200 μm) et, plus rarement, des phénocristaux (>200 μm).

I.B.3.- Origine de la signature chimique

Conséquence de son mode de formation, la composition de l'obsidienne est identique à celle du magma dont elle est issue. Les teneurs élémentaires de ce

dernier dépendent de processus complexes qui se produisent au cours de la remontée du magma primaire résultant de la fusion du manteau supérieur ou de la croûte inférieure. Si la progression du magma vers la surface est rapide, il présentera une composition proche de celle du magma primaire. Par contre, en remontant plus lentement, le magma peut être sujet à plusieurs processus qui peuvent se superposer : cristallisations fractionnées (en milieu clos), contaminations crustales ou encore rencontre et mélange plus ou moins complet avec un autre magma. Ces mécanismes induisent des modifications de composition chimique des magmas initiaux, eux-mêmes caractéristiques du taux de fusion et de la composition de leurs roches-mères. Les modifications de composition chimique ainsi engendrées aboutissent à des magmas de plus en plus différenciés et leur confère une signature géochimique spécifique.

I.B.4.- Aspects gîtologiques

L'obsidienne se formant dans des terrains au volcanisme acide, la connaissance géologique d'une région donnée contribue à circonscrire ses zones d'affleurement potentielles. En outre, l'obsidienne doit être recherchée dans les secteurs présentant un volcanisme jeune (datant de moins de 20 millions d'années) puisque au cours du temps, les agents atmosphériques vont provoquer une « dévitrification » de la roche, modifiant son apparence et ses propriétés physiques et la rendant inapte à la taille.

Dans *les gîtes primaires*, l'obsidienne est demeurée en place dans son milieu de formation. Elle se présente alors sous forme de ségrégations diverses (lits, nodules, etc.) au sein de coulées (issues d'une éruption effusive), de dômes (résultat d'une éruption extrusive) ou de pyroclastites (suite à une éruption explosive). Leur extension est souvent limitée.

L'érosion de sa formation encaissante et son transport par des agents naturels (eaux de surface, torrents, glaciers, etc.) conduisent à la création de *gisements secondaires* d'obsidiennes. Leur existence apporte une part d'incertitude quant à la délimitation précise de la zone d'approvisionnement étant donnée la distance variable entre le gîte secondaire et le lieu de formation de l'obsidienne.

I.C.- Possibilités de caractérisation de l'obsidienne

La corrélation d'artefacts en obsidienne avec leurs sources géologiques peut être effectuée par différentes méthodes, faisant appel aux propriétés physico-chimiques de l'obsidienne.

I.C.1.- La datation

Dans une optique de caractérisation, l'âge de formation du verre volcanique peut être utilisé comme un

critère de discrimination entre plusieurs sources d'obsidienne. Deux approches ont été appliquées aux questions de provenance des objets en obsidienne trouvés sur les sites archéologiques : la datation par traces de fission (Bigazzi *et al.*, 1998 ; Bellot-Gurlet *et al.*, 1999) et la datation par K-Ar ou $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Arnaud, 1998). La datation par thermoluminescence, évoquée par Schvoerer *et al.* (1979), n'a jamais, à notre connaissance été appliquée. La première méthode est la plus répandue car elle apparaît particulièrement bien adaptée au matériau vitreux qu'est l'obsidienne.

I.C.2.- L'analyse élémentaire

La caractérisation géochimique des obsidiennes a bénéficié de nombreux progrès analytiques depuis les premiers travaux de Cann et Renfrew (1964). Ces progrès se perçoivent non seulement dans le domaine de la précision et de la reproductibilité des mesures mais concernent encore la gamme d'éléments analysés et leur nombre. Des possibilités d'analyses non destructives ont été développées de façon concomitante (LA ICP-MS, PIXE). Une revue comparative des méthodes appliquées à la caractérisation élémentaire de l'obsidienne a été publiée par Gratuze (1998).

I.C.3.- La caractérisation par les propriétés structurales

L'obsidienne est aussi le résultat, pour un magma de composition donnée, d'une histoire thermique. A ce titre, sa structure finale peut différer selon les aléas de cette histoire. Cette structure peut être caractérisée par exemple par spectroscopie de résonance paramagnétique électronique, spectroscopie Mössbauer ou par les propriétés magnétiques d'une obsidienne. Bien que des doutes aient été exprimés dans le passé sur ces approches, leurs potentialités paraissent à présent plus positives, notamment en raison d'une instrumentation plus performante (Scorzelli *et al.*, 2001 ; Poupeau *et al.*, 2001).

Ces différentes méthodes apportent des éléments d'identification de provenance indépendamment l'une de l'autre. C'est pour cette raison qu'elles peuvent être complémentaires lorsque des problèmes d'hétérogénéité des coulées ou de compositions chimiques proches entre deux sources se présentent. Dans la même optique, des sources aux âges identiques peuvent être différenciées sur la base de leur composition élémentaire.

Ainsi, l'ensemble de ses caractères physico-chimiques et gîtologiques concourt à faire de l'obsidienne un matériau privilégié pour la restitution des voies de diffusion préhistoriques des matières premières lithiques.

II.- APPLICATION A TROIS ETUDES DE PROVENANCE

II.A.- Approche méthodologique

Chacun des échantillons analysés a fait l'objet de mesures par ICP-MS pour les éléments traces et par ICP-AES pour les éléments majeurs. Le protocole expérimental appliqué aux obsidiennes varie quelque peu, pour les étapes de mises en solution, de celui présenté en annexe pour le silex en raison des teneurs élémentaires beaucoup plus élevées du verre volcanique. Ces différences concernent essentiellement les taux de dilution des solutions-mères et des solutions passées à l'ICP-MS (Bellot-Gurlet, 1998).

Comme pour le silex, des standards internationaux, aux compositions connues, ont été analysés conjointement avec les échantillons. Dans le cas de l'obsidienne, un standard approprié, SRM278 (Govindaradju, 1994) a été ajouté à ceux habituellement mesurés. Il s'agit d'une poudre d'obsidienne broyée, qui présente donc des teneurs dont l'ordre de grandeur est comparable à celui des échantillons soumis aux analyses.

Des travaux universitaires effectués au sein du LGCA (Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines, UMR 5025-CNRS) ont permis de constituer un référentiel de mesures élémentaires, réalisées avec les appareils que nous avons également utilisés, sur plusieurs sources majeures du Proche-Orient (Martinetto, 1996 ; Bellot-Gurlet, 1998). Nous avons ainsi pu comparer ces

données avec celles obtenues pour les échantillons que nous avons analysés.

Les données sont principalement présentées sous la forme de diagrammes de teneurs normalisées. Compte tenu de la nature volcanique de la roche, la normalisation adoptée est la composition du manteau primitif (Sun et McDonough, 1989).

Corpus étudié- Parmi les 144 échantillons analysés, une centaine se rapporte au site de Çatal Höyük, neuf à celui de Tell Kurdu et 35 concernent des sources et gisements archéologiques péruviens.

II.B.- Deux exemples d'étude sur des sites de Turquie

Le Proche-Orient comporte plusieurs domaines volcaniques susceptibles de livrer de l'obsidienne. Les campagnes de prospection ont permis d'inventorier un certain nombre de sources, respectivement en Anatolie occidentale, en Cappadoce, dans le Nord-Est et le Sud-Est anatoliens et la Transcaucasie (Poidevin, 1998). Nous présentons à la figure II.34 les gisements majeurs d'obsidienne de Turquie et précisons le découpage géo-culturel de l'aire concernée par notre étude.

Chronologiquement, les deux sites objets de l'étude s'inscrivent dans le contexte du Néolithique et du Chalcolithique proche-oriental (tabl. II.18).

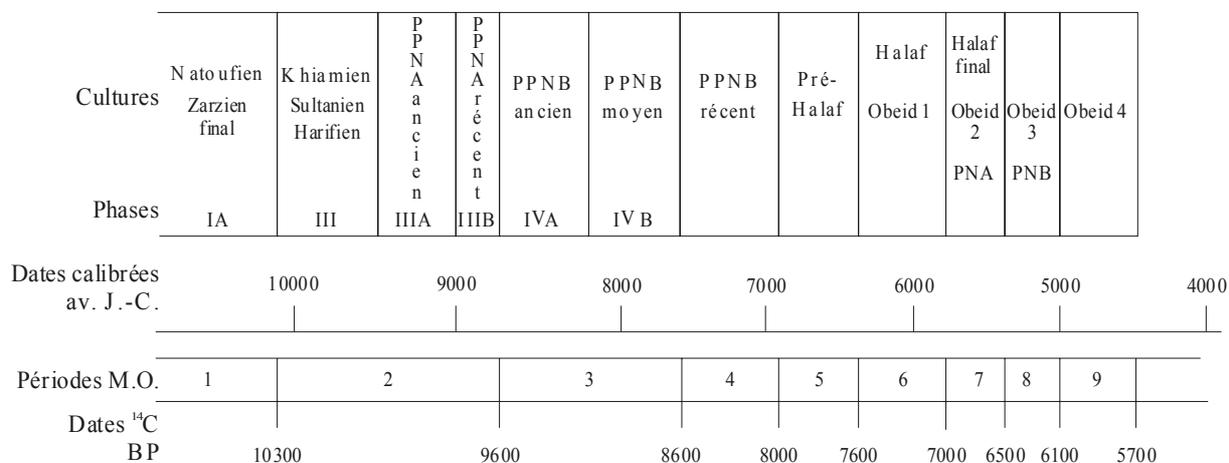


Tableau II.18 - Tableau chrono-culturel de la Néolithisation et du Chalcolithique au Proche-Orient.

II.B.1.- Çatal Höyük

II.B.1.a.- Présentation du site

Etabli sur le plateau anatolien à 45 km de Konya, Çatal Höyük fut fouillé entre 1961 et 1965 par J. Mellaart (1967). Depuis 1993, les recherches sur ce site ont été renouvelées sous la direction de I. Hodder. Une fouille de grande envergure se poursuit actuellement et des études concernant diverses catégories de vestiges archéologiques sont menées par une équipe pluridisciplinaire.

Çatal Höyük est composé de deux monticules situés de part et d'autre de la rivière Carasamba. Le mont Est (fig. II.35), le plus important par sa superficie, offre une occupation continue sur 12 niveaux sous forme d'architectures agglutinées les unes contre les autres (Mellaart, 1967). Les premiers niveaux (XII-IX), datés entre 7000 et 6500 av. J.-C., correspondent à un PPNB (*Pre-Pottery Neolithic B*) récent. Les niveaux sommitaux sont rapportés au PNA (*Pottery Neolithic A*). Une des caractéristiques des constructions de Çatal est leur entrée par le toit. L'aménagement intérieur de ces bâtiments

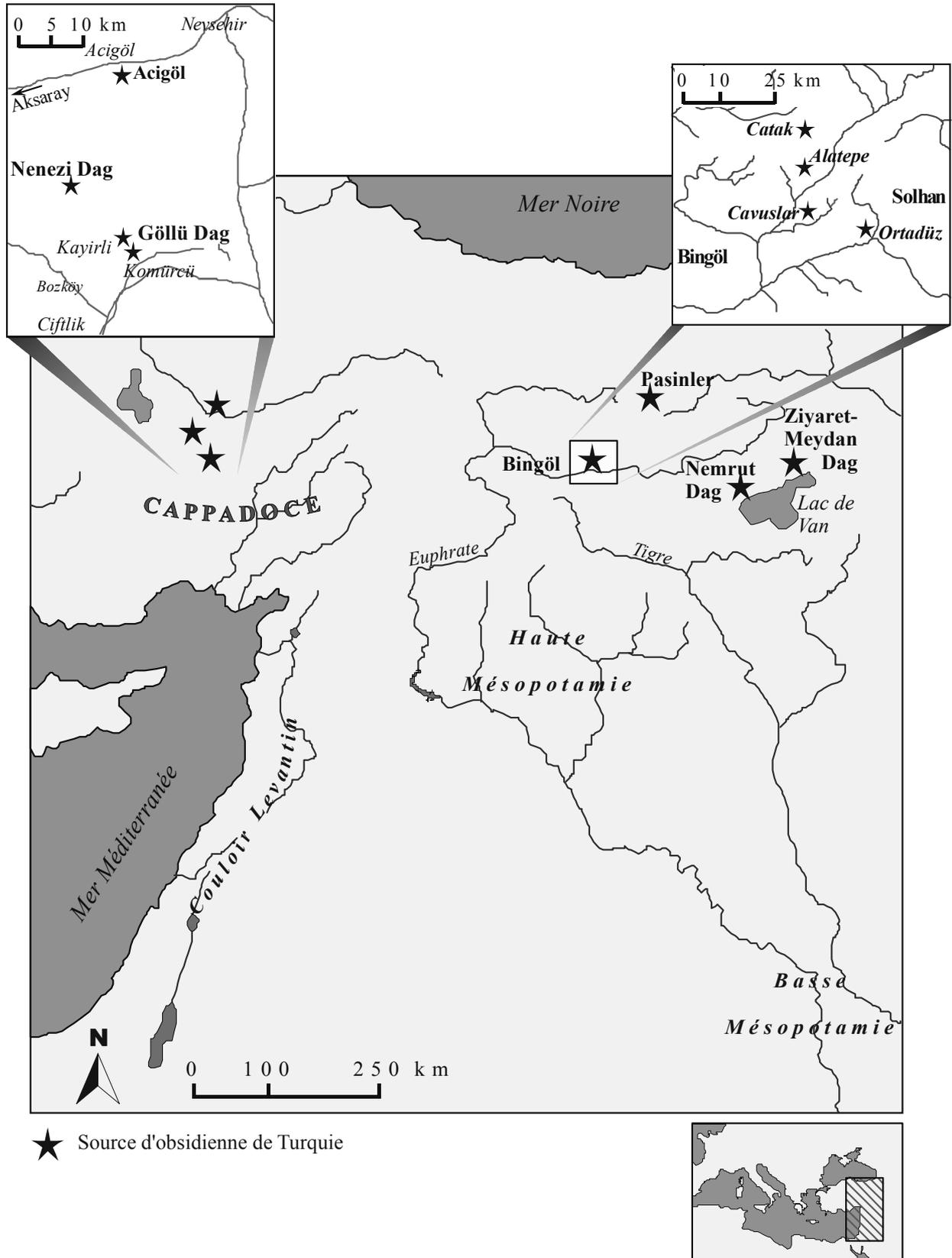


Figure II.34 - Localisation des gisements majeurs d'obsidienne de Turquie et aires géo-culturelles.

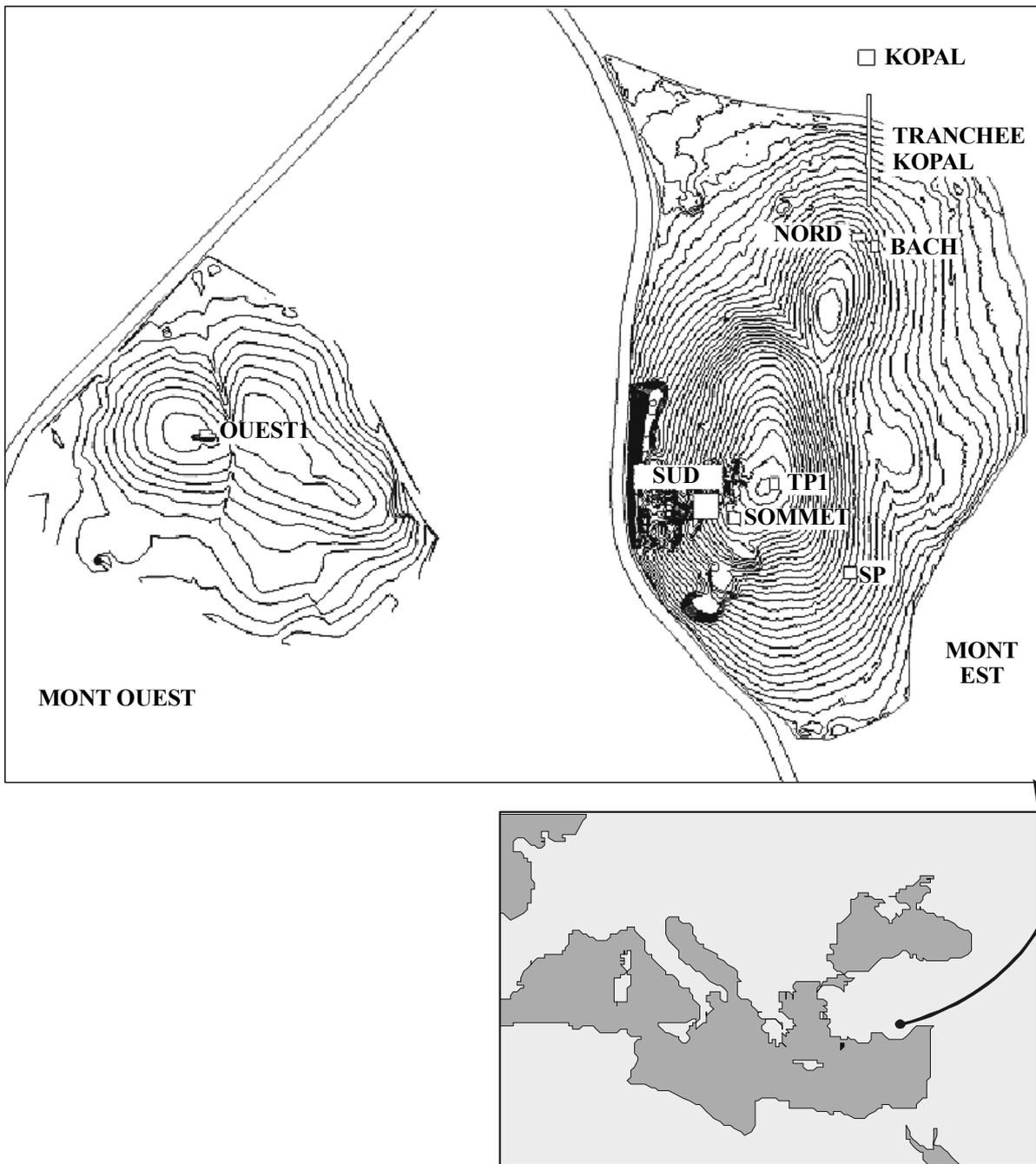


Figure II.35 - Localisation des aires fouillées à Çatal Höyük. D'après Hodder (1999).

peut être plus ou moins élaboré, avec la présence de foyers, de fours et de banquettes. Certains se distinguent par leurs peintures murales et leurs décors sculptés. Postérieurement, le secteur Est a été délaissé et les niveaux du Chalcolithique ancien (« *Early Çatal West* », 6400-5800 av. J.-C.) concernent uniquement le mont Ouest (fig. II.35). Les occupations se poursuivent au cours de la seconde phase du Chalcolithique ancien, comprise entre 5800 et 5400 av. J.-C. (« *Latter Çatal West* »).

Les restes végétaux et fauniques montrent que l'agriculture et l'élevage étaient connus à Çatal Höyük. La

céramique est absente des niveaux les plus anciens. Seuls quelques objets brûlés en argile (notamment quelques figurines) y ont été recueillis.

L'industrie lithique taillée est dominée par l'obsidienne à plus de 90 %. Elle est accompagnée d'autres matières premières introduites sur le site sous la forme d'objets finis : limono-quartzites non locales, radiolarites et silex. Une étude de la série lithique recueillie entre 1993 et 1998 (Conolly, 1999) a montré un changement dans la production lithique à Çatal Höyük au milieu de la séquence d'occupation du Néolithique ancien.

D'un point de vue typologique, six catégories d'outils ont été identifiées pour le site. Il s'agit de :

- Pointes de flèches et de pièces bifaciales
- Poignards en silex
- Miroirs d'obsidienne
- Grattoirs sur éclats épais en obsidienne
- Pièces esquillées
- Lames et éclats retouchés

Des sous-catégories viennent affiner le classement de ces différentes pièces retouchées.

D'un point de vue technologique, l'examen du débitage a apporté des éléments pour l'identification des différentes techniques et stratégies de production d'artefacts en silex et en obsidienne (Conolly, 1999). La variabilité du débitage suggère l'existence de trois chaînes opératoires différentes. La première se rapporte à la production d'éclats en obsidienne et en silex à partir de nucleus à plans de frappe multiples qui témoignent d'une approche opportuniste et expédiente du débitage ; la seconde est liée à la production de lames par percussion (directe ou indirecte à déterminer) par débitage unipolaire ou bipolaire à partir de blocs de silex ou d'obsidienne ; la troisième est caractérisée par l'obtention de lames par pression produites à partir de nucleus « prismatiques » à un plan de frappe. Ce dernier type de production est connu au Proche-Orient à partir de 9600 B.P. soit plus d'un millénaire avant son apparition à Çatal. Il a progressivement été diffusé à travers tout le Proche-Orient.

L'évolution la plus visible dans l'assemblage lithique concerne les proportions de lames par pression entre les niveaux anciens et récents (fig. II.36). La transition vers une utilisation croissante de ces produits se place entre les niveaux VIB et VIA de Mellaart. Avant la couche VI, la production *in situ* n'est pas attestée. Dans ce niveau, des nucléus liés à ce type de débitage font leur apparition.

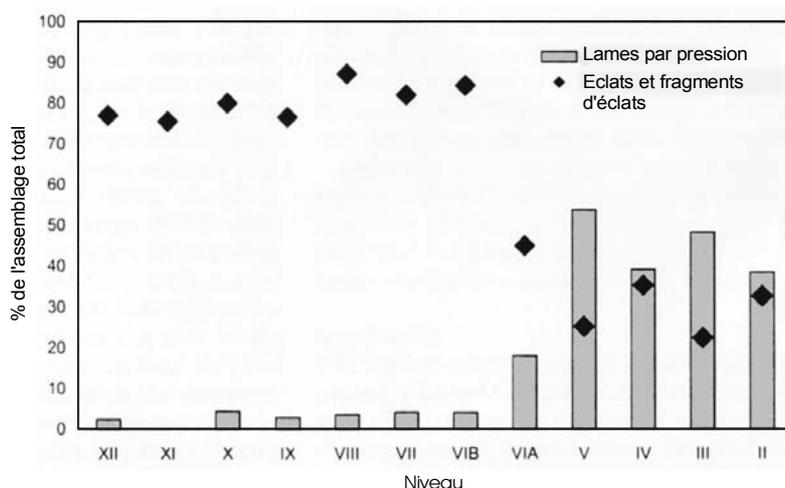


Figure II.36 - Pourcentage par niveau d'éclats et de lames par pression. D'après Conolly (1999).

Conolly (1999) relie l'évolution de la production lithique perceptible à travers la séquence néolithique à deux phénomènes :

- L'intensification de l'agriculture et le développement d'outils standardisés plus appropriés.
- L'apparition de distinctions sociales à l'intérieur de la communauté.

Contextuellement enfin, il faut relever que les pointes de flèche et les lames par pression, artefacts les plus élaborés, sont plus fréquemment associées aux bâtiments qui présentent les aménagements intérieurs les plus complexes (banquettes, peintures et décors sculptés) et qui étaient interprétés par Mellaart (1967) comme des sanctuaires.

II.B.1.b.- Historique des analyses d'obsidienne de Çatal Höyük

Le matériel en obsidienne de Çatal Höyük a donné lieu à 20 analyses au cours des 35 années dernières. Les mesures les plus anciennes sont aujourd'hui considérées avec prudence. Au milieu des années 60, Renfrew *et al.* (1966) ont analysé quatre lames qui ont été attribuées pour trois d'entre elles au groupe 1e-f, correspondant à la source d'Acigöl mais qui, confrontées aux données récentes, montrent des teneurs proches de celles du Nenezi Dag (Chataigner, 1998). La quatrième a été rapportée au groupe 1g, désignant pour Renfrew *et al.* (1966) des sources arméniennes mais aujourd'hui équivalentes à l'ensemble Bingöl calco-alcalin. Cette étude avait permis d'établir l'existence d'un véritable système d'acquisition de l'obsidienne à Çatal Höyük et de proposer divers modèles d'approvisionnement.

À la fin des années 1960, Wright (1969) analysa six nouvelles pièces par spectrométrie d'émission atomique. Les résultats rapprochèrent quatre pièces de la source d'Acigöl tandis que les deux dernières furent attribuées au secteur de Çiftlik (soit le groupe Göllü Dag-est actuel, Chataigner, 1998).

Enfin les compositions de 10 pièces, provenant de ramassages de surface, furent déterminées par Keller et Seifried (1990). L'ensemble des échantillons a été attribué à la zone de Çiftlik, et plus spécifiquement au Göllü Dag (six pièces) et au Nenezi Dag (quatre pièces).

À ce stade, le petit nombre d'artefacts analysés et la nature disparate des données (analyses anciennes, techniques analytiques différentes, imprécision de l'échantillonnage) permettaient difficilement d'appréhender l'approvisionnement en obsidienne de Çatal Höyük dans sa dimension spatiale et temporelle.

II.B.1.c.- Programme actuel de caractérisation de l'obsidienne de Çatal Höyük

S'intégrant dans la dynamique des recherches engagées depuis la reprise de la fouille de Çatal Höyük sous la direction de I. Hodder, un nouveau programme d'analyse d'obsidienne de grande envergure a été récemment initié. Les buts de ce projet de caractérisation sont variés. Il s'agit d'une manière globale d'appréhender l'histoire de l'exploitation de l'obsidienne de Çatal Höyük et de documenter diachroniquement les relations du site avec les différentes zones-sources. Dans une optique plus technologique, une question posée était de savoir dans quelle mesure la variété des modes de débitage, évoquée ci-dessus, coïncidait avec l'origine des obsidiennes. A cette fin, chaque pièce d'obsidienne choisie pour l'analyse a été dessinée.

Un grand nombre de mesures est requis pour pouvoir aborder ce type de question. C'est ainsi que 186 échantillons ont été distribués entre trois laboratoires mettant en œuvre différentes méthodes d'analyse :

- 100 échantillons au LGCA, UMR 5025-CNRS de Grenoble (France) pour la détermination des éléments traces et majeurs par ICP-MS/-AES.
- 50 échantillons à l'Université d'Ankara (Turquie) avec l'utilisation d'une ICP-MS.
- 36 échantillons à l'Université d'Aberystwyth (Angleterre) pour tester les possibilités de caractérisation non destructive (par LIBS, *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*, et LA ICP-MS).

Jusqu'à présent, seules les analyses des échantillons que nous avons reçus ont été menées à terme.

Le corpus analysé à Grenoble - Deux lots de 50 pièces en obsidienne ont été analysés entre 1999 et 2000 (tabl. II.19 et II.20). L'échantillonnage a été effectué par T. Carter, chargé en ces mêmes dates de l'étude de l'industrie lithique de Çatal Höyük. D'un point de vue contextuel, les 100 échantillons reçus proviennent pour une partie du monticule est néolithique ancien (niveaux V à IX) et pour l'autre des niveaux chalcolithiques du monticule Ouest (tabl. II.19 et II.20). Ils sont représentatifs des différentes aires fouillées et appartiennent à des unités stratigraphiques de différentes natures (caches, remplissages de puits ou de bâtiments, niveaux d'effondrement, contexte funéraire, etc.).

Six séries d'analyse ont permis de mesurer les teneurs en éléments traces des 100 échantillons.

II.B.1.d.- Résultats

Les résultats des mesures en 35 éléments traces et majeurs obtenus pour chaque pièce sont réunis en annexe 9.

La figure II.37 présente les spectres des teneurs en éléments traces normalisées de l'ensemble des échantillons du site de Çatal Höyük analysés. Deux

groupes géochimiques homogènes, respectivement constitués de 55 et 45 pièces, s'individualisent nettement. Les teneurs élémentaires de chacun d'eux ont été comparées aux données obtenues pour les sources majeures d'obsidienne de Turquie analysées par Bellot-Gurlet (1998). Nous avons ainsi pu rapprocher le premier groupe des sources rassemblées sous le terme de Göllü Dag-est correspondant géographiquement aux alentours du village de Kömürçü et à la bordure du dôme-coulée de Kayirli-est (fig. II.38). Il n'est pas possible actuellement de discriminer ces deux affleurements au chimisme identique. En outre, les blocs d'obsidienne qu'ils livrent sont homogènes, de dimensions importantes et constituent ainsi des matériaux d'une égale aptitude à la taille.

La seconde source identifiée est celle du Nenezi Dag, d'où proviendraient 45 pièces récoltées à Çatal Höyük (fig. II.39). Ce groupe géochimique, à l'image du précédent, montre une bonne homogénéité.

Le détail de la provenance de chaque pièce analysée est donné au tableau II.21.

Ces deux gisements de Cappadoce constituent les deux sources d'obsidienne aptes à la taille les plus proches du site. En terme de facilités d'accès ou de qualité/quantité des matériaux, les affleurements du Göllü Dag-Est et du Nenezi Dag, tous deux distants de 200 km de Çatal Höyük, présentent des caractères équivalents.

L'attribution d'une centaine d'artefacts aux sources du Göllü Dag-Est et au Nenezi Dag nous permet d'éclairer l'approvisionnement en obsidienne à Çatal Höyük d'un point de vue diachronique, entre le Néolithique ancien et le Chalcolithique. Même si l'ensemble des niveaux fouillés n'est pas représenté à travers les échantillons analysés, il est possible de dégager une tendance générale. Les artefacts des niveaux les plus anciens (IX-VII) ont majoritairement été débités dans l'obsidienne du Göllü Dag : 21 sur 23 éléments. En outre une des pièces du niveau VII (OB 99 15), à la composition de type Nenezi Dag, a été trouvée en contexte funéraire.

Pour le niveau VI, seuls deux échantillons ont fait l'objet d'analyses, indiquant une provenance Göllü Dag-Est.

A partir du niveau de transition VI/V, jusqu'à l'horizon chalcolithique du mont Ouest inclus, les proportions d'obsidienne des deux massifs volcaniques sont quasi équivalentes, avec une légère supériorité numérique pour le matériau du Nenezi Dag : 43 pièces présentent cette composition sur un total de 75.

Entre les niveaux néolithiques les plus récents et le Chalcolithique, aucune rupture dans l'origine de l'obsidienne et sa répartition n'est observée. Je nuancerai toutefois ce propos en rappelant que sept artefacts chalcolithiques seulement sont concernés par les analyses.

Enfin, en considérant la répartition des types de support selon l'origine de leur matière première, il apparaît que la composante laminaire se rapporte pour la majorité à de l'obsidienne du Nenezi Dag (fig. II.40).

Echantillon No.	Mont	Aire	Bâtiment	Espace	Unité	Niveau	Description
OB 99 1	Est	Sud		160	3191	VI	Eclat
OB 99 6	Est	Sud		105	1054	VII	Eclat
OB 99 7	Est	Sud		105	1535	VII	Eclat
OB 99 8	Est	Sud		106	1523	VII	Eclat
OB 99 9	Est	Sud		106	1585	VII	Eclat
OB 99 10	Est	Sud		107	1099	VII	Eclat
OB 99 11	Est	Sud		107	1512	VII	Eclat
OB 99 12	Est	Sud		108	1075	VII	Eclat
OB 99 13	Est	Sud		109	1537	VII	Eclat
OB 99 14	Est	Sud		112	1882	VII	Eclat
OB 99 15	Est	Sud		112	2017	VII	Eclat
OB 99 16	Est	Sud		112	3107	VII	Eclat
OB 99 17	Est	Sud		112	3129	VII	Eclat
OB 99 18	Est	Sud		113	1635	VII	Eclat
OB 99 19	Est	Sud		113	1883	VII	Eclat
OB 99 20	Est	Sud		114	1577	VII	Eclat
OB 99 23	Est	Sud		114	1838	VII	Eclat
OB 99 30	Est	Sud	2	116	1629	IX	Eclat
OB 99 31	Est	Sud	2	116	1845	IX	Eclat
OB 99 32	Est	Sud	2	117	1692	IX	Eclat
OB 99 33	Est	Sud	2	117	1827	IX	Eclat
OB 99 34	Est	Sud	2	117	1868	IX	Eclat
OB 99 35	Est	Nord	1	152	2503	VI/V	Eclat
OB 99 36	Est	Nord	1	152	2518	VI/V	Eclat
OB 99 37	Est	Nord	1	152	1351	VI/V	Eclat
OB 99 39	Est	Nord	1	69	1272	VI/V	Lame (frag.)
OB 99 40	Est	Nord	1	110	1357	VI/V	Eclat
OB 99 41	Est	Nord	1	111	1461	VI/V	Lame (frag.)
OB 99 44	Est	Nord	1	71	1256	VI/V	Lame (frag.)
OB 99 45	Est	Nord	1	71	1404	VI/V	Lame (frag.)
OB 99 46	Est	Nord	1	71	1306	VI/V	Lame (frag.)
OB 99 47	Est	Nord	1	73	1346	VI/V	Eclat
OB 99 48	Est	Nord	1	73	1461	VI/V	Eclat
OB 99 49	Est	Nord	1	71	2558	VI/V	Lame (frag.)
OB 99 51	Est	Nord	1	152	3021	VI/V	Eclat
OB 99 59	Est	Nord	1	153	3235	VI/V	Eclat
OB 99 67	Est	Nord	1/5	154	3065	VI/V	Eclat
OB 99 72	Est	Nord	1/5	157	3230	VI/V	Eclat
OB 99 73	Est	Nord	5	155	1717	VI	Eclat
OB 99 75	Est	Sommet	10		1723	V	Lame (frag.)
OB 99 76	Est	Sommet	10		2902	V	Eclat
OB 99 77	Ouest				2906	Chalco.	Lame (frag.)
OB 99 78	Ouest				2947	Chalco.	Eclat
OB 99 79	Ouest				2959	Chalco.	Lame (frag.)
OB 99 80	Ouest				2960	Chalco.	Eclat
OB 99 81	Ouest				2960	Chalco.	Lame (frag.)
OB 99 82	Ouest				2960	Chalco.	Lame (frag.)
OB 99 83	Ouest				2960	Chalco.	Eclat
OB 99 88	Est	Nord	5		3840	VI/V	Eclat
OB 99 89	Est	Sud		112	3632	VII	Eclat

Tableau II.19 – Liste des échantillons de Çatal Höyük analysés en 1999.

Echantillon No.	Mont	Aire	Bâtiment	Espace	Unité	Niveau	Description
OB 00 1	Est	Nord	1	70	1135	VI/V	Eclat
OB 00 2	Est	Nord	1	70	1135	VI/V	Eclat
OB 00 3	Est	Nord	1	71	1434	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 4	Est	Nord	1	71	2166	VI/V	Eclat
OB 00 5	Est	Nord	1	71	2174	VI/V	Nucleus (frag.)
OB 00 6	Est	Nord	1	71	2181	VI/V	Eclat
OB 00 7	Est	Nord	1	71	2181	VI/V	Eclat
OB 00 8	Est	Nord	1	71	2198	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 9	Est	Nord	1	152	2558	VI/V	Eclat
OB 00 10	Est	Nord	1	152	2558	VI/V	Eclat
OB 00 11	Est	Nord	1	69, 70	2582	VI/V	Eclat
OB 00 12	Est	Nord	1	71, 73	2596	VI/V	Eclat
OB 00 13	Est	Nord	1	?	1436	VI/V	Eclat
OB 00 14	Est	Nord	1	?	1436	VI/V	Eclat
OB 00 15	Est	Nord	1	?	1461	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 16	Est	Nord	1	71	1918	VI/V	Eclat
OB 00 17	Est	Nord	1	70	1225	VI/V	Eclat
OB 00 18	Est	Nord	1	?	1471	VI/V	Eclat
OB 00 19	Est	Nord	1	70	1137	VI/V	Eclat
OB 00 20	Est	Nord	1	70	1140	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 21	Est	Nord	1	70	1140	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 22	Est	Nord	1	70	1221	VI/V	Eclat
OB 00 23	Est	Nord	1	71	1152	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 24	Est	Nord	1	71	1161	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 25	Est	Nord	1	70	1175	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 26	Est	Nord	1	70	1175	VI/V	Eclat
OB 00 27	Est	Nord	1	71	1176	VI/V	Eclat laminaire
OB 00 28	Est	Nord	1	70	1182	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 29	Est	Nord	1	70	1182	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 30	Est	Nord	1	70	1183	VI/V	Eclat
OB 00 31	Est	Nord	1	70	1183	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 32	Est	Nord	1	70	1183	VI/V	Eclat
OB 00 33	Est	Nord	1	71	1189	VI/V	Eclat
OB 00 34	Est	Nord	1	70	1192	VI/V	Eclat
OB 00 35	Est	Nord	1	70	1205	VI/V	Eclat
OB 00 36	Est	Nord	1	70	1154	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 37	Est	Nord	1	70	1154	VI/V	Nucleus (frag.)
OB 00 38	Est	Nord	1	70	1154	VI/V	Eclat
OB 00 39	Est	Nord	1	70	1181	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 40	Est	Nord	1	70	1110	VI/V	Eclat
OB 00 41	Est	Nord	1	70	1115	VI/V	Eclat laminaire
OB 00 42	Est	Nord	1	70	1126	VI/V	Eclat
OB 00 43	Est	Nord	1	70	1130	VI/V	Eclat
OB 00 44	Est	Nord	1	70	1190	VI/V	Eclat
OB 00 45	Est	Nord	1	70	1190	VI/V	Eclat
OB 00 46	Est	Nord	1	71	1200	VI/V	Eclat
OB 00 47	Est	Nord	1	70	1111	VI/V	Lame (frag.)
OB 00 48	Est	Nord	1	70	1206	VI/V	Eclat laminaire
OB 00 49	Est	Nord	1	70	1212	VI/V	Eclat
OB 00 50	Est	Nord	5/1	152	2561	VI/V	Eclat

Tableau II.20 – Liste des échantillons de Çatal Höyük analysés en 2000.

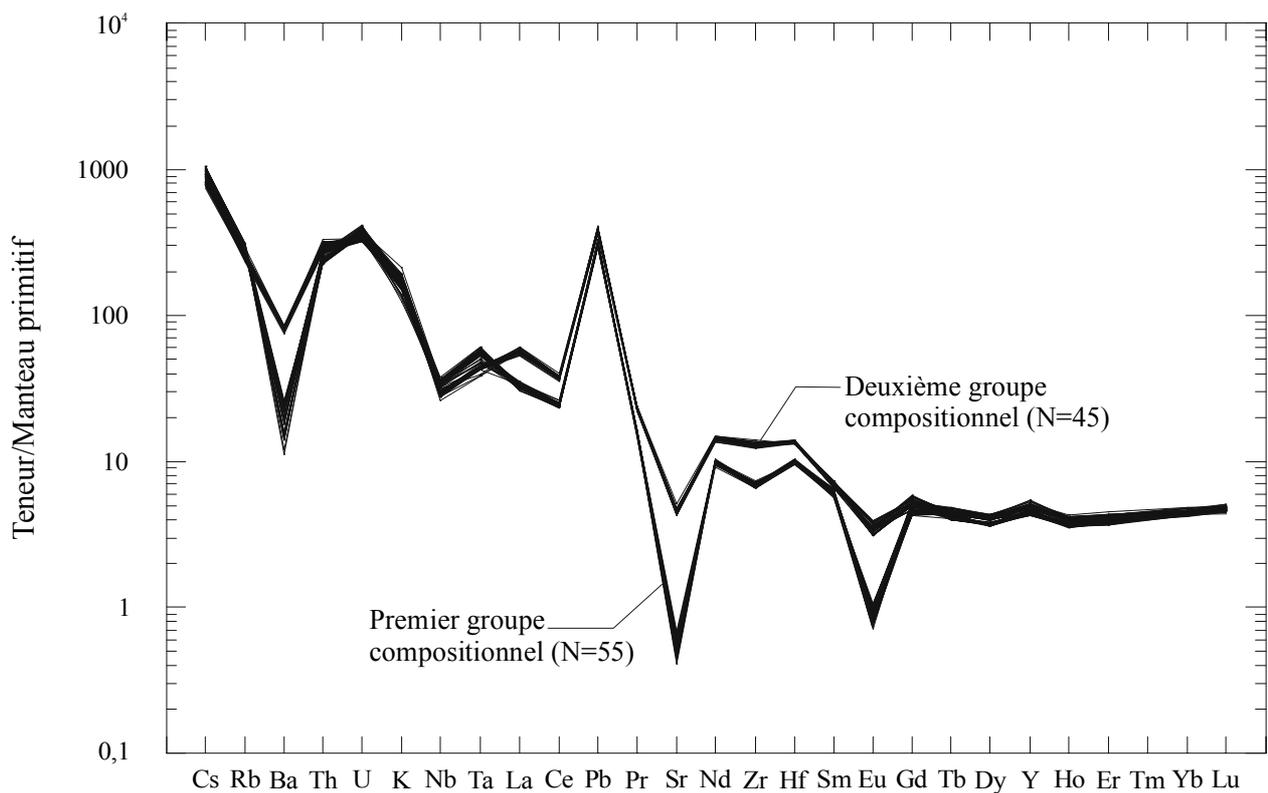


Figure II.37 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 100 échantillons de Çatal Höyük analysés.

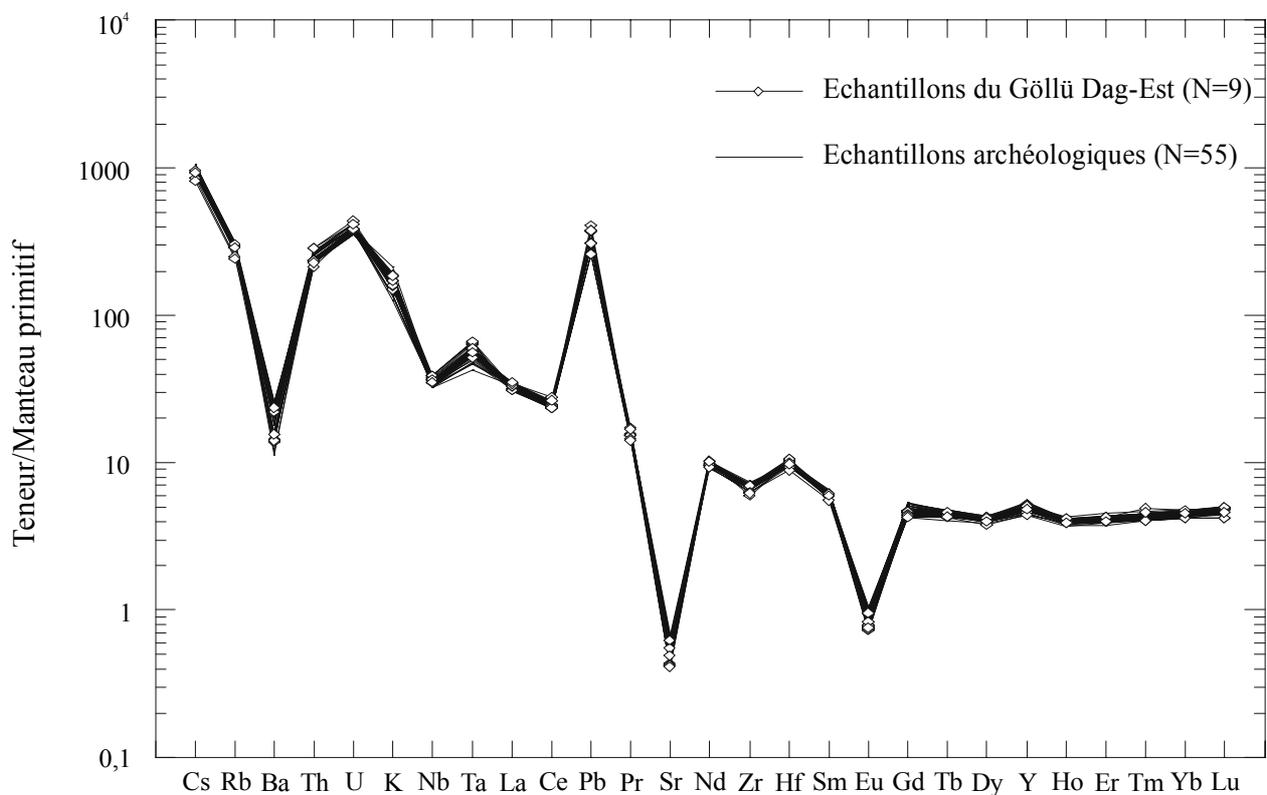


Figure II.38 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 55 échantillons du groupe géochimique 1 et neuf échantillons géologiques du Göllü Dag-Est.

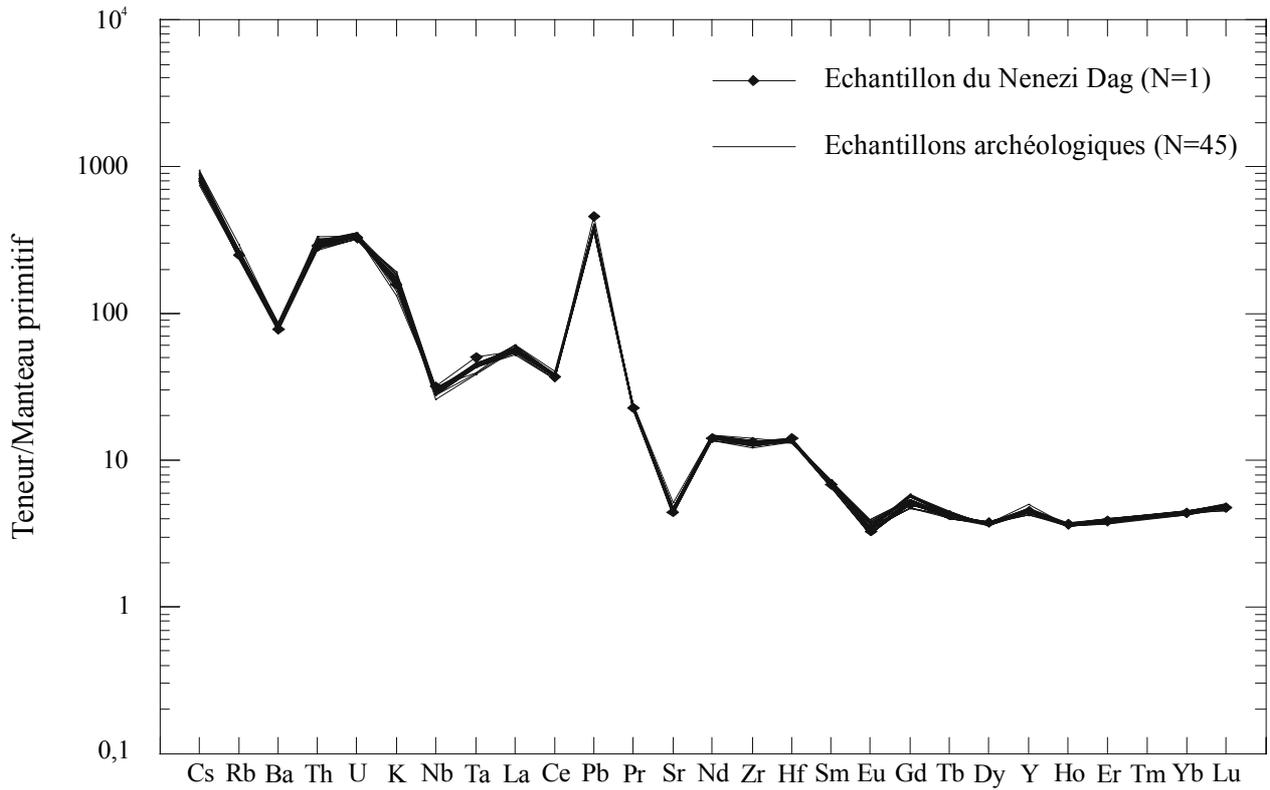


Figure II.39 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 45 échantillons du groupe géochimique 2 et un échantillon géologique du Nenezi Dag.

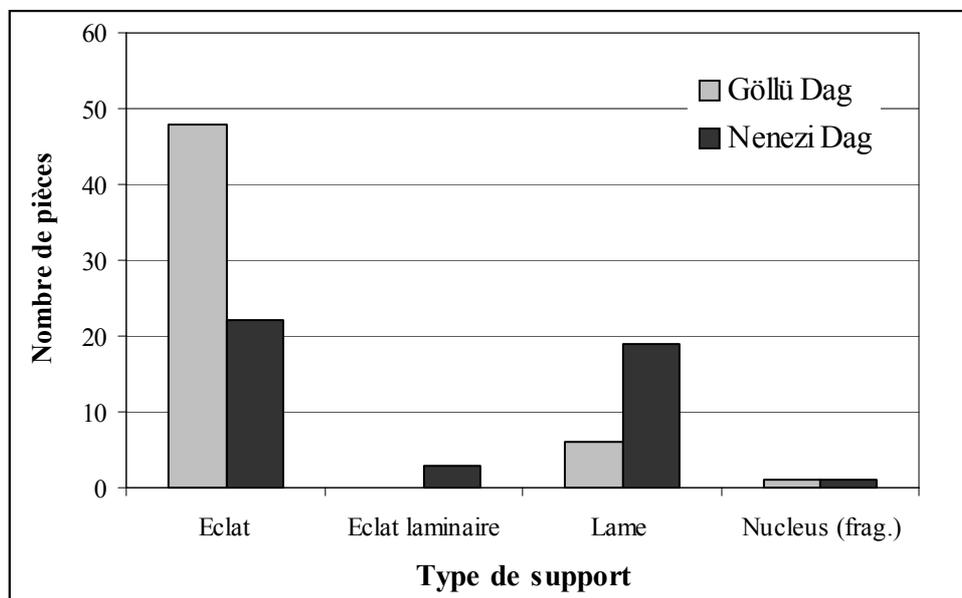


Figure II.40 - Comparaison des types de support en fonction de l'origine de l'obsidienne.

Lot 1999					
Echantillon No.	Mont	Aire	Niveau	Description	Provenance
OB 99 1	Est	Sud	VI	Eclat	GD
OB 99 6	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 7	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 8	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 9	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 10	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 11	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 12	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 13	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 14	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 15	Est	Sud	VII	Eclat	ND
OB 99 16	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 17	Est	Sud	VII	Eclat	ND
OB 99 18	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 19	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 20	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 23	Est	Sud	VII	Eclat	GD
OB 99 30	Est	Sud	IX	Eclat	GD
OB 99 31	Est	Sud	IX	Eclat	GD
OB 99 32	Est	Sud	IX	Eclat	GD
OB 99 33	Est	Sud	IX	Eclat	GD
OB 99 34	Est	Sud	IX	Eclat	GD
OB 99 35	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 36	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 37	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 39	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 99 40	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 99 41	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	GD
OB 99 44	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 99 45	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 99 46	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 99 47	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 99 48	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 99 49	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 99 51	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 59	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 99 67	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 72	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 73	Est	Nord	VI	Eclat	GD
OB 99 75	Est	Sommet	V	Lame (frag.)	ND
OB 99 76	Est	Sommet	V	Eclat	ND
OB 99 77	Ouest		Chalco.	Lame (frag.)	ND
OB 99 78	Ouest		Chalco.	Eclat	GD
OB 99 79	Ouest		Chalco.	Lame (frag.)	ND
OB 99 80	Ouest		Chalco.	Eclat	GD
OB 99 81	Ouest		Chalco.	Lame (frag.)	GD
OB 99 82	Ouest		Chalco.	Lame (frag.)	ND
OB 99 83	Ouest		Chalco.	Eclat	ND
OB 99 88	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 99 89	Est	Sud	VII	Eclat	GD

Lot 2000					
Echantillon No.	Mont	Aire	Niveau	Description	Provenance
OB 00 1	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 2	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 3	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	GD
OB 00 4	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 5	Est	Nord	VI/V	Nucleus (frag.)	GD
OB 00 6	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 7	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 8	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	GD
OB 00 9	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 10	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 11	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 12	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 13	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 14	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 15	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 16	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 17	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 18	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 19	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 20	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	GD
OB 00 21	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 22	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 23	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 24	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 25	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 26	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 27	Est	Nord	VI/V	Eclat laminaire	ND
OB 00 28	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 29	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	GD
OB 00 30	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 31	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 32	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 33	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 34	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 35	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 36	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 37	Est	Nord	VI/V	Nucleus (frag.)	ND
OB 00 38	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 39	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 40	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 41	Est	Nord	VI/V	Eclat laminaire	ND
OB 00 42	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 43	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 44	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 45	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD
OB 00 46	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 47	Est	Nord	VI/V	Lame (frag.)	ND
OB 00 48	Est	Nord	VI/V	Eclat laminaire	ND
OB 00 49	Est	Nord	VI/V	Eclat	ND
OB 00 50	Est	Nord	VI/V	Eclat	GD

Tableau II.21-Détail des provenances des 100 échantillons d'obsidienne analysés pour Çatal Höyük.

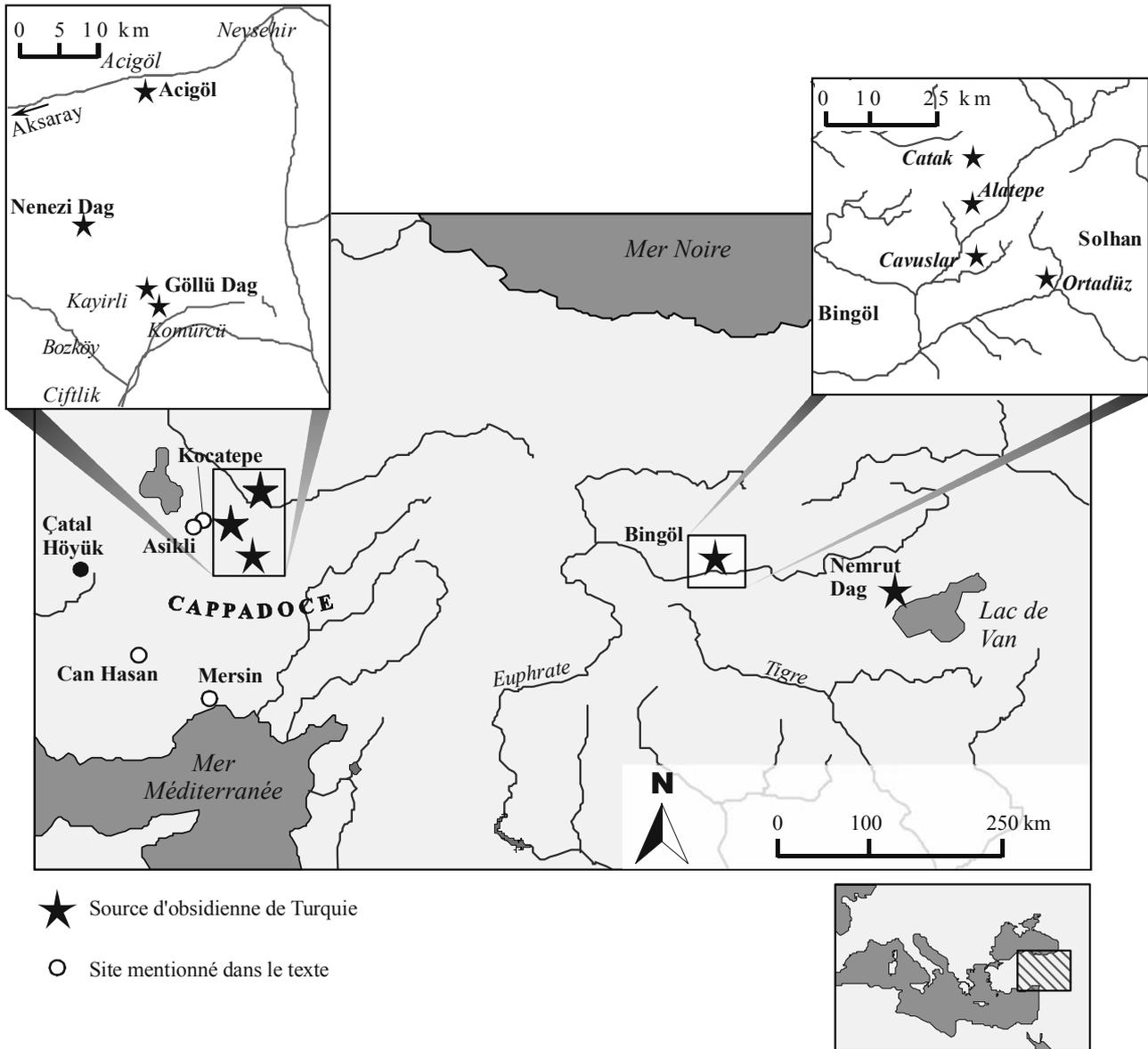


Figure II.41 - Localisation des principaux gisements d'obsidienne de Turquie et de Çatal Höyük.

II.B.1.e.- Discussion

L'approvisionnement à Çatal Höyük correspond à ce qui a été observé jusqu'à présent sur d'autres sites d'Anatolie centrale pour les périodes concernées, c'est-à-dire la diffusion conjointe de l'obsidienne des deux massifs du Göllü Dag et du Nenezi Dag (Cauvin et Chataigner, 1998). Les modalités d'acquisition des matériaux des sites proches de Çatal sont identiques. Le site s'inscrit donc dans une mouvance de relations et de contacts régionaux au sens large du terme. Cette observation faite à travers l'approvisionnement en matières premières trouve un écho dans ce que les études typo-technologiques de l'industrie lithique et de la céramique ont montré :

- pour le matériel lithique, des parallèles ont été établis entre Çatal et Asikli (PPNB, fig. II.41) pour certains types de pointes, de grattoirs circulaires et différents types de lames retouchées (Carter, 2000). Des pointes semblables à celles évoquées ont en outre été trouvées sur les gîtes du Nenezi Dag (Cauvin et Balkan-Atli, 1996). Pour la même période, des liens ont également été établis avec Mersin et Can Hasan III (fig. II.41) (Conolly, 1993 ; Carter, 2000). Ce dernier site a livré des pièces en obsidienne incisées sur la face inférieure qui présentent des similitudes avec deux exemplaires trouvés dans les niveaux XII de Çatal Höyük.
- Concernant la céramique d'autre part, des liens stylistiques existent en particulier entre les productions de Çatal et les vestiges de Kocatepe, proche du Nenezi

Dag, pour les périodes se rapportant au Néolithique céramique.

Les sources du Nenezi Dag et du Göllü Dag présentent des histoires différentes au regard de la chronologie et de la nature de leur exploitation (Chataigner, 1998). Les analyses géochimiques réalisées sur les artefacts issus de sites diversement distribués spatialement et chronologiquement, ont montré jusqu'à présent que le Nenezi Dag a connu une exploitation remontant au PPNB ancien et moyen, d'après notamment les analyses du site d'Asikli (fig. II.41). Le Göllü Dag offre quant à lui des indices d'exploitation bien plus anciens puisque la diffusion de son obsidienne est attestée du Paléolithique supérieur à l'âge du Bronze.

Les modifications dans les productions d'artefacts en obsidienne de Çatal sont contemporaines de la représentation croissante de la source du Nenezi Dag. Ces mutations dans le système lithique sont révélatrices des profonds changements culturels intervenus au cours de la phase correspondant stratigraphiquement au niveau VI de Çatal Höyük.

La continuité entre le Néolithique et le Chalcolithique observée sur le plan lithique, par l'approvisionnement en obsidienne sur les mêmes sources et les similitudes typo-technologiques, est attestée à travers d'autres témoins archéologiques comme les restes fauniques et botaniques (Last, 1998).

II.B.1.f.- Conclusions et perspectives

Dans le cadre des recherches sur la caractérisation géochimique de l'obsidienne et sur sa diffusion, l'analyse de 100 échantillons représente un apport d'information conséquent. Par contre, à l'échelle même du site et au regard du nombre d'artefacts lithiques qu'il a livrés, il ne s'agit que d'une petite quantité de pièces, même si elle peut être considérée comme représentative des sources d'approvisionnement principales de Çatal Höyük. De plus, en raison du caractère destructif des analyses, les attributions ont porté sur les artefacts les plus communs (lames et éclats, parfois retouchés). Quelques pièces, plus insolites, pour lesquelles on peut s'attendre à des provenances éventuellement plus diversifiées, font actuellement l'objet de caractérisations par des méthodes non destructives à l'Université d'Aberystwyth (Angleterre).

La relation entre l'origine de l'obsidienne et les types de produit sera approfondie lorsque nous disposerons des données détaillées sur l'étude typo-technologique des pièces analysées. Une publication prochaine viendra donc compléter les corrélations présentées ici et apportera des éléments supplémentaires à l'appréhension diachronique de l'utilisation de l'obsidienne à Çatal Höyük, en relation avec la technologie, la typologie, la fonction des artefacts et le contexte archéologique.

II.B.2.- Le site de Tell Kurdu

II.B.2.a.- Présentation du site

À l'extrémité sud de l'actuelle Turquie, près d'Antakya (antique Antioche), Tell Kurdu est une des premières occupations chalcolithiques de la partie centrale de la vallée d'Amuq qui ne compte pas moins de 237 sites répertoriés. En 1938, le tell fit l'objet de fouilles dirigées par R. Braiwood (Braiwood et Braiwood, 1960). Depuis 1995, l'Institut Oriental de l'université de Chicago a renouvelé ses recherches dans la vallée d'Amuq sous la direction d'A. Yener et de T. Wilkinson afin :

- d'appréhender précisément le peuplement de la région par des prospections archéologiques.
- de reconstituer l'évolution environnementale passée en évaluant l'impact anthropique par des études géomorphologiques et géoarchéologiques.
- d'aborder les questions de dynamiques intra- et inter-régionales au cours du temps.

Tell Kurdu qui était l'occupation majeure de la vallée d'Amuq a été choisi pour être le premier site étudié dans le cadre d'un programme de fouilles à long terme.

Il se présente comme une vaste colline bilobée d'une superficie de 15 ha, située en bordure orientale d'un ancien lac. De récents aménagements à la pelle mécanique ont modifié le contour du mont sud, à présent rectangulaire (fig. II.42). La séquence chrono-culturelle de Tell Kurdu correspond aux phases d'Amuq C à E, contemporaines de l'Halaf final et de l'Obeid du nord de la Mésopotamie (tabl. II.18). Deux datations ont placé la période d'occupation la plus récente, Amuq E, autour de 4800 avant J.-C. Dans la plaine d'Amuq, des prospections ont permis de recenser, pour les périodes Amuq A à E, 30 établissements dont la superficie était de l'ordre d'un ha. Les évidences archéologiques ont montré qu'à Tell Kurdu, les occupations s'étendaient sur une aire comprise entre 11 et 14 hectares au cours de la phase Amuq C pour se réduire à 2-3 ha sur le mont sud durant Amuq E. Des structures architecturales ont été mises en évidence par des sondages dans un premier temps puis par des prospections magnétiques (fig. II.42).

Plusieurs sépultures ont été mises au jour (Braiwood et Braiwood, 1960 ; Yener *et al.*, 1999).

Les restes fauniques sont dominés par la chèvre ou le mouton, le porc et le bœuf. Parallèlement à ces animaux domestiques quelques espèces sauvages ont été identifiées.

En ce qui concerne le mobilier archéologique, les différents secteurs sondés ont livré de la céramique, des fragments de cuivre, du minerai de fer (goethite et hématite), une industrie sur os et du mobilier en pierre dont un nombre considérable d'objets en pierre polie (haches, bols, pendentifs et perles) fabriqués à partir d'une diversité de roches incluant l'obsidienne, la serpentinite, le basalte, le marbre et le gabbro. Une mention particulière doit être faite au sujet d'une série de sceaux en pierre dont quelques-uns présentent des formes

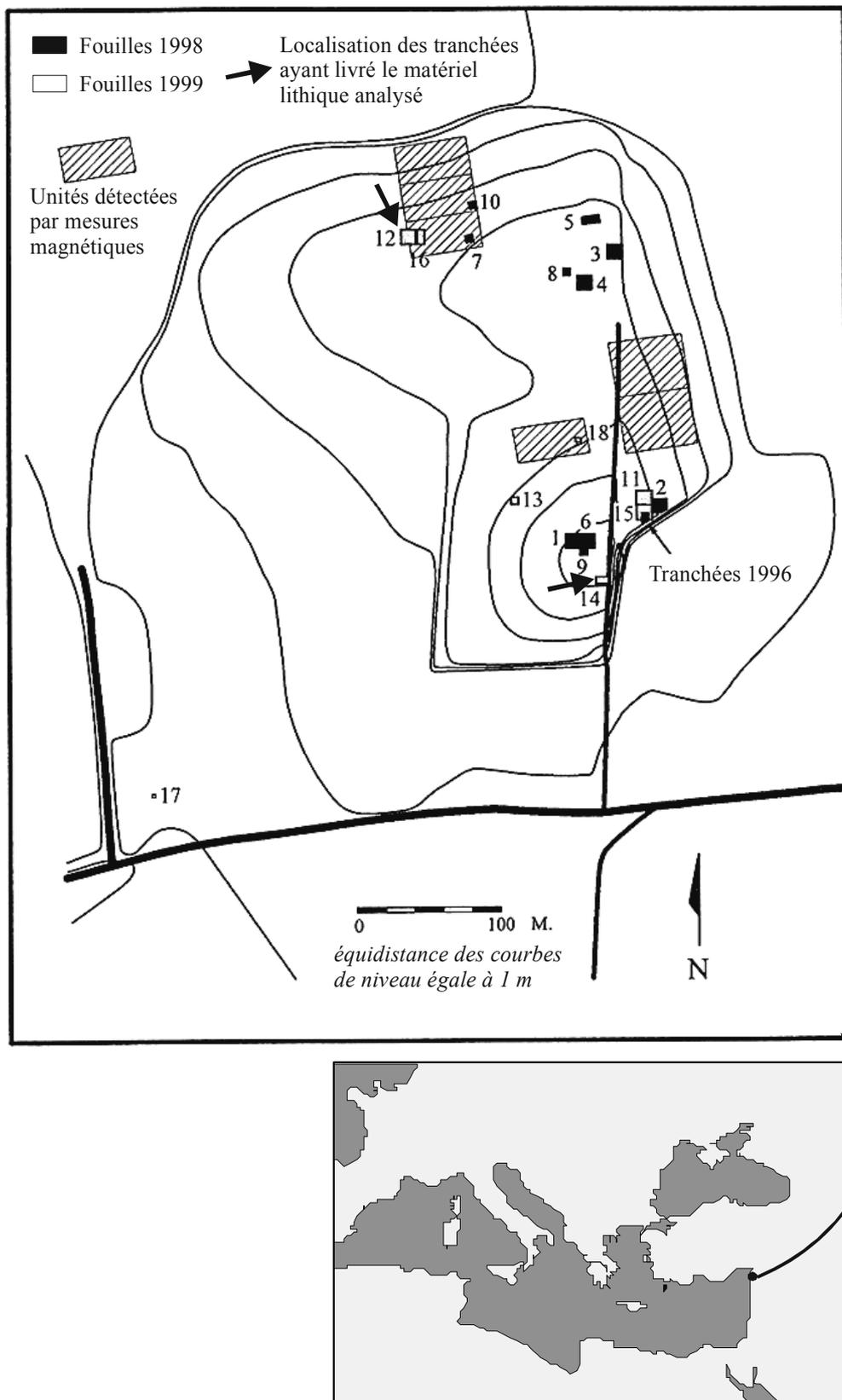


Figure. II.42 - Vue générale du site de Tell Kurdu (Turquie) et localisation des tranchées dont le matériel analysé est issu. D'après Yener, *et al.* (1999).

insolites. Des impressions sur argile ont également été recueillies.

L'industrie lithique taillée est majoritairement constituée de différents types de silex, similaires entre les niveaux Amuq C, D et E. Ceux-ci sont accessibles en position secondaire sous la forme de galets de 5 à 15 cm de diamètre dans un rayon inférieur à 20 km. L'obsidienne constitue, dans le contexte géologique de la vallée de l'Amuq, un matériau allochtone.

Les pièces en obsidienne, soumises à une étude typo-technologique (Edens, 1999), sont des lames à 77 %. Leurs caractéristiques technologiques suggèrent qu'elles étaient débitées par pression tandis que l'obtention des lames en silex résultait d'une percussion à la pierre tendre ou indirecte. L'industrie en silex a montré une gestion différenciée en fonction des matériaux relative aux dimensions et à la forme des blocs de matière première. La présence sur le site de nucléus à éclats est fréquente tandis qu'aucun nucléus à lame n'y est rencontré. Cette observation, ainsi que des remarques sur la nature des pièces corticales, suggèrent une production des lames en silex et en obsidienne en dehors du site.

Du point de vue de la gestion de l'outillage, les lames en obsidienne ne sont jamais tronquées et ne présentent pas de dos tandis que c'est le cas pour les lames en silex.

Les caractères technologiques demeurent identiques depuis les niveaux Amuq C jusqu'aux périodes Amuq E. Par contre c'est à travers les proportions des matières premières lithiques qu'une évolution transparait. En effet, dans les niveaux Amuq C et D, l'obsidienne représente 30 % de l'industrie, pourcentage qui se réduit à 5 % pour l'horizon Amuq E. En outre, la proportion d'obsidienne est extrêmement élevée à Tell Kurdu aux périodes Amuq C et D par comparaison avec ce qui est observé pour d'autres sites régionaux dans lesquels ce matériau ne représente pas plus de 3-4 % des assemblages lithiques. Cette caractéristique conduit à considérer Tell Kurdu comme un point nodal dans les systèmes de distribution inter-régionaux de la fin du 6^e millénaire (Amuq C-D). Le site aurait perdu ce statut dès le début de la période Amuq E. Ces conclusions concordent notamment avec la réduction de l'extension du site à la même époque.

	Nature de l'échantillon	Tranchée	Locus	Lot	Phase culturelle
TK 4082	Lamelle	14	33	83	Obeid c. 4800 cal. BC
TK 4918	Eclat	14	48	130	Obeid
TK 4969	Fragment de lame	14	50	136	Obeid
TK 4032	Fragment d'éclat	14	28	69	Obeid
TK 4444	Fragment de lame	14	46	116	Obeid
TK 3265	Fragment d'éclat	14	19	52	Obeid
TK 3044	Lame	12	8	35	Halaf c. 5000 cal. BC
TK 3489	Eclat	12	40	84	Halaf
TK 4377	Fragment de lamelle	12	11	114	Halaf

Tableau II.22 – Liste des échantillons en obsidienne analysés.

II.B.2.b.- Description du corpus analysé

Le matériel analysé (tabl. II.22), issu de l'opération de fouille de 1999, se rapporte à six pièces en obsidienne, de la tranchée 14, attribuées à la phase Amuq E (Obeid 4) et trois autres, de la tranchée 12, relatives au niveau Amuq C (Halaf final).

II.B.2.c.- Résultats

Sur la figure II.43 qui présente les teneurs normalisées des échantillons analysés, se distinguent cinq profils différents, correspondant à autant de groupes géochimiques.

Le premier est individualisé à la figure II.44. Il regroupe trois échantillons, TK 4918, TK 4032 et TK 3489, dont la composition correspond à celle des sources orientales du massif volcanique du Göllü Dag (Kayirli Est et Kömürçü).

Trois autres échantillons, peralcalins, TK 4969, TK 4444 et TK 3265, sont rapprochés du groupe géochimique Bingöl-A/Nemrut Dag (fig. II.45). La distinction entre les coulées comprises dans cet ensemble géochimique a été tentée au moyen d'un diagramme binaire NK/A vs. NKC/A employé par Poidevin (1998). Deux échantillons (TK 4444 et TK 4969) se rapprochent des sources peralcalines de Bingöl, c'est-à-dire Orta Düz et Çavuslar tandis que le troisième présente plus de similitudes avec la composition des obsidiennes de Nemrut Dag-caldera (fig. II.46).

Les teneurs normalisées de TK 4377 trouvent une bonne correspondance avec les échantillons du groupe Bingöl-B, incluant les sources de Çatak et Alatepe, sans qu'il soit possible de les discriminer (fig. II.47).

Les deux derniers échantillons, TK 4082 et TK 3044 ont posé plus de problèmes quant à leur attribution à une source géologique. En effet, ils ne présentaient pas de similitude de composition avec les principales sources d'obsidiennes connues au Proche-Orient. Nous nous sommes donc référés à des sources bénéficiant d'un petit nombre d'analyses et à des données non-publiées.

La première est Pasinler, dont l'échantillon TK 4082 se rapproche du point de vue de la composition (fig. II.48).

Des données non-publiées, communiquées par J. Keller (université de Fribourg, Allemagne) nous ont permis d'attribuer l'échantillon TK 3044 à la source désignée sous le nom de « Ziyaret-Meydan Dag ».

Les attributions de provenance des échantillons de Tell Kurdu sont résumées au tableau II.23. Pour le site de Tell Kurdu, le petit nombre d'échantillons analysés a donné lieu à l'identification de cinq origines différentes.

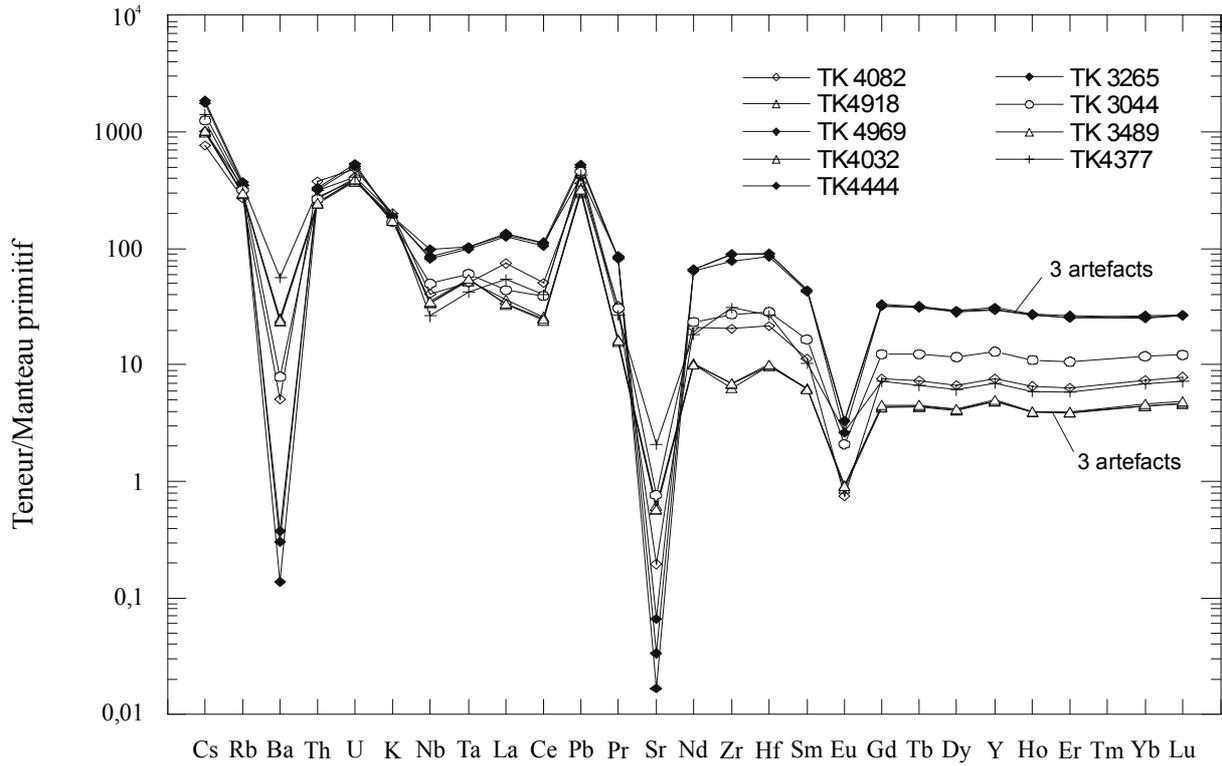


Figure II.43 - Diagramme de teneurs normalisées des neuf échantillons de Tell Kurdu analysés.

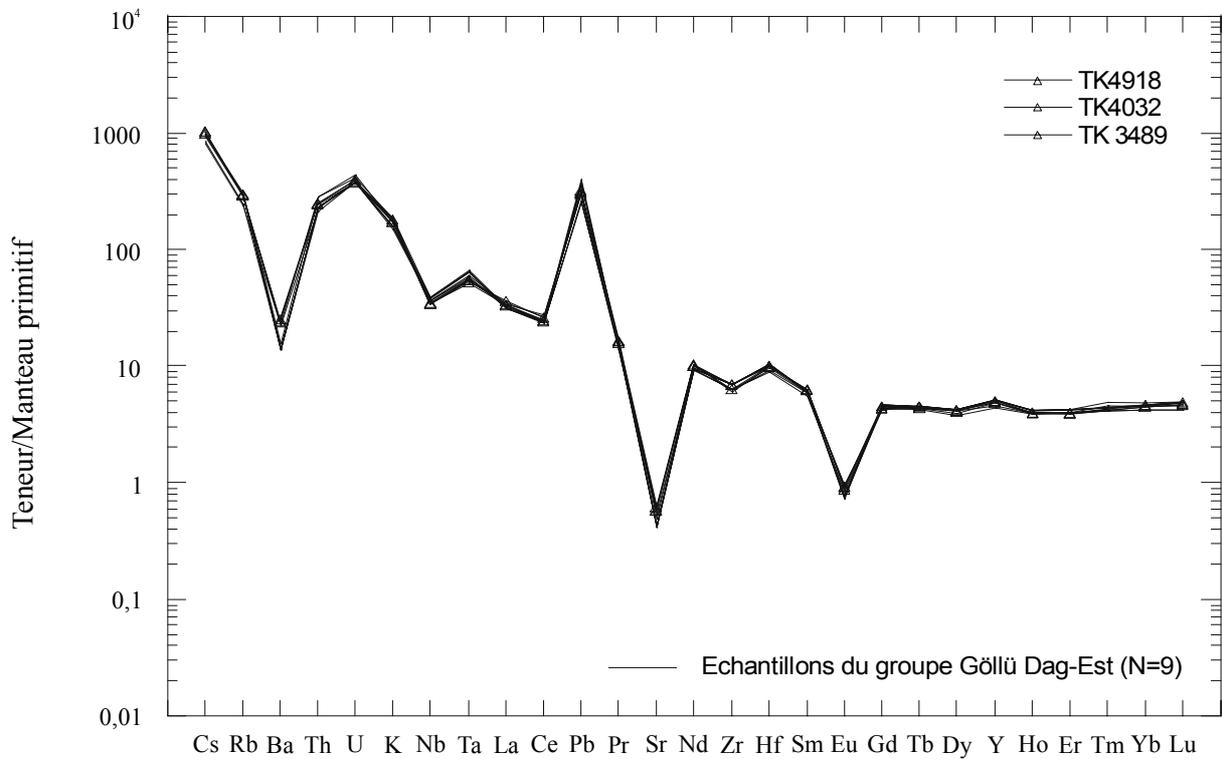


Figure II.44 - Diagramme de teneurs normalisées de trois échantillons de Tell Kurdu et de neuf échantillons géologiques du groupe géochimique Gollü Dag Est.

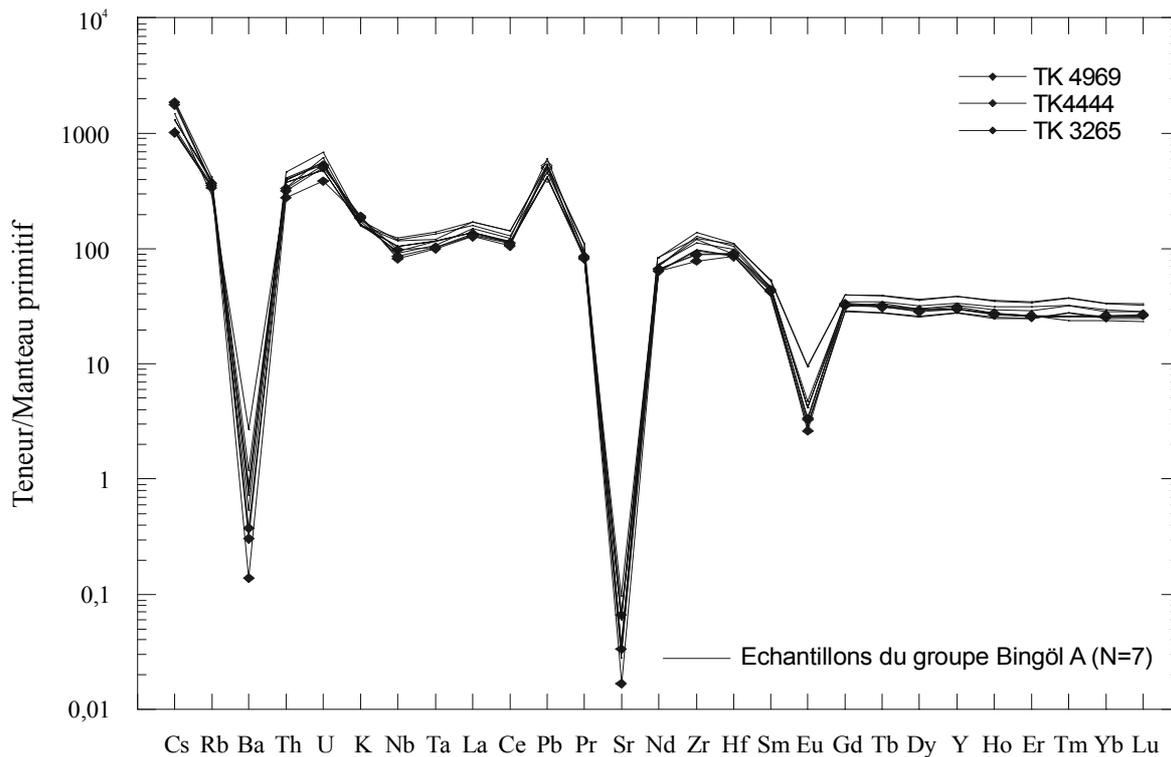


Figure II.45 - Diagramme de teneurs normalisées de trois échantillons de Tell Kurdu et de sept échantillons géologiques du groupe géochimique Bingöl A.

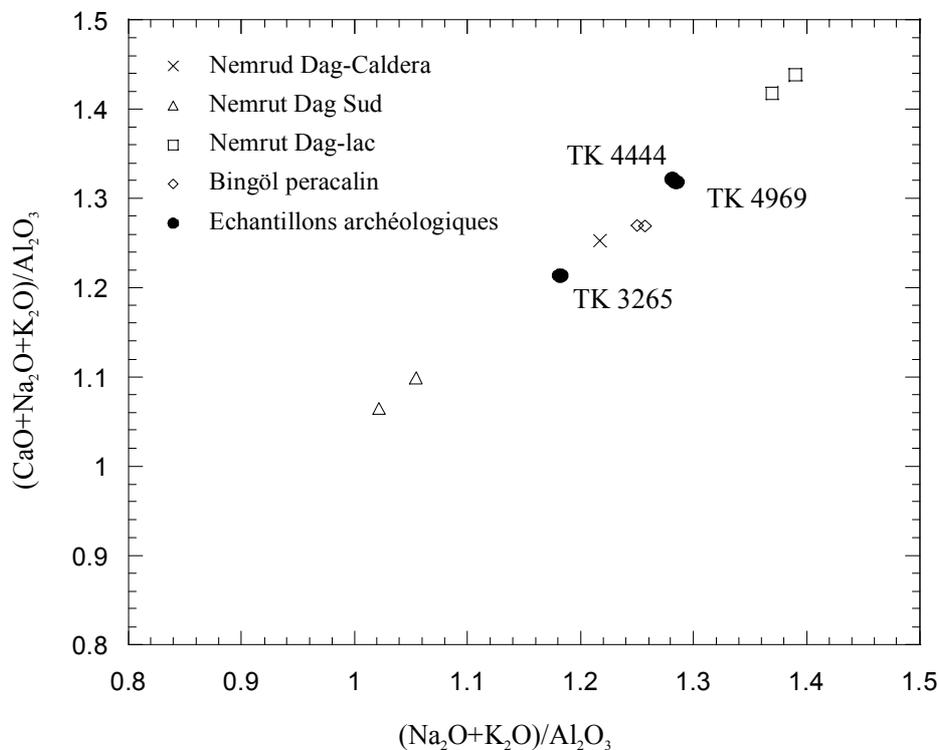


Figure II.46 - Diagramme binaire $(CaO+Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$ vs. $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$ pour les trois artefacts peracalins de Tell Kurdu et les échantillons géologiques du groupe géochimique Bingöl A.

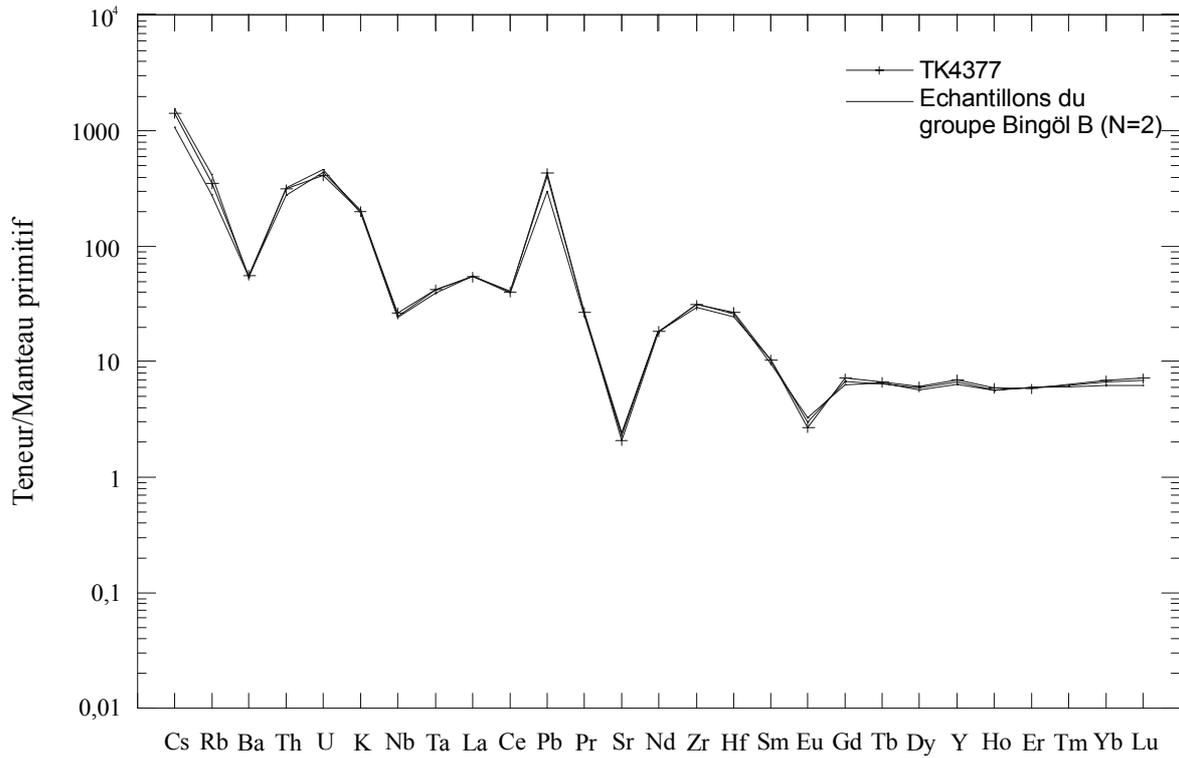


Figure II.47 - Diagramme de teneurs normalisées d'un échantillon de Tell Kurdu et de deux échantillons géologiques du groupe géochimique Bingöl B.

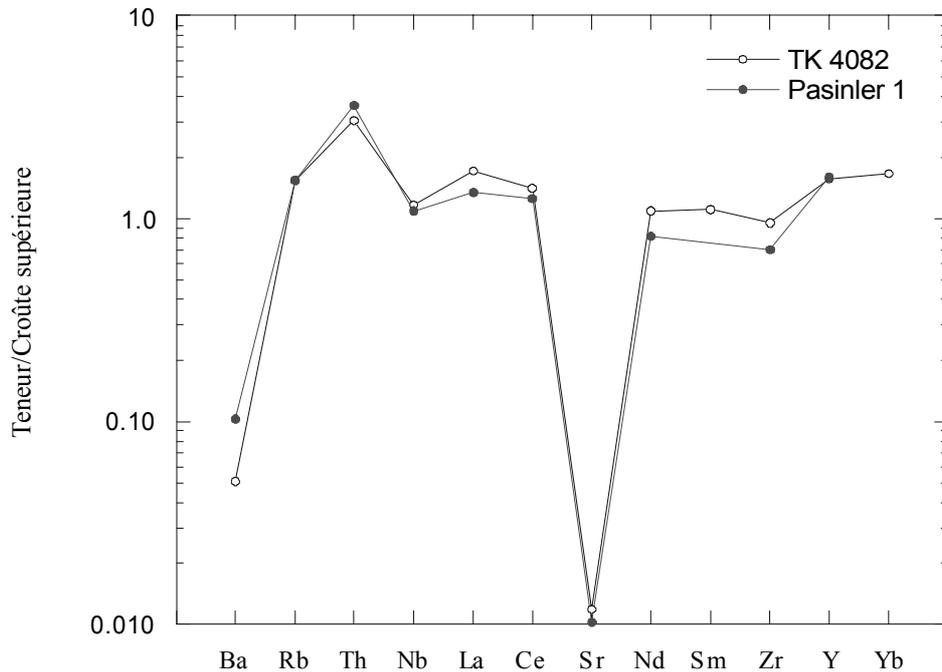


Figure II.48 - Teneurs relatives en éléments traces pour l'échantillon TK 4082 et un échantillon de la source de Pasinler. D'après les données de Gratuze, dans Poidevin (1998).

Il est impossible à travers ces seuls échantillons d'entrevoir une évolution de l'approvisionnement entre les périodes Amuq C et E. On relèvera simplement que les provenances reconnues diffèrent partiellement entre les deux phases chrono-culturelles.

En considérant les types d'objets diffusés en fonction de leur source, l'obsidienne du Göllü Dag est uniquement représentée par des éclats. A travers l'échantillonnage, on observe que les lames sont originaires des sources Bingöl-A/Nemrut Dag et de Ziyaret. Enfin, deux lamelles proviennent de Pasinler et des sources rattachées au groupe Bingöl-B.

	Nature de l'échantillon	Culture	Phase culturelle	Provenance
TK 4082	Lamelle	Amuq E	Obeid c. 4800 cal. BC	Pasinler
TK 4918	Eclat	Amuq E	Obeid	Göllü Dag Est
TK 4969	Fragment de lame	Amuq E	Obeid	Bingöl A
TK 4032	Fragment d'éclat	Amuq E	Obeid	Göllü Dag Est
TK 4444	Fragment de lame	Amuq E	Obeid	Bingöl A
TK 3265	Fragment d'éclat	Amuq E	Obeid	Bingöl A
TK 3044	Lame	Amuq C	Halaf c. 5000 cal. BC	Ziyaret
TK 3489	Eclat	Amuq C	Halaf	Göllü Dag Est
TK 4377	Fragment de lamelle	Amuq C	Halaf	Bingöl B

Tableau II.23 – Attributions de provenance des échantillons de Tell Kurdu.

Ainsi, les obsidiennes analysées se répartissent du point de vue de leur provenance en trois aires géographiques :

- la Cappadoce pour le Göllü Dag, massif volcanique distant de 350 km à vol d'oiseau de Tell Kurdu.
- le Nord-Est de l'Anatolie pour Pasinler, à 650 km du site.
- le Sud-Est de l'Anatolie en ce qui concerne Bingöl-A et -B, Nemrut Dag et Ziyaret-Meydan Dag, situés respectivement à 450, 600 et 700 km de Tell Kurdu.

II.B.2.d.- Discussion et conclusion

Ces déterminations d'origine apportent des informations non seulement sur les relations inter-régionales entretenues par Tell Kurdu mais également sur les phénomènes de diffusion de l'obsidienne durant la transition Halaf-Obeid et le début de la culture d'Obeid, période moins documentée que celles qui la précèdent.

En dehors des obsidiennes, des influences extra-régionales transparaissent à travers plusieurs catégories d'artefacts. La première que j'évoquerai est constituée d'impressions sur argile. Certains motifs floraux observés à Tell Kurdu dans les niveaux correspondant à l'Obeid ont également été trouvés sur des tampons à Tepe Gawra ainsi qu'à Degirmentepe (fig. II.49). La deuxième catégorie d'objets se rapporte à des perles aux motifs figuratifs incisés qui présentent de fortes similitudes avec celles de Tepe Gawra. D'autres parallèles stylistiques enfin concernent la céramique qui montre des points

communs avec celle de Umm Qseir (Nord de la Syrie actuelle) et de Ras Shamra. Les conclusions générales sur l'étude de la céramique font apparaître que la composante céramique de la phase Amuq E est plus fortement empreinte d'influences extra-régionales que ne l'est celle des niveaux Amuq C-D. Afin de développer la problématique d'origine des matières premières et de compléter la vision des circulations régionales et extra-régionales, des projets visant à caractériser les métaux et les pâtes céramiques ont également été initiés.

Ainsi se dessinent, à travers les données sur les différentes catégories de vestiges archéologiques, des réseaux complexes d'échange principalement orientés vers l'est. La caractérisation de l'obsidienne apporte des données quantitatives qui viennent conforter ces conclusions. Elle indique en outre, par la présence d'obsidienne du Göllü Dag, des relations avec le Nord-Ouest dont la nature reste à déterminer.

Depuis le PPNB récent, la combinaison d'obsidiennes des sources de Cappadoce et de la région Nemrut-Bingöl est attestée dans les sites du Levant. Pour les périodes relatives à l'occupation de Tell Kurdu, peu d'exemples bien documentés témoignent des questions d'origine de l'obsidienne. Durant la phase d'Amuq C, l'acquisition d'obsidienne sur les sources « traditionnelles » se poursuit parallèlement au développement de l'exploitation de sources localisées au nord-est du lac de Van sans autre précision (groupes « 3a, 3c et 3d », Renfrew et Dixon, 1976). Cette région est comprise dans l'aire d'expansion de la culture de Halaf. Des données concernant le site d'Umm Qseir, précédemment cité pour ses affinités stylistiques avec la céramique de Kurdu, indiquent que l'obsidienne est reçue sous la forme de lames brutes uniquement (Akkermans, 1993 ; McCorriston, 1992). C'est également sous cette forme qu'elle semble être introduite à Kurdu.

Avec le développement de la culture d'Obeid, l'obsidienne demeure abondante dans le bassin du Khabur et la Haute-Mésopotamie. Les échanges sont intenses entre le Nord et le Sud de la Mésopotamie (Cauvin et Chataigner, 1998). Du point de vue de la détermination des sources d'approvisionnement, la tendance observée pour la fin de l'Halaf se maintient.

Les résultats obtenus pour Tell Kurdu semblent donc s'intégrer dans le schéma d'acquisition de l'obsidienne observé dans d'autres sites aux époques étudiées.

Parmi la grande variété de matières premières composant les témoins archéologiques de Tell Kurdu, l'obsidienne a permis la première d'aborder au moyen de résultats quantitatifs les questions de circulation et de contacts avec des zones géographiques variées. La variété des provenances et l'éloignement des sources identifiées témoignent de l'intensité des échanges à la fin

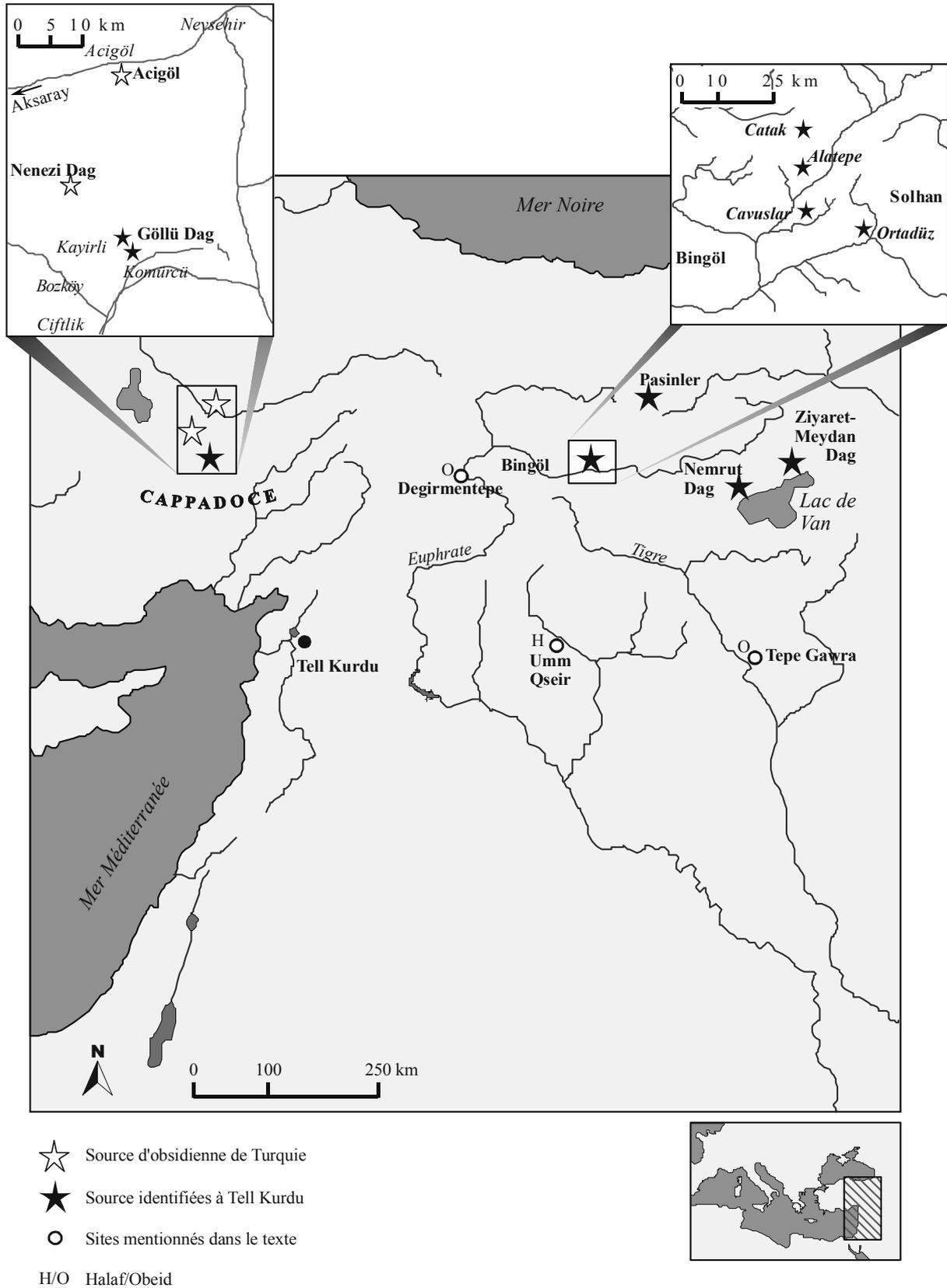


Figure II.49 - Localisation des gisements majeurs d'obsidienne de Turquie, des sources identifiées par les analyses et des sites mis en parallèle avec Tell Kurdu.

de la période de Halaf et au début de l'Obeid ainsi que de l'organisation socio-économique développée qui les sous-tend.

II.C.- Etudes péruviennes

II.C.1.- Les recherches antérieures

Les obsidiennes géologiques et archéologiques péruviennes ont bénéficié d'un certain nombre d'analyses au *Research Reactor Center* de l'Université du Missouri (MURR) et au *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL) sous l'impulsion de R. Burger (Burger et Asaro, 1977 ; Burger *et al.*, 1998a ; Burger et Glascock, 2000). Les mesures ont été obtenues par activation neutronique et par fluorescence-X. Les travaux des auteurs précédemment cités ont permis de préciser récemment, par des actions de terrains, la localisation des trois sources d'obsidienne majeures parmi la douzaine exploitée durant les périodes préhispaniques (Burger *et al.*, 1998b et 1998c ; Burger et Glascock, 2000). Il s'agit des gîtes de Quispisisa, d'Alca et de Chivay. Dans le cas de Quispisisa, il est plus approprié de parler de zone-source puisque ce secteur comporte de multiples affleurements rencontrés sur plus d'une vingtaine de kilomètres, présentant une composition identique.

Par comparaison avec les études menées pour les sites de Turquie, les analyses des artefacts relèvent pour notre laboratoire d'une démarche exploratoire. En effet, nous ne disposons d'aucune mesure d'échantillons géologiques pour les sources du Pérou. Il a donc été nécessaire d'analyser quelques obsidiennes correspondant à différentes sources péruviennes afin d'avancer des hypothèses sur l'origine des artefacts qui nous ont été confiés.

De nombreuses informations font défaut quant au contexte archéologique de certains échantillons et nous aborderons donc les résultats obtenus dans l'optique de montrer la validité de la méthode pour résoudre les questions de provenance de l'obsidienne dans un contexte géographique différent de celui du Proche-Orient.

II.C.2.- Corpus analysé

Les analyses ont porté sur 29 artefacts issus pour quatre d'entre eux du site de Casa Vieja (échantillons « CASA »), pour 19 autres, de la collection McNeish (échantillons « car ») et pour six derniers, du site de Mayni (échantillons « may »). Les six échantillons géologiques proviennent de cinq sources différentes : Quispisisa, Cora Ayacucho, tipo Ayacucho, Cotallalli (COTO, n=2), Jampatilla (Ccamp).

Ces 35 échantillons ont été mesurés au cours de quatre séries d'analyses.

II.C.3.- Résultats

Les données des éléments majeurs et traces de l'ensemble des échantillons sont présentées en annexe 9.

Si le diagramme binaire Eu en fonction de U (fig. II.50) montre des corrélations entre certains échantillons géologiques et les artefacts, les spectres d'éléments normalisés offrent la possibilité de comparer les teneurs de chaque échantillon analysé en considérant un plus grand nombre d'éléments.

Pour les artefacts (fig. II.51), plusieurs groupes géochimiques se distinguent.

En ce qui concerne les sources (fig. II.52), chacune montre une composition spécifique. En outre, les deux obsidiennes de Cotallalli présentent des compositions chimiques homogènes. Certains éléments apparaissent plus particulièrement discriminants dans l'optique de caractériser l'obsidienne et d'identifier les provenances. Il s'agit de Th, U, Eu, Ta et W.

En comparant les diagrammes de teneurs normalisées des échantillons archéologiques avec ceux des sources, une bonne correspondance est observée entre la source de Quispisisa et le matériel de Casa Vieja, de Mayni ainsi que 16 pièces de la collection McNeish (fig. II.53). Quelques commentaires peuvent être faits sur ces résultats. A propos d'un échantillon de la collection McNeish (car 04), on observe une teneur en Ta nettement inférieure à la moyenne des pièces archéologiques du premier groupe géochimique et à la mesure obtenue pour l'échantillon de la source de Quispisisa (tabl. II.24).

	Ech. source, Quispisisa	Ech. archéo., n=25 (moy./écart-type)	Ech. McNeish, Car 04
Ta (ppm)	1,276	1,263 ± 0,022	0,807

Tableau II.24 – Comparaison des résultats obtenus sur Ta pour le groupe géochimique Quispisisa.

Les résultats des 34 autres éléments dosés pour car 04 correspondent parfaitement aux fourchettes de variation des teneurs du groupe Quispisisa. Le fort écart de teneur en Ta observé pour car 04 peut être expliqué par une hétérogénéité de composition de la coulée. Ce phénomène a été observé sur d'autres sources andines (Bellot-Gurlet, 1998). Ainsi, l'échantillon car 04, malgré la faiblesse en Ta, a été attribué à la source de Quispisisa.

Un second point problématique concerne les teneurs en quatre terres rares, Gd, Dy, Er, Yb, des échantillons de Casa Vieja (tabl.II.25). En observant les spectres et les données brutes, une légère augmentation de leurs teneurs est perceptible, par comparaison avec celles des autres échantillons du groupe Quispisisa.

Les explications de cet écart de teneurs sont à relier soit à des problèmes d'hétérogénéité de coulée, comme ceux évoqués dans le cas de car 04, soit à des questions analytiques. En effet, les résultats proposés sont issus de plusieurs séries d'analyses. Les échantillons de Casa Vieja ont été analysés avec des échantillons de sources, mais sans autres artefacts. Il est possible que la calibration de l'appareillage ait été légèrement différente.

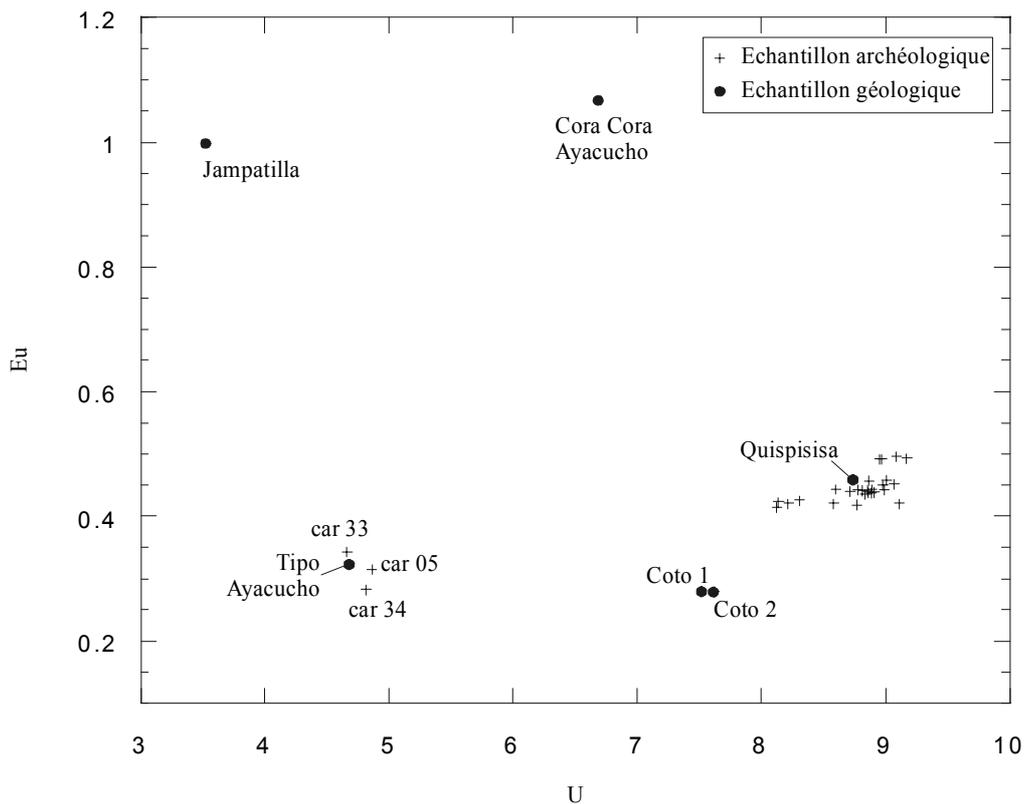


Figure II.50 - Diagramme binaire représentant Eu en fonction de U (ppm) pour les 35 échantillons péruviens analysés.

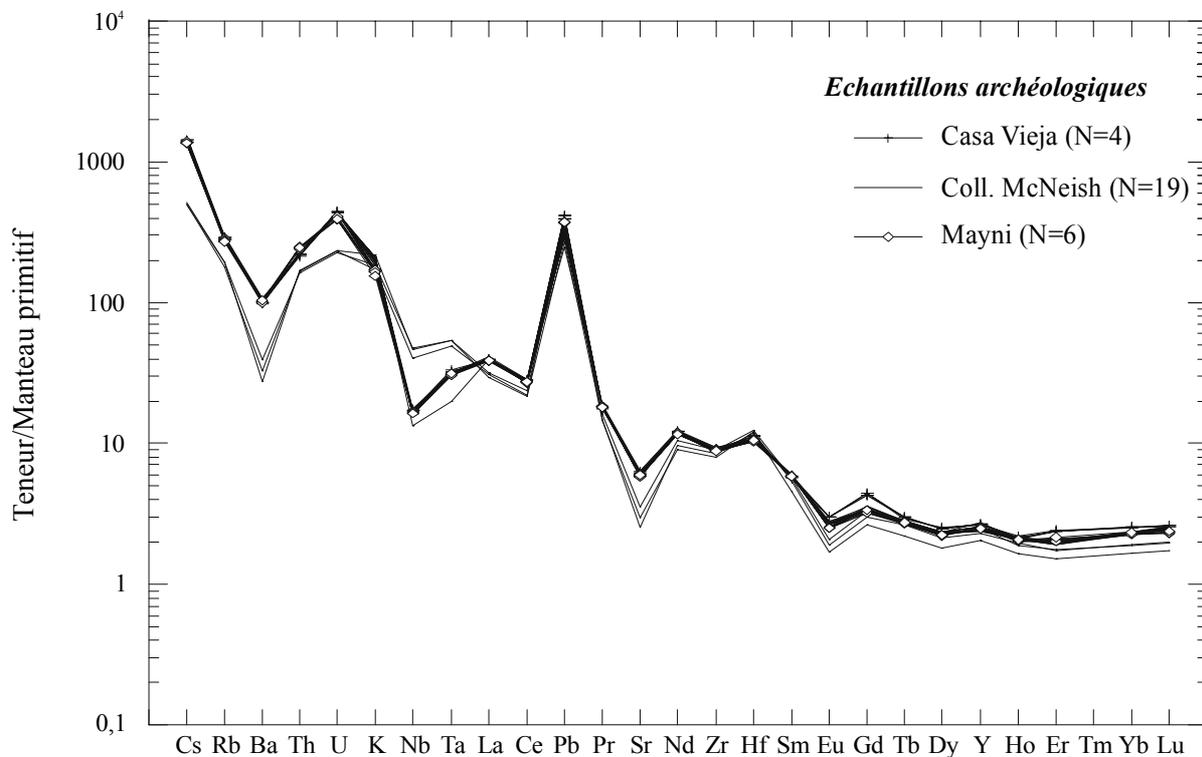


Figure II.51 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 29 échantillons archéologiques péruviens.

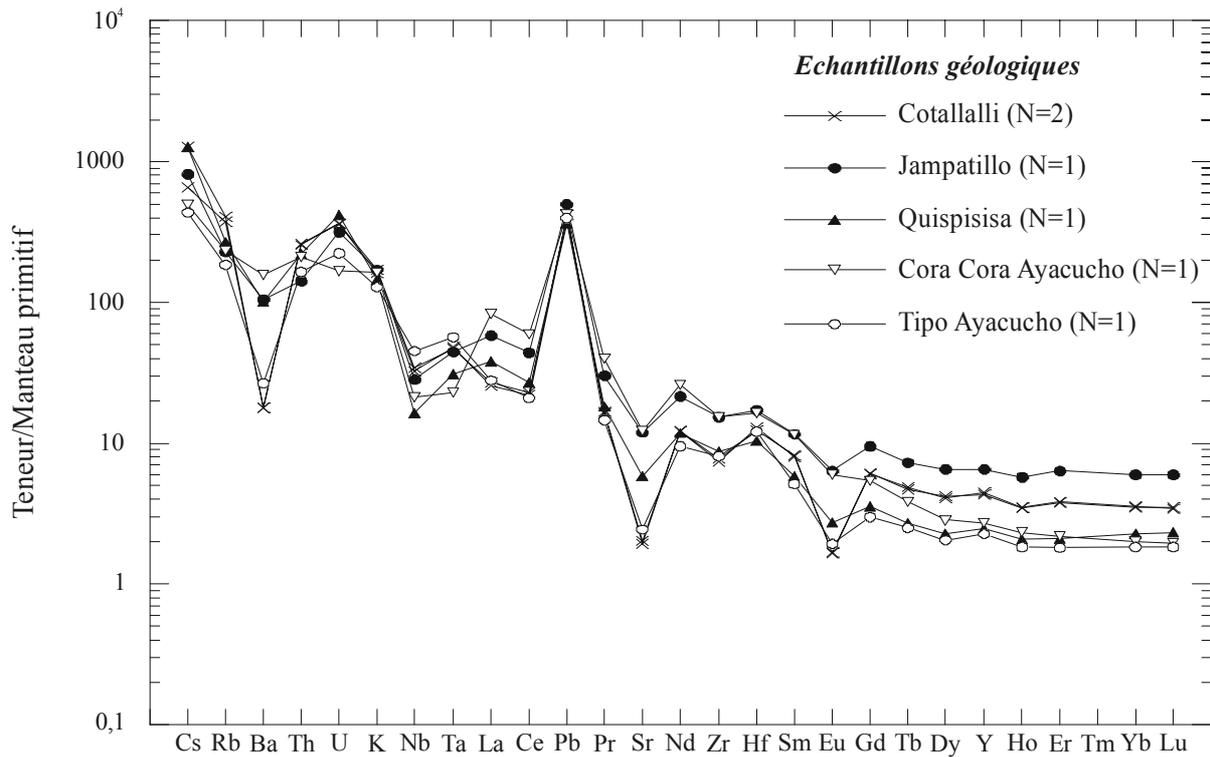


Figure II.52 - Diagramme de teneurs normalisées pour les six échantillons géologiques péruviens.

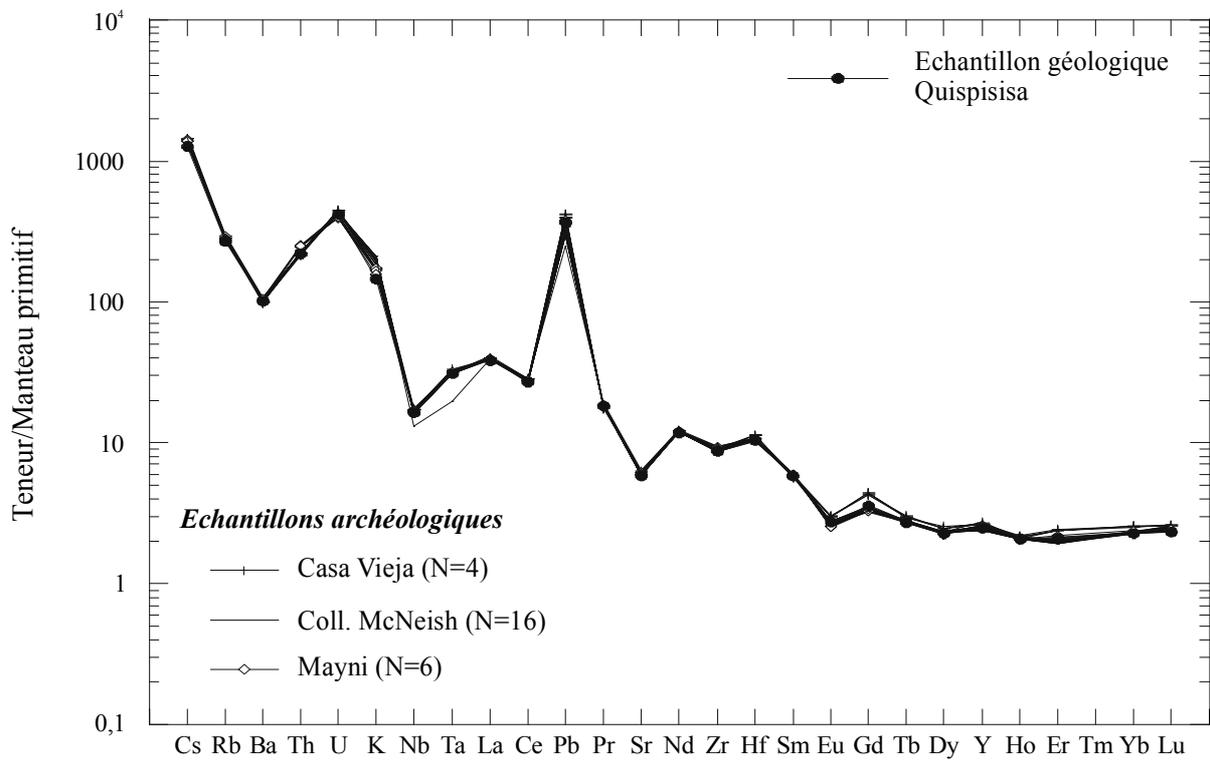


Figure II.53 - Diagramme de teneurs normalisées pour 26 échantillons archéologiques péruviens et un échantillon de la source de Quispisisa.

Teneurs (ppm)	Echantillons archéologiques, n=22		Echantillons Casa Vieja, n=4		Echantillon géologique, Quispisisa
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	
Gd	1,968	0,049	2,538	0,039	2,113
Dy	1,661	0,021	1,797	0,023	1,666
Er	0,943	0,039	1,124	0,007	1,008
Yb	1,117	0,017	1,220	0,010	1,122

Tableau II.25 – Comparaison des teneurs en quatre terres rares entre les échantillons du groupe géochimique Quispisisa et les échantillons de Casa Vieja.

Ces différences d'abondances ne remettent toutefois pas en cause l'attribution des artefacts de Casa Vieja à la source de Quispisisa.

Un second groupe géochimique est constitué par trois artefacts de la collection McNeish, car 05, car 33 et car 34. Ils présentent de fortes affinités avec l'échantillon géologique « tipo Ayacucho » (fig. II.54). On remarque quelques écarts de teneurs pour Ba, K et Sr entre les pièces archéologiques et l'échantillon géologique. Cependant, les abondances pour les éléments les plus discriminants, les terres rares en particulier, de cette source demeurent très proches de celles des artefacts.

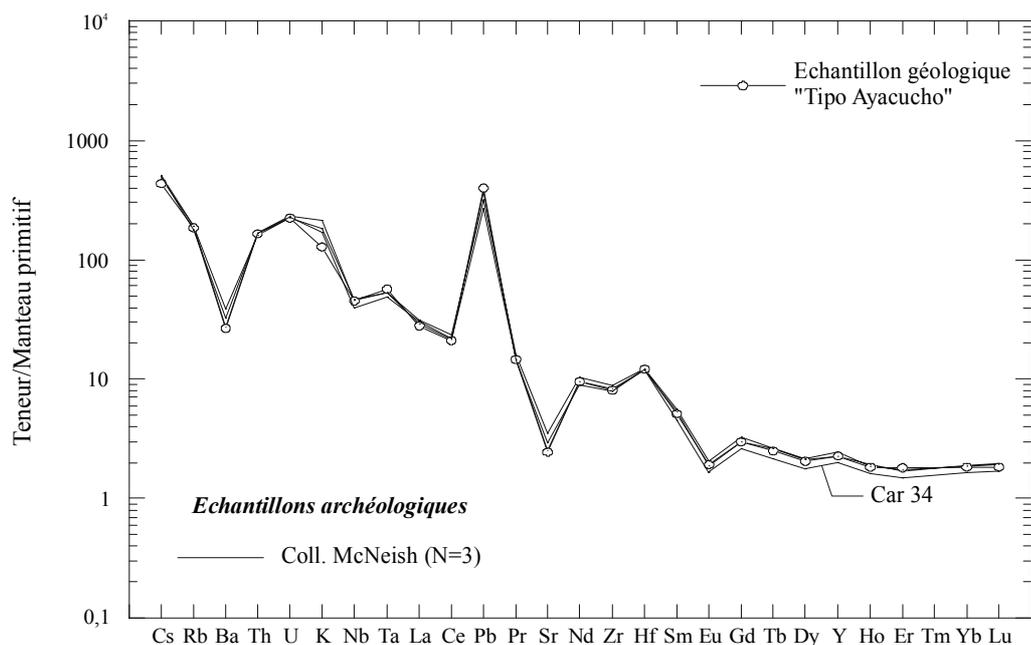


Figure II.54 - Diagramme de teneurs normalisées pour trois échantillons archéologiques péruviens et un échantillon géologique "tipo Ayacucho".

L'échantillon car 34 (fig. II.54) montre un net appauvrissement en terres rares de Gd à Lu. Sa comparaison avec les données de l'échantillon « tipo Ayacucho » a montré un coefficient de variation atteignant au maximum 15,3 %, dans le cas de Er. Des analyses complémentaires seront nécessaires pour cerner le degré d'hétérogénéité de la source « tipo Ayacucho » et savoir si les résultats obtenus pour car 34 sont effectivement le reflet de la variabilité chimique intra-source.

II.C.3.- Interprétation des données

L'obsidienne de Quispisisa – Elle apparaît être celle qui a été la plus largement distribuée au Pérou. A travers les artefacts analysés par divers laboratoires jusqu'à aujourd'hui, elle constitue plus de 90 % de l'obsidienne des sites du Centre et du Nord du Pérou. Nos résultats concordent avec ces observations.

La situation géographique de cette source, desservie par plusieurs vallées, communicant avec la bande côtière

sud ainsi que vers le nord, contribue à sa large diffusion (Burger et Asaro, 1977).

La source fut exploitée dès le Précéramique. La diffusion de l'obsidienne à cette époque précoce constitue les plus anciennes preuves de circulation et d'échanges interrégionaux.

L'obsidienne de type Ayacucho – Au départ, ce type a été défini à partir d'artefacts taillés dans ce matériau, trouvés dans les sites précéramiques de la province d'Ayacucho. L'utilisation de cette obsidienne est attestée depuis des époques remontant à 3000 av. J.-C. Elle est rencontrée sur des sites où l'obsidienne de Quispisisa est également utilisée. Nos données s'inscrivent dans ce schéma.

Afin de percevoir les implications archéologiques sur la circulation de l'obsidienne des résultats obtenus par les analyses géochimiques, un travail de localisation des sources péruviennes doit être poursuivi. Alors que la situation géographique de la source de Quispisisa a été récemment déterminée, celle ayant fourni l'obsidienne tipo Ayacucho demeure encore inconnue.

II.C.4.- Conclusion sur le Pérou

Les problèmes d'hétérogénéité des sources se posent plus ouvertement pour l'obsidienne du Pérou que pour celle du Proche-Orient. Les données obtenues sur les sources se sont révélées suffisantes pour déterminer l'origine de l'ensemble des artefacts analysés. Des mesures supplémentaires sont toutefois souhaitables pour appréhender la variabilité de composition des sources auxquelles ont été attribués les artefacts.

II.D.- Conclusion des études de provenance sur l'obsidienne

La méthode d'analyse par ICP-MS/-AES a permis de déterminer 100 % des provenances dans le cadre des trois exemples étudiés, Çatal Höyük, Tell Kurdu et les sites péruviens. Toutefois, pour les gisements turcs, certaines provenances soulèvent quelques questions et demandent à être traitées de façon plus approfondie afin de mieux discuter des implications archéologiques. Il s'agit particulièrement des possibilités de distinction entre les affleurements de Kayirli d'une part et de Komürcü d'autre part qui constituent, par leur composition, le groupe du Göllü Dag-Est. De nouveaux éléments, dans le but de préciser les attributions, peuvent être apportés par des analyses complémentaires relatives à la datation des pièces.

En ce qui concerne les possibilités de caractérisation des sites péruviens, ce sont les questions d'hétérogénéité relative des affleurements qui demandent à être approfondies. La solution sera apportée par l'analyse d'un nombre suffisant (compris entre 15 et 20) d'échantillons pour chaque source.

CONCLUSION

I.- COMPARAISON DE DEUX MATERIAUX

A travers l'analyse géochimique d'échantillons géologiques de silex d'une part et d'obsidiennes d'autre part, des propositions sur la provenance d'artefacts ont pu être faites avec cependant des succès variés selon le matériau considéré.

Il convient d'examiner les facteurs qui limitent les possibilités de caractérisation géochimique du silex en le comparant à l'obsidienne pour mieux comprendre

dans quel sens il faut orienter les recherches sur la caractérisation du silex.

L'approche méthodologique que nous avons adoptée pour le silex, l'analyse des éléments traces par ICP-MS pouvant être combinée à la caractérisation par ICP-AES, ne peut pas être remise en cause à l'examen des résultats obtenues pour l'obsidienne. C'est au niveau du matériau lui-même qu'il faut chercher des causes de limitation à la caractérisation géochimique du silex.

La comparaison des résultats obtenus sur la source de la Grande-Rivoire, pour le silex, et sur le groupe compositionnel du Göllü Dag, pour l'obsidienne, (tabl. III.26) nous conduit à faire deux séries de remarques.

	<i>Silex</i>				<i>Obsidienne</i>	
	Source de la Grande Rivoire				Groupe compositionnel	
	Type 1, n=7		Type 2, n=8		Göllü Dag Est, n=8	
	moyenne	% v.c.	moyenne	% v.c.	moyenne	% v.c.
Eléments traces (ppm)						
Co	0,26	19	0,90	19	0,18	6
Rb	0,95	27	2,48	13	179,92	2
Sr	13,61	35	194,49	42	12,65	7
Y	2,35	10	4,73	9	22,58	2
Zr	1,51	17	2,59	28	77,19	2
Nb	0,16	17	0,42	94	24,22	4
Ba	4,18	54	6,59	44	163,08	7
Pb	0,72	30	1,64	40	21,89	2
Th	0,11	10	0,21	16	20,36	3
U	2,38	43	18,18	52	7,89	1
Terres rares (ppm)						
La	1,40	11	3,00	12	22,26	3
Ce	1,22	9	2,45	14	43,26	3
Pr	0,30	8	0,60	13	4,31	2
Nd	1,23	7	2,36	13	13,08	3
Sm	0,23	7	0,44	13	2,63	3
Eu	0,05	7	0,10	12	0,15	4
Gd	0,24	7	0,46	10	2,61	1
Tb	0,04	7	0,07	10	0,49	1
Dy	0,23	8	0,46	10	2,98	1
Ho	0,05	9	0,10	10	0,65	2
Er	0,13	9	0,28	10	1,97	2
Yb	0,10	8	0,21	11	2,17	1
Lu	0,01	8	0,03	11	0,34	2

Tableau II.26 – Comparaison entre la composition de la source de la Grande-Rivoire pour ses deux types et celle du groupe compositionnel du Göllü Dag Est (échantillons archéologiques de Çatal Höyük), pour un nombre équivalent d'échantillons.

La première concerne le niveau de teneur des deux matériaux. En effet, les obsidiennes présentent des teneurs supérieures à celles du silex, atteignant parfois un facteur 100. Seuls Sr et U présentent des teneurs du même ordre de grandeur ou équivalentes. Or la source

de la Grande-Rivoire présente des concentrations élémentaires globalement plus élevées que la moyenne des silex sénoniens analysés. Pour ces teneurs basses, la précision des appareils risque d'être moins satisfaisante qu'elle ne l'est pour l'analyse de l'obsidienne. Le silex apparaît ainsi comme une roche relativement pure,

composée à plus de 99 % de Si, comme le montrent la plupart des échantillons sur lesquels ont été effectuées les mesures en ICP-AES.

La seconde série de remarques se rapporte à la variabilité chimique à l'intérieur d'un groupe compositionnel donné. L'obsidienne montre une dispersion des teneurs toujours inférieure à 10 % et fréquemment en-dessous de 3 % pour les terres rares, alors que la source de la Grande Rivoire, pour ses deux types, présente une variabilité plus prononcée avec un maximum de 94 % pour le Nb du type 2. Etant donnée la spécificité de la composition de la Grande-Rivoire, par rapport aux autres sources de silex sénonien, cette hétérogénéité relative n'a pas empêché les attributions de provenance. Par contre, elle constitue un frein à la caractérisation fine d'autres affleurements de silex. Cette hétérogénéité est sans doute en partie due à la distribution aléatoire dans le silex de minéraux de nature variée.

Ainsi, le silex et l'obsidienne présentent des propriétés chimiques nettement différentes. Le verre volcanique est un matériau privilégié pour la caractérisation géochimique dans le cadre des études de provenance. Les caractéristiques chimiques du silex font qu'il se prête moins bien à la systématisation de ce mode d'analyse. Les résultats que nous avons obtenus avec la caractérisation géochimique du silex sont plus ponctuels et concernent essentiellement la mise en évidence d'un silex marqueur, celui de la Grande-Rivoire et la possibilité de différencier quantitativement les silex sénoniens des massifs préalpins de ceux du Bugey.

Ainsi la distinction de groupes compositionnels pour le silex s'opère à différentes échelles : au niveau de la source dans des cas exceptionnels et à l'échelle des massifs.

Pour poursuivre le parallèle entre silex et obsidienne, il faut garder à l'esprit que le travail de caractérisation et de détermination de provenance n'est pas mené à la même échelle non plus pour ces deux matériaux. Compte tenu de l'ubiquité du silex, le travail de recherche d'origine du matériau se fait à l'échelle locale ou voisine (moins de 20 km) pour une grande partie du matériel archéologique. Pour l'obsidienne, aux sources relativement bien circonscrites et bien individualisées, distribuées sur des distances de l'ordre de plusieurs centaines de km, l'origine des matériaux est « régionale » (plus de 100 km). Ainsi, la caractérisation géochimique du silex a une portée informative limitée en raison de l'échelle sur laquelle nous sommes contraints de travailler.

II.- PERSPECTIVES

Les résultats acquis orientent les développements futurs vers la recherche de silex marqueurs, à la signature géochimique spécifique, et affleurant dans des limites bien définies. La multiplication des analyses apparaît donc nécessaire et permettra d'améliorer notre compréhension de la variabilité compositionnelle du silex.

Du point de vue de l'analyse d'artefacts, nous envisageons de nous servir de la géochimie pour valider certaines propositions de provenance faites d'après les critères macroscopiques ou pétrographiques comme dans le cas d'origine allochtone, extérieures aux massifs préalpins. L'éloignement géographique des sources augmente les possibilités de discrimination géochimique des silex de même étage géologique. La distinction des matériaux siliceux de Chartreuse et du Vercors de ceux du Bugey apparaît particulièrement intéressante dans la perspective de matérialiser de manière plus systématique, à travers la circulation du silex, les relations existant par le passé entre ces entités géographiques.

A l'image de ce qui a été entrepris pour l'obsidienne (Poidevin, 1998), des collaborations doivent être établies entre les quelques laboratoires qui mènent actuellement des recherches sur la caractérisation du silex. La confrontation des données analytiques permettrait de mieux cerner la variabilité chimique du silex à une grande échelle et d'établir, éventuellement, une zonation de des caractères géochimiques géographiquement, en fonction des régions, et/ou géologiquement, selon les étages.

Le recours à des méthodes complémentaires de caractérisation constitue un autre prolongement possible au présent travail. Des recherches récentes sur les propriétés de cathodoluminescence et de thermoluminescence du silex (Akridge et Benoit, 2001) ont montré qu'elles pouvaient constituer un moyen de caractérisation complémentaire aux méthodes traditionnelles. Ce type d'analyse pourrait être appliqué de manière exploratoire aux silex régionaux afin de multiplier les critères de caractérisation pour un matériau donné.

PARTIE III



Le Pas de l'Aiguille, cliché AVDPA

Etudes de sites mésolithiques et néolithiques des Alpes françaises du Nord

En préalable à la présentation des sites ayant fait l'objet de travaux sur les matières premières, un premier chapitre expose le contexte archéologique régional en mettant l'accent sur la nature des influences extérieures perçues à travers le mobilier archéologique. Un bilan des travaux antérieurs réalisés sur l'origine des silex composant les séries régionales est dressé dans un second chapitre. Le troisième et dernier chapitre débute avec la présentation de la démarche méthodologique adoptée pour l'étude des séries. Il se poursuit par l'exposé des résultats de nos recherches menées par des moyens classiques de caractérisation sur plusieurs sites des Alpes du Nord.

CHAPITRE 1 : *Le Mésolithique et le Néolithique des Alpes françaises du Nord*

I.- INTRODUCTION

Le milieu alpin doit être considéré comme un cadre géographique particulier qui a influencé les déplacements humains et les modalités d'exploitation de l'environnement en raison de ses caractères topographiques, climatiques et écologiques. Plus qu'ailleurs, l'impact de ce facteur géographique est propre à induire des particularismes qui ont été perçus à travers l'étude des industries lithiques alpines. Les découvertes et les fouilles de sites stratifiés régionaux menées ces trois dernières décennies nous ont apporté une bonne perception des cultures qui se sont développées dans les Alpes du Nord entre la fin de l'Épipaléolithique et le Néolithique final.

Le cadre chronologique que nous avons considéré dans ce travail, le Mésolithique et le Néolithique, représente une période de transition à double titre. En premier lieu, le Mésolithique fait office de culture charnière entre le Paléolithique et le Néolithique. En second lieu, considérer les séries lithiques du Mésolithique et du Néolithique nous permet d'étudier l'expression à travers les matières premières de la mutation socio-économique représentée par le passage d'une société de chasseurs-cueilleurs à un monde agropastoral.

Nous proposons dans les paragraphes suivants de présenter les critères de caractérisation du Mésolithique et du Néolithique nord-alpin afin d'introduire et de dégager les spécificités du cadre chrono-culturel de notre étude. C'est essentiellement à partir de l'analyse d'objets à forte charge identitaire et culturelle comme les armatures de flèche et le mobilier céramique pour les périodes plus récentes que l'évolution du Mésolithique et du Néolithique a été abordée pour les sites préalpins et que les caractéristiques des faciès régionaux ont été identifiées. Différents courants d'influences extérieures ont été décelés selon les séries. Ces sphères d'influences se rapportent aux grands ensembles culturels décrits par différents auteurs pour le Mésolithique (Thévenin, 1990, 1998 ; Valdeyron, 1994 ; Barbaza *et al.*, 1999) et pour le Néolithique (Binder, 1987 ; Vaquer, 1990 ; Collectif, 1995).

Les données chronologiques sur les occupations humaines entre Mésolithique et Néolithique (fig. III.1) ont été corrélées aux données environnementales obtenues par des analyses palynologiques, anthracologiques, faunistiques et sédimentologiques.

II.- LE MESOLITHIQUE ANCIEN

Il se place à la deuxième moitié du Pré-Boréal (9500-9000 B.P., Bintz, 1991).

Les sites de La Fru, Jean-Pierre 1 à Saint-Thibaud-de-Couz ainsi que celui récemment découvert aux Balmettes à Saint-Aupre illustrent cette phase du

Mésolithique en Chartreuse. Celle-ci a également été individualisée dans le Vercors à l'abri du Pas-de-la-Charmate et à Balme-Rousse (fig. III.2).

D'une manière globale, la composante épipaléolithique demeure très présente dans les séries du Mésolithique ancien (pointes à dos courbe, grattoirs courts, débitage lamellaire régulier) et s'accompagne de caractères plus proprement mésolithiques, à savoir, les grands segments, les triangles isocèles et la technique du microburin.

II.A.- La Chartreuse

Dans ce massif, une mésolithisation dès la fin du Dryas III, est observée à travers le niveau 4c de l'aire III de la Fru (Pion, 1994), daté de 10240±310 B.P. Ce Mésolithique ancien, également représenté par les couches 4b et 4a de la même aire, est caractérisé par des lamelles à dos, une faible représentation des grattoirs et des pointes aziliennes, des triangles isocèles grands, quelques scalènes courts et larges, des pointes à base retouchée et un faible nombre de segments (Bintz, 1999a ; Thévenin, 2000). D'après les recherches de Thévenin (2000), cet ensemble original trouve des points de comparaison avec l'abri de Saint-Mitre à Reillanne (Alpes-de-Haute-Provence) (Valdeyron, 1994) et le site de La Duchère à Vaise (Rhône) (Bertran *et al.*, 1998).

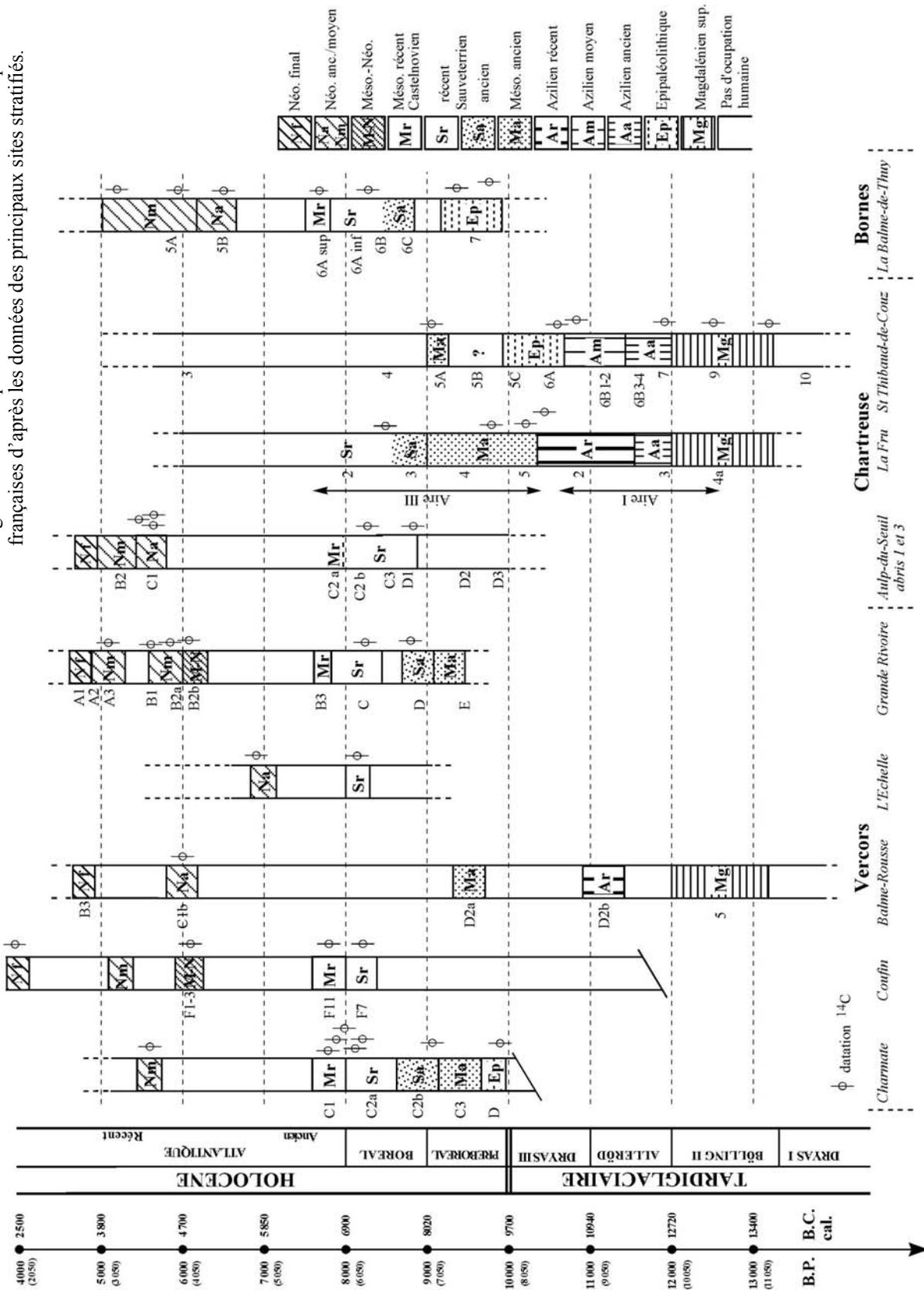
Un assemblage issu de l'US 6 du sondage F5 des Balmettes (Monin et Pelletier, 2000) a été attribué au Mésolithique ancien. L'industrie lithique est caractérisée par des lamelles et des pointes à bord abattu, des triangles scalènes larges (courts) accompagnés de nombreux microburins.

II.B.- Le Vercors

Le Mésolithique débute dans ce massif au milieu du Pré-Boréal.

Une plus forte influence méridionale a été identifiée pour ce massif (Bintz *et al.*, 1995). Au sein de la séquence stratigraphique de l'abri du Pas-de-la-Charmate, un niveau épipaléolithique (couche D, daté dans sa partie supérieure à 9890±140 B.P., Ly-4203) est surmonté du niveau C3 non daté. Ce dernier niveau, au matériel lithique pauvre, a livré des armatures correspondant à des micro-pointes à dos courbe, deux segments dont un grand, trois triangles isocèles et une pointe à base retouchée (Bintz, 1999a ; Thévenin, 2000). L'utilisation de la technique du microburin est attestée dès ce niveau (Bintz, 1999a).

Figure III.1 – Séquences chronoculturelles dans les Alpes du Nord françaises d'après les données des principaux sites stratifiés.



II.C.- Conclusion

Le Mésolithique ancien régional montre les caractères d'une phase de transition où les éléments épipaléolithiques sont encore bien représentés. Les sites du Vercors semblent plutôt ouverts aux influences méridionales tandis que le matériel lithique de ceux de Chartreuse présente plus d'affinités avec les complexes mésolithiques des régions septentrionales.

III.- LE MESOLITHIQUE MOYEN

Les phases d'occupation attribuées au Mésolithique moyen correspondent au Boréal (9000-8000 B.P.). Il se distingue essentiellement de la phase antérieure par l'abandon des composantes épipaléolithiques, une tendance à l'hypermicrolithisation, l'apparition de pointes sur lamelle étroite (pointes de Sauveterre) et la généralisation des microlithes géométriques.

Concernant cette phase culturelle, un nombre important de sites atteste d'une recolonisation de la montagne alpine après une période de déclin. Cette phase est subdivisée en un stade ancien et un stade évolué qui correspondent à la pénétration d'influences du Sauveterrien ancien puis de celles du Sauveterrien moyen montclusien. Ces deux stades sont perceptibles dans les gisements des Bornes (la Balme de Thuy) et du Vercors (Charmate) mais sont plus difficiles à identifier dans les sites de Chartreuse, à l'exception de la Fru.

Dans les Bornes, la Balme-de-Thuy présente trois niveaux d'occupation rapportés au Mésolithique moyen. En Chartreuse, cette phase est illustrée par les sites de la Fru, de l'Aulp du Seuil et des Balmettes. En ce qui concerne le Vercors, les sites de la Grande Rivoire, du Pas-de-l'Echelle, de Coufin 1 et 2 et de Charmate documentent le Mésolithique moyen (fig. III.2). C'est à cette période que la fréquentation des Hauts-Plateaux du Vercors et les implantations en sites d'altitude débutent avec notamment les exemples du Pas de l'Aiguille (Bintz, 1993) et de Pré Peyret (Picavet et Bernard-Guelle, 1999).

Cette phase correspond à une forte expansion humaine qui est en accord avec ce que nous connaissons sur le phénomène d'expansion territoriale qui caractérise en Europe les groupes à la recherche de territoires nouveaux.

III.A.- Les Bornes

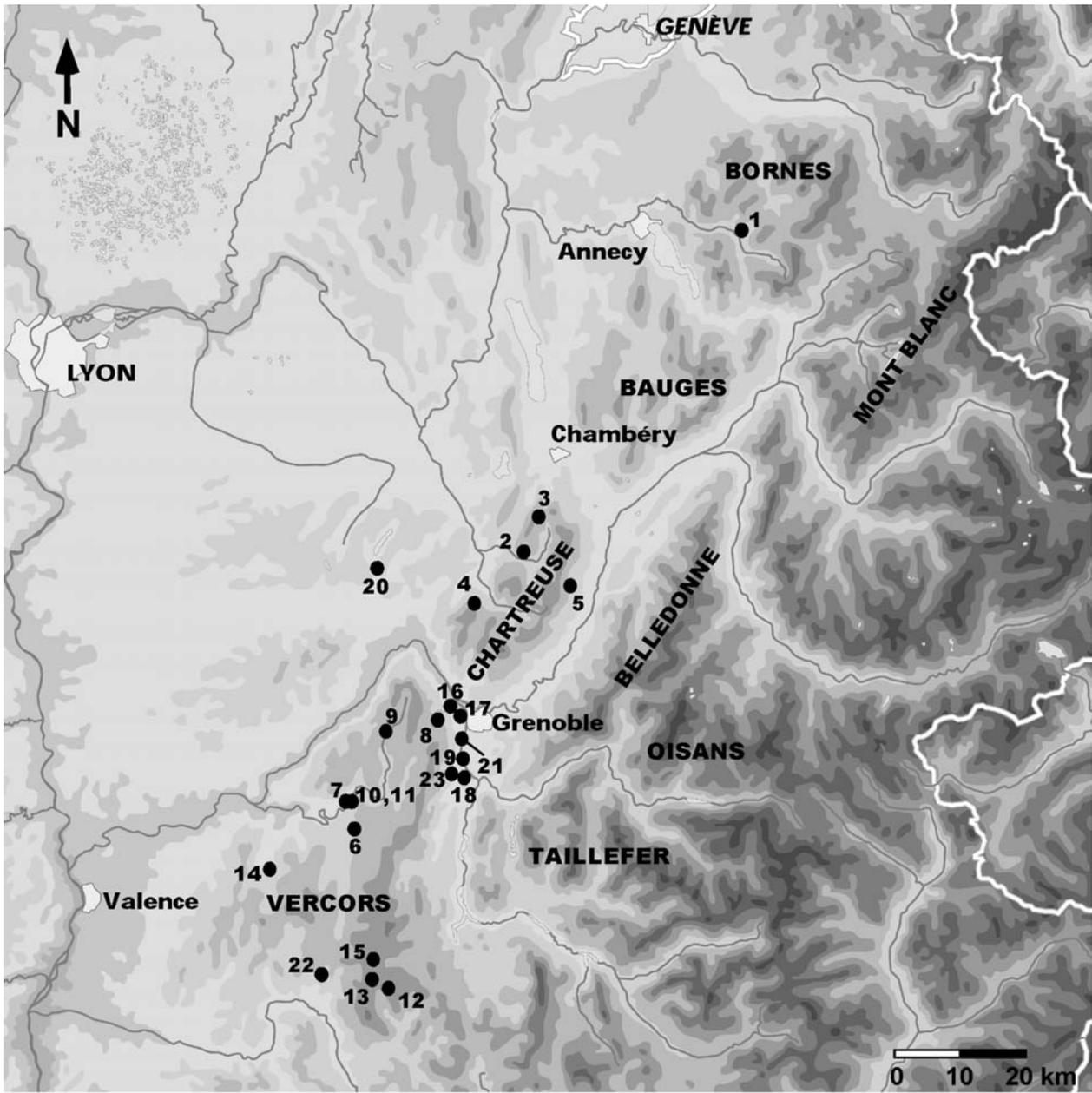
A la Balme-de-Thuy, les couches 6A, 6B et 6C se rapportent à une même phase culturelle calée chronologiquement par une datation de 8170 \pm 160 B.P., Ly-1936 (couche 6A inf.). Contrairement à ce qui est observé sur les autres sites préalpains, les outils du fond commun très élaborés dominant l'industrie (30,7 % de grattoirs, éclats retouchés, encoches et troncatures diverses). Les formes scalènes, prédominantes parmi les

armatures, s'apparentent en majorité à des lamelles scalènes aux formes effilées et assez allongées, avec un troisième côté très fréquemment retouché, qui les rapprochent des triangles de Montclus. Les niveaux comportent également quelques rares pointes de Sauveterre ainsi qu'un isocèle, un scalène court, des fragments de lamelles à dos et quelques pointes triangulaires comparables à celles de Culoz (Bugey). L'industrie de la Balme-de-Thuy associe, malgré un microlithisme et une géométrisation faibles, des influences du Sauveterrien moyen montclusien et des caractères propres qui sont sans doute à relier au contexte environnemental particulier dans lequel s'inscrit le site (faible disponibilité en matières premières de qualité, éloignement des grands axes de circulation) et/ou à des activités spécifiques (pêche, chasse, travail du bois de cerf, etc.) (Bintz, 1999a).

III.B.- La Chartreuse

Les sites du massif de Chartreuse présentent des particularités qui les distinguent du site des Bornes et de ceux du Vercors que nous aborderons ci-dessous. Celui de la Fru, a livré une série du Mésolithique moyen issue des fouilles des niveaux 3 et 2 de l'aire III. Une datation situe le niveau 2 à 8580 \pm 200 B.P., Ly-2913. Par comparaison avec la série du Mésolithique ancien présentée quelques paragraphes plus haut, une diminution des isocèles et des simples scalènes est remarquée tandis que la proportion de scalènes allongés associés aux pointes de Sauveterre augmente. La technique du microburin est absente, les triangles étant obtenus par cassure réalisée par simple flexion.

La séquence d'occupation de l'abri n°1 de l'Aulp du Seuil débute avec le Mésolithique moyen. Il est représenté dans les couches D1, C3 et C2. La base de ce niveau a fourni une date de 8740 \pm 60 B.P., GrA-10185. Sur un total dépassant 6000 artefacts lithiques, l'outillage compte 498 pièces dont 356 identifiées comme des armatures. Ces dernières sont dans l'ensemble caractérisées par une faible géométrisation, conséquence de contours peu réguliers, et un aménagement direct sur lamelles (lamelles scalènes). Elles sont dominées par les « triangles » scalènes aux formes souvent courtes. Une retouche sur les trois côtés les rapprochent des triangles de Montclus. Les pointes de Sauveterre sont bien représentées de même que les lamelles à bords abattus. Le groupe du fond commun est composé de lamelles retouchées, de lamelles à encoches et de rares grattoirs. L'ensemble des caractéristiques énoncées pour l'outillage ainsi que les datations obtenues ont conduit à qualifier les niveaux D1, C3 et C2 de « Mésolithique moyen de type sauveterrien ancien évolué mais atypique » (Bintz, 1999a). En outre, une étude typo-technologique des produits bruts de débitage (Pelletier, 1998) avait mis en exergue le caractère fruste du débitage, obtenu par percussion directe à la pierre et orienté vers la production lamellaire.



● Localisation des sites archéologiques

Figure III.2 – Localisation des principaux sites mésolithiques et néolithiques des Alpes du Nord françaises.

N°/ carte	Site	Nature du site	Phase(s) chrono-culturelle(s) représentée(s)
Bornes			
1	La Vieille Eglise, la Balme-de-Thuy	Abri sous roche	Mm, Na, Nm
Chartreuse			
2	La Fru, St-Christophe	Abri sous roche	Ma, Mm
3	Jean-Pierre 1, Saint-Thibaud-de-Couz	Grotte	Ma, Nf
4	Balmettes, Saint-Aupre	Abri sous roche	Ma, Mm
5	Abri n°1, Aulp du Seuil, St-Bernard-du-Touvet	Abri sous bloc	Mm, Mr, Na, Nm, Nf
Vercors			
6	Pas de la Charmate, Châtelus	Abri sous roche	Ma, Mm, Mr, Nm
7	Balme Rousse, Choranche	Grotte	Ma, Na, Nm, Nf
8	la Grande-Rivoire, Sassenage	Abri sous roche	Mm, Mr, Na, Nm, Nf
9	Pas de l'Echelle, Rovon	Abri sous roche	Mm, Na
10	Coufin 1, Choranche	Abri sous roche	Mm, transition Mr-Na
11	Coufin 2, Choranche	Abri sous roche	Mm, Mr, Nm, Nf
12	Pas de l'Aiguille, Chichilianne	Plein air	Mm, Mr
13	Pré-Peyret, Gresse-en-Vercors	Plein air	Mm
14	Bouvante	Plein air	Mm, Mr, transition Mr-Na, Na, Nm
15	Fontaine de la Baume, Saint-Agnan-en-Vercors	Plein air	Mr
16	Barne-Bigou, Fontaine	Abri sous roche	Nm
17	Balme de Glos, Fontaine	Grotte	Nm
18	St-Loup, Vif	Plein air	Nm
19	Sépulture de Comboire, Claix	Grotte	Nm, Nr
20	Les Baigneurs, Charavines	Lacustre	Nf
21	Grotte des Sarrasins, Seyssinet-Pariset	Grotte	Nf
22	Vassieux-en-Vercors	Plein air	M, Na, Nf
23	Sépulture d'Uriol, Saint-Paul-de-Varces	Grotte et blocs aménagés	Nf

M : Mésolithique ; N : Néolithique ; a : ancien, m : moyen, r : récent, f : final ;

Aux Balmettes, les caractères typologiques des armatures ont permis de rapporter la série livrée en K5 (Monin et Pelletier, 2000) à du Mésolithique moyen par comparaison avec les séries de sites stratifiés. Les armatures, hypermicrolithiques, correspondent à des fragments de pointes à bords abattus et à des armatures scalènes élançées. Les microburins et les triangles isocèles sont peu représentés.

Ainsi, on peut noter que la faible utilisation de la technique du microburin, à l'Aulp du Seuil et aux Balmettes, ou sa quasi absence, à la Fru, constitue un trait caractéristique des sites de Chartreuse où les supports lamellaires apparaissent plus fréquemment cassés par flexion. Une autre spécificité est la faible géométrisation des armatures qui correspondent le plus souvent à des lamelles scalènes, à l'image de ce qui a été décrit pour les Bornes. Ces caractères évoquent plutôt des influences septentrionales mais le contexte montagnard pourrait être à l'origine de ces particularismes.

III.C.- Le Vercors

A Coufin 1, l'hypermicrolithisation observée à travers les armatures de la couche F7 s'accorde avec la datation (8200±140 B.P., Ly-2106) rapportée au Mésolithique moyen régional. D'un point de vue typologique, les pièces scalènes sont les seules représentées parmi les armatures. Une pièce paraît assimilable à un triangle de Montclus. L'outillage commun est composé de lamelles à encoches et de lamelles retouchées. L'attribution à un Mésolithique moyen de type sauveterroïde a été avancée (Bintz, 1999a).

Au Pas-de-la-Charmate, la couche C2 est subdivisée en deux horizons, C2b et C2a, qui montrent une certaine homogénéité du point de vue de la typologie du matériel lithique livré. Ces ensembles, d'après les caractères de armatures que nous présentons ci-après, ont été rattachés à un Mésolithique moyen. La couche C2b, datée de 9100±250 B.P. à la base et de 8240±100 B.P., est marquée par une forte hypermicrolithisation. On y trouve une large proportion de segments petits, de petits isocèles mais également des triangles scalènes et une pointe de Sauveterre. Ces armatures se caractérisent par la perfection et la régularité des retouches. La couche C2a du Pas-de-la-Charmate, a fait l'objet d'une datation (8100±100, Ly-5662). Une production de lamelles courtes et peu régulières caractérise l'industrie lithique de cette couche. Le fond commun est peu représenté. Les armatures, obtenues par la technique du microburin et dominées par les scalènes, sont remarquables par la perfection et la régularité des retouches. La couche C2a se distingue par l'apparition de grandes pointes de Sauveterre, monopointes ou bipointes, très effilées et régulières. Elles sont associées à quelques lamelles à

deux bords abattus et tronquées (de type Montclus) (Bintz *et al.*, 1995). Ainsi, les deux sous-unités stratigraphiques de C2 présentent deux phases évolutives relevant du Sauveterrien moyen classique avec cependant quelques particularités.

La séquence de la Grande Rivoire débute par les couches D et C qui correspondent à du Mésolithique moyen. Les datations obtenues sont 8740±110 B.P., Ly-5434 pour le niveau D et 8280±80 B.P., Ly-5433 pour le niveau C. L'industrie comprend de grands scalènes, une pointe de Sauveterre, deux à trois lamelles à trois côtés retouchés (triangles de Montclus), deux isocèles et un segment de petite taille. A ce matériel sont associés dans la couche D deux pointes à dos courbe et une lamelle à bord abattu et à base retouchée se référant à un Mésolithique plus ancien (Bintz *et al.*, 1995).

La qualité du débitage recueilli dans les sites du Vercors apparaît nettement supérieure à celle des séries de Chartreuse. Fortement implanté dans les Alpes du Nord, le Mésolithique moyen porte plus nettement la marque d'influences sauveterriennes, en particulier pour les sites du Sud Vercors, ouverts aux influences méridionales remontant le couloir rhodanien.

IV.- LE MESOLITHIQUE RECENT

Il débute à l'Atlantique (8000-6500 BP), au moment de l'optimum climatique, et apparaît en filiation directe avec le Mésolithique moyen sauveterromontclusien (Bintz *et al.*, 1995). Il est caractérisé par des armatures trapézoïdales à tronçatures obliques directes, symétriques ou asymétriques, accompagnées par des lames ou lamelles à encoches multiples de type Montbani et par quelques scalènes. Le débitage est nettement plus laminaire (Bintz *et al.*, 1995). Les sites stratifiés présentant des niveaux se rapportant à cette phase culturelle sont l'Aulp du Seuil pour la Chartreuse et le Pas-de-la Charmate, la Grande Rivoire, Coufin 2 dans le Vercors (fig. III.2). Les sites de plein air d'altitude du Pas de l'Aiguille (Bintz, 1991) et de Fontaine de la Baume (Picavet et Bernard-Guelle, 1999) ou de bordure du massif comme Bouvante (Bintz, 1991 ; Pelegrin et Riche, 1999) se rapportent également au Mésolithique récent.

IV.A.- La Chartreuse

L'abri n°1 de l'Aulp du Seuil a livré à la base de l'US C1 une industrie lithique rapportée à un Mésolithique récent (Pelletier *et al.*, 2000). L'ensemble est composé d'armatures microlithiques, de géométriques à tronçatures obliques dissymétriques et isocèles et de lames et lamelles à retouches latérales denticulées de type Montbani.

IV.B.- Le Vercors

Le Mésolithique récent a été identifié dans ce massif par le matériel de la couche F11 de Coufin 2 et a bénéficié d'une datation à 7810+/-140 B.P., Ly-3648.

Au Pas-de-la Charmate, la base de la couche C1 est datée de 7950+/-100 B.P., Ly-4380. Le réexamen récent d'une partie du matériel de ce niveau a mis en évidence d'un point de vue technologique l'existence d'une chaîne opératoire orientée vers une production laminaire et lamellaire avec des produits de morphologie régulière (Bevilaqua dans Bintz, 2001). La composition typologique de la série montre une diminution des pointes de Sauveterre, la disparition des triangles et des pointes triangulaires et l'augmentation de lamelles à un ou deux bords abattus parfois tronquées. Elle associe des trapèzes, de rares outils sur éclat et de plus nombreux outils sur lamelles (à coches uniques ou multiples, retouchées ou tronquées). De nombreuses lames portant des retouches ou coches latérales, parfois décalées sont également présentes. Les caractères typo-technologiques de l'industrie lithique de cette couche l'ont rapprochée d'une phase initiale du Castelnovien (Bevilaqua dans Bintz, 2001).

Du point de vue typologique, l'attribution de la couche B3a de la Grande Rivoire au Mésolithique récent castelnovien repose sur la présence d'un trapèze symétrique à troncature directe, de scalènes et d'un fragment de lame Montbani à encoches multiples.

Ainsi, les ensembles du Mésolithique récent apparaissent fortement influencés par la mouvance méditerranéenne, quel que soit le massif considéré.

V.- LA TRANSITION ENTRE LE MESOLITHIQUE ET LE NEOLITHIQUE ANCIEN

Elle demeure encore insuffisamment documentée. Les fouilles récentes ont permis d'identifier dans le domaine alpin un Mésolithique final, se référant à un Castelnovien évolué et anciennement qualifié d'épicastelnovien, par la présence de géométriques évoluées (triangles ou trapèzes) à troncatures obliques. Il a été reconnu et daté dans deux sites stratifiés du Vercors :

- à la Grande Rivoire (6095+/-80 B.P., Ly-5185 et 6095+/-150 B.P., Ly-5099), par la série de la couche B2b comportant des pièces géométriques à troncature(s) inverse(s) et retouches rasantes directes ou inverses ainsi qu'un trapèze asymétrique et diverses troncatures sur lamelles (Picavet, 1999).

- à Coufin 1 dans les niveaux F1 à 3 (6230+/-240 B.P., Ly-1730).

Ces datations ainsi que les données anthracologiques et palynologiques font correspondre

ce Mésolithique final avec la transition Atlantique ancien-Atlantique récent (6500-6000 B.P.) (Bintz *et al.*, 1995).

Cette phase de transition est également représentée, en Vercors, par quelques sites de plein-air : Bouvante et plusieurs gisements des Hauts-Plateaux. En Chartreuse, seuls quelques indices laissent entrevoir son existence mais elle est absente du massif des Bornes.

VI.- LE NEOLITHIQUE ANCIEN

Il est daté de la deuxième moitié de l'Atlantique récent.

Dans les Bornes, la Balme-de-Thuy présente des occupations relatives à cette période. Elle est également représentée par l'abri Alp1 de l'Aulp du Seuil en Chartreuse et dans le Vercors par les sites de la Grande Rivoire, du Pas-de-l'Echelle et de Balme-Rousse. Dans ces différents sites, l'industrie lithique et céramique (à noter l'absence de cette composante dans certains sites) est rapportée à un Néolithique ancien pouvant présenter des affinités cardiales. Elle peut être associée ou pas à des indices d'élevage et/ou d'agriculture.

L'industrie lithique est caractérisée par une production laminaire plutôt régulière et par des armatures géométriques à bitroncatures et à retouches rasantes. Sur les céramiques, les décors les plus typiques sont réalisés à la coquille ou au cordon lisse, traduisant deux phases évolutives successives.

VI.A.- Les Bornes

Les datations de la couche 5B du site de la Vieille Eglise à la Balme-de-Thuy la place entre 6500+/-230 B.P., Ly-1935 et 6255+/-100 B.P., CRG-539. Pour ce gisement, la question d'une éventuelle influence valaisanne reste ouverte (Bintz *et al.*, 1995). L'absence de céramique est à relever mais la domestication est attestée.

VI.B.- La Chartreuse

A l'Aulp du Seuil, le sommet de la couche C1 de Alp 1 a bénéficié de deux datations : 5490+/-45 B.P., Ly-8635, 5590+/-115 B.P., Ly-7092. Une troisième date, 5675+/-120 B.P., Ly-7096, se rapporte au niveau de transition C2/C3 de l'abri Alp 3.

Cet horizon présente des armatures géométriques à troncatures inverses et à retouches directes rasantes et un géométrique à troncatures obliques isocèles de grande taille. Ces types d'armatures, caractéristiques d'un Néolithique ancien, ont été rapprochés de celles trouvées sur le site de la Grande Rivoire (cf. infra). La petite série céramique de C1 présente quelques tessons décorés par des impressions au poinçon figurant des lignes verticales parallèles (Beeching, 1999). Les comparaisons stylistiques n'ont pas établi de parallèles précis avec d'autres sites mais témoignent d'affinités avec le Cardial.

VI.C.- Le Vercors

La couche D4 sup. du Pas-de-l'Echelle (Rovon) a été datée de 6940 \pm 65 BP, Ly-7094 et a livré cinq flèches tranchantes qui ont notamment été rapprochées de celles de Coufin 1 (F2) et de la Grande Rivoire (Bintz, 1995). L'absence de céramique, d'indice de domestication et la date relativement ancienne de cet horizon culturel pourraient indiquer une néolithisation relativement précoce.

A Balme-Rousse, le Néolithique ancien de la couche C1b est daté de 6020 \pm 150 B.P., Ly-3043. Il est pratiquement contemporain du Mésolithique final du site voisin de Coufin 1. Il est caractérisé par un outillage commun assez massif et des armatures trapézoïdales à bi-troncatures de grande taille à retouches directes (Bintz et Grünwald, 1990).

La couche B2a de la Grande Rivoire (6095 \pm 80, Ly-5185) se rapporte à un Néolithique ancien pré-céramique où l'économie est encore tournée vers la chasse. Du bœuf domestique a toutefois été identifié. Une armature de type « pointe de Gazel » évoque probablement une filiation languedocienne (Bintz *et al.*, 1995).

Ainsi, le Néolithique ancien des sites préalpins renvoie au domaine méridional cardial et se particularise par une rareté en céramique. A travers l'activité principale qui semble demeurer la chasse, il n'apparaît pas en rupture brutale avec le Mésolithique.

VII- LE NEOLITHIQUE MOYEN EPICARDIAL ET LE CHASSEEN

Chronologiquement, cette phase a été rapportée à l'Atlantique récent. Il est connu dans les Bornes, avec le site de la Balme-de-Thuy, en Chartreuse à l'Aulp du Seuil et dans le Vercors où il est représenté par un plus grand nombre de sites : la Grande Rivoire, Coufin 2, le Pas-de-la Charmate et Balme Rousse principalement. Il a également été identifié en marge de ce dernier massif au Rocher de Saint Loup (Vif, Isère, 700 m), à Barne-Bigou et à la Balme de Glos (Fontaine, Isère, 240 m), ainsi qu'en contexte sépulcral, au Rocher de Comboire (Claix, Isère, 380 m).

VII.A.- Les niveaux de l'Epicardial

Sur le site de la Grande Rivoire, l'ensemble stratigraphique B1inf./B1b (5820 \pm 140 B.P., Ly-4447) a fourni des éléments rapportés à une phase ancienne du Néolithique moyen, épicaudal. Les éléments céramiques caractéristiques sont un bol hémisphérique portant sous le col un décor constitué de sillons verticaux soulignés par un sillon horizontal irrégulier ; des anses en ruban ou en boudin ; un cordon lisse de section triangulaire. Parallèlement, des grattoirs

arrondis sur support laminaire, des racloirs souvent denticulés, de nombreuses armatures à troncatures inverses et retouches rasantes directes (type flèche de Montclus) constituent l'industrie lithique (Picavet, 1999). Il existe un manque d'éléments de comparaison régionaux pour la céramique épicaudale. Des similitudes avec la céramique de cette couche ont été trouvées sur le site du Moulin à Barret de Lioure (Drôme).

VII.B.- Le Chasséen

VII.B.1.- Les Bornes

La Balme-de-Thuy présente un niveau (couche 5A) rapporté au Néolithique moyen par une série de datations :

- 5135 \pm 105 B.P., CRG-412
- 5180 \pm 150 B.P., CRG-290
- 5290 \pm 70 B.P., CRG-302
- 5384 \pm 128 B.P., CRG-411
- 5960 \pm 210 B.P., Ly-1934

Du silex blond du Vaucluse sous la forme de lames, de fragments de lames par pression, de petits éclats et d'une pointe de flèche a été identifié par C. Riche dans cette couche (Riche, 1999). Des éléments du Cortaillod ont été relevés dans la série céramique.

VII.B.2.- La Chartreuse

Dans ce massif, la base de l'US B2 de l'abri n°1 de l'Aulp du Seuil a été attribuée, à l'examen du mobilier céramique et lithique, à un Néolithique moyen ancien, d'ambiance Saint-Uze récent, Cortaillod ancien. Les vestiges lithiques sont associés à une céramique lisse.

VII.B.3.- Le Vercors

Dans le Vercors et sur ses marges, un plus grand nombre de sites atteste d'une fréquentation chasséenne.

A la Grande Rivoire, l'horizon épicaudal B1 décrit ci-dessus est surmonté d'un niveau chasséen (couche A3). La céramique présente des formes classiques dérivées de la sphère ou à carène basse. Les éléments de préhension sont parfois perforés ou constitués de simples boutons souvent situés près du bord. Ce dernier trait dénote d'influences du Cortaillod. Certains éléments céramiques ont été rapprochés des niveaux pré-chasséens de la Grotte du Gardon (Ambérieu, Ain). L'industrie lithique est quant à elle composée de racloirs nucléiformes, épais, souvent denticulés, de fines lamelles en silex blond translucide du Vaucluse (Riche, 1999) ainsi que de lamelles plus épaisses quelquefois retouchées en grattoirs. Une armature est de type triangulaire à retouches couvrantes, unifaces (Bintz *et al.*, 1995). Cet horizon a été daté à 5360 \pm 70 B.P., Ly-4668.

A Couffin 2, deux niveaux constitués par les foyers F8 et F9 sont rapportés au Néolithique moyen. Le premier présente un mobilier de type Chasséen rhodanien avec des influences Cortailod. L'attribution du second foyer au Néolithique moyen repose sur une datation à 5260+/-120 B.P., Ly-3321 (Vital et Bintz, 1991).

Un autre site de Choranche, Balme-Rousse (couche B3), a livré un ensemble céramique montrant également des affinités avec le plateau suisse, par la présence en contexte chasséen de céramiques rattachées au Cortailod (Vital et Bintz, 1991).

Sur le site du Pas-de-la Charmate, dans la couche B de l'aire 1, au niveau du foyer F1 ont été retrouvés des fragments de céramique attribués à un vase à bouche carrée, correspondant aux productions de la culture des Vasi a Bocca Quadrata (VBQ).

Deux datations radiocarbones se rapportent au Néolithique moyen :

- Aire 1, couche B3 : 5680+/-130 B.P., Ly-3785.
- Aire 2 : 5630+/-100 B.P., Ly-4381.

En conclusion pour la phase régionale du Néolithique moyen, les zones d'altitudes semblent avoir été quelque peu délaissées par les groupes du Chasséen compte tenu de l'indigence des vestiges ayant été rapportés à cette phase dans ces secteurs. Par contre, de nombreux témoins archéologiques ont été retrouvés sur les piedmonts des massifs comme l'illustrent les sites de Barne-Bigou, Balme de Glos, St-Loup et la sépulture de Comboire.

VIII.- LE NEOLITHIQUE FINAL

Cette période comprise entre environ 3500 et 2200 av. J.-C. cal. est, pour les régions qui nous intéressent, peu documentée. Les sites qui ont livré des données culturelles sont, dans le massif du Vercors et sur ses marges, la grotte de Balme-Rousse, Couffin II (Choranche), l'abri de la Grande Rivoire (Sassenage), le complexe sépulcral de la montagne d'Uriol (sépultures des Râcles, Saint-Paul-de-Varces), la sépulture de Comboire (Claix), la grotte des Sarrasins (Seyssinet-Pariset) et Vassieux-en-Vercors (Morin, 2000). En Chartreuse le site de l'Aulp-du-Seuil (Saint-Bernard-du-Touvet) représente cette phase chrono-culturelle. A l'ouest du massif, on trouve le site des Baigneurs à Charavines. Enfin, divers sites fouillés au début du siècle et de plein air viennent compléter cette liste. Une révision des sites anciennement fouillés devrait apporter, parallèlement à l'étude de sites en cours de fouille, des données chrono-culturelles sur cette période encore mal connue. Les datations disponibles concernent essentiellement les sépultures et le site de Charavines (Bocquet, 1997) :

- Grotte des Sarrasins : 4630+/-290 B.P., Ly-1659 ; 3900+/-120 B.P., Gif-1204 ; 3850+/-123 B.P., Ly-595

- Charavines : - 1^o occupation : 2670-2650 av. J.C.(dates dendrochronologiques)
- 2^o occupation : 2613-2593 av. J.C.(dates dendrochronologiques)
- Couffin II : 3970+/-113 B.P., Ly-2373
- Sépulture des Râcles : 3765+/-56 B.P., ARC-895

Ainsi, pour les sites régionaux rapportés au Néolithique final, la caractérisation des ambiances culturelles et leur périodisation ne sont pas encore établies et seules quelques influences, septentrionales, méridionales, transalpines et campaniformes, relevées ponctuellement dans les séries viennent alimenter notre réflexion.

VIII.A.- Les courants culturels septentrionaux

Des échanges avec la Suisse occidentale existent comme en témoigne la présence de rares vases à parois fines, également retrouvés sur le lac de Neuchâtel (Bocquet, 1997). Les céramiques décorées de Charavines renvoient au Ferrières ardéchois, au Horgen et Lüscherz de Suisse occidentale (Bocquet et Pétrequin, 1984).

Une partie de la céramique trouvée à Balme-Rousse (couche B3) ainsi qu'à Couffin 2 aux affinités campaniformes et cordées a été rapprochée des gobelets-tonneaux des groupes Rhin-Main et de Suisse (Vital, 1991). En outre à Couffin II (couche F7), une influence italique est également présente (Morin, 2000).

Enfin, la présence de haches-marteaux dans le site de la grotte des Sarrasins (Seyssinet-Pariset) témoigne de relations avec le Néolithique final suisse.

VIII.B.- Les courants culturels méridionaux

A Balme-Rousse, une partie de la céramique a été rattachée au domaine méridional par comparaison avec du matériel trouvé sur des sites ardéchois comme la grotte de Gaude, des Conchettes, et dans la Drôme, la grotte de la Chauve-Souris (Vital et Bintz, 1991).

Les ensembles sépulcraux régionaux présentent divers éléments, notamment des parures, renvoyant au domaine méditerranéen. C'est le cas des grottes de la Buisse-Voreppe et de la sépulture n°1 de Saint-Paul-de-Varces. Le mobilier de la sépulture de Comboire présente des similarités avec celui communément rencontré en contexte funéraire dans le Dauphiné et le Nord du Vaucluse.

VIII.C.- Les courants culturels du Campaniforme

Le phénomène campaniforme est clairement perçu à travers différents éléments des séries régionales.

Parmi les rares armatures des séries des niveaux A2 et A1 a/b de l'abri de la Grande Rivoire, on note la présence d'un fragment de pointe foliacée et d'une pointe à retouches bifaciales à ailerons équarris, souvent représenté en contexte Campaniforme. D'autres

exemples d'armatures à ailerons carrés ont par ailleurs été trouvés en contexte funéraire à la Buisse-Voreppe (Bocquet, 1969). Ce dernier site a également livré des perles en test de *dentalium*.

Couffin II a livré un petit polissoir en calcaire gréseux au pourtour entièrement poli dont on retrouve l'équivalent au Petit-Chasseur.

Du point de vue céramique, dans la sépulture collective des Râcles (Saint-Paul-de-Varces) un gobelet a été découvert ainsi qu'une cuillère rappelant celles des sites campaniformes suisses ou du midi de la France (Barge et Claustre, 1998).

Sur les piedmonts du Vercors, la grotte des Sarrasins a livré des tessons campaniformes (Bocquet, 1976 ; Morin, travaux en cours).

La partie supérieure de l'US B2 de Alp 1 à l'Aulp du Seuil, renferme du matériel campaniforme. L'industrie lithique peu abondante a livré parmi l'outillage des armatures à retouches rasantes bifaciales, pédonculées à ailerons ou losangiques et de plus rares pièces bifaciales. Au sein du mobilier céramique, les tessons décorés occupent une place majeure. Associés aux décors classiques des assemblages campaniformes (bandes horizontales au peigne ; rangs de cordelettes circulaires délimitant des zones hachurées au peigne à titre d'exemple), certains tessons portent des décors plus insolites (Morin et Pelletier, 2001) :

- ronds réalisés par un tube creux cylindrique
- décors en double cupule

Les décors ont été rattachés à une phase ancienne du Campaniforme (Morin et Pelletier, 2001) largement représenté dans les sites de la cluse de l'Isère et la Savoie.

Ainsi, l'examen des séries livrées par les sites régionaux pour le Néolithique final a essentiellement montré jusqu'à présent des sphères d'influences rapportées aux domaines septentrionaux et méridionaux. Outre les rapprochements typo-technologiques établis pour le mobilier céramique et lithique, l'identification de matériaux marqueurs d'origines lointaines, comme le silex du Largue (Alpes-de-Haute-Provence) et du Grand-Pressigny (Indre-et-

Loire) apporte des informations complémentaires sur les rapports entre ensembles géo-culturels. Ainsi, à l'abri de Barne Bigou des lames retouchées taillées dans ces deux types de matériaux ont été retrouvées. Un fragment de lame en silex du Largue a été découvert sur le site de Comboire, et à Balme-Rousse, un fragment de poignard en silex du Grand-Pressigny (Riche, 1999).

XI.- CONCLUSION

Il n'apparaît pas, à travers les données qui ont été présentées, de compartimentation nette entre les massifs du point de vue des particularismes ou des influences extérieures. Sur ce dernier point, à toutes les périodes, la diversité des courants représentés à travers l'industrie lithique puis céramique renforce le statut de carrefour de l'entité alpine. Une composante méridionale apparaît constamment représentée dans les sites, quelle que soit la période considérée, de manière plus ou moins prononcée selon les sites et en fonction des massifs préalpins.

La question des identités culturelles peut être également abordée du point de vue des matières premières qui ont circulé au cours de la Préhistoire dans les Alpes du Nord. La circulation du silex et la présence de matières exogènes dans une série peuvent en effet illustrer les sphères d'influences auxquelles les occupations alpines peuvent être rattachées. Par ailleurs, les matières premières, variables du point de vue de leur abondance, de leur accessibilité et de leur morphologie en fonction des contextes géologiques, ont pu introduire des particularismes typo-technologiques dans les ensembles régionaux, conséquence d'adaptations à ce facteur contraignant. Cette double problématique, la circulation du silex et son expression du facteur matière première sur les industries lithiques est l'objet du travail que nous avons mené sur quelques séries des massifs des Alpes du Nord pour des périodes sensibles puisqu'elles concernent le passage d'une économie de prédation à une économie de production.

CHAPITRE 2 : *Bilan des travaux antérieurs sur l'approvisionnement en silex du Paléolithique final au Néolithique dans les Alpes du Nord*

I.- LE PALEOLITHIQUE SUPERIEUR

Pour le Paléolithique supérieur, une synthèse sur les modes et les aires d'approvisionnement peut être donnée grâce aux études réalisées sur les sites magdaléniens et aziliens de Saint-Thibaud-de-Couz (Bintz et Grünwald, 1990 ; Bintz *et al.*, 1996) et de Méaudre, la grotte Colomb et la grotte de la Passagère (Monin, 1997).

I.A.- Saint-Thibaud-de-Couz

Localisé sur la bordure nord-occidentale de la Chartreuse, à 500 m d'altitude, le site en grotte de Saint-Thibaud-de-Couz (Bintz *et al.*, 1994, 1996) (fig. III.3) présente une stratigraphie très développée comprenant des niveaux d'occupation du Magdalénien supérieur, de l'Épipaléolithique et du Mésolithique ancien. L'étude des matières premières a porté sur le matériel issu des deux premiers horizons archéologiques. Elle repose sur des caractérisations macroscopiques et pétrographiques.

La grande variété des familles identifiées, au nombre de 158, est le premier trait caractéristique du spectre des matières premières du gisement. Ce fait peut s'expliquer par le statut de lieu de passage du site qui se trouve le long d'un axe faisant communiquer la vallée de l'Isère avec la Combe de Savoie, et plus largement la vallée du Rhône.

Les silex valanginiens et sénoniens constituent 80 % des matériaux exploités sur le site. Il reflètent les ressources lithiques propres au massif de Chartreuse.

Une évolution dans l'approvisionnement est perceptible entre les couches d'occupation. Au Magdalénien, le Valanginien, dont les gîtes voisinent le site, est plus représenté que le silex sénonien, à la qualité supérieure, tandis que l'inverse s'observe dans les niveaux aziliens. La part des matériaux allochtones est inférieure à 10 % et est constituée de types variés. En terme de poids, les silex d'origine allochtone sont plus abondants dans les niveaux aziliens.

Enfin, les axes d'approvisionnement en silex à longue distance diffèrent entre le Magdalénien et l'Azilien. En effet, les niveaux magdaléniens renferment des silicifications attribuées au sud du Jura (éloigné de 40 à 50 km) alors que les matériaux allochtones aziliens sont originaires du Sud du Vercors (à 100 km de distance à vol d'oiseau).

I.B.- Les grottes de la Passagère et Colomb

Les sites en grotte de Méaudre, la Passagère et Colomb (Bintz, 2000a ; Monin, 2000), distants de 200 m, se trouvent respectivement à 1100 m et 1050 m d'altitude, au nord du Vercors, dans le val d'Autrans-

Méaudre (fig. III.3). Elles furent fouillées au début du siècle (Müller, 1914). Des fouilles plus récentes reprisent en 1974 sous la direction de P. Bintz. Les études faunistiques ont montré que la fonction de ces établissements était liée à l'exploitation de la marmotte. Dans le cadre d'une étude technologique qui a mis en évidence le mélange des traditions techniques magdaléniennes et aziliennes, leurs industries en silex ont fait l'objet d'une caractérisation macroscopique (Monin, 1997). Elle a abouti pour Colomb et la Passagère à l'identification de respectivement 51 et 25 familles, dont 19 communes. Le silex sénonien est prédominant au sein des séries à plus de 80 %. Ce matériau se rencontre au sein de la paroi calcaire de la grotte de la Passagère et sur son sol ainsi que dans des poches tertiaires, offrant une plus grande variété de faciès, à quelques dizaines de mètres du site. Cependant, certains types semblent provenir de différentes sources sénoniennes affleurant au Nord du Vercors. Pour les provenances méridionales, la proportion de silex barrémo-bédoulien est inférieure à 10 %. Aucune gestion différentielle des matériaux locaux et allochtones, pour les traditions magdaléniennes et épipaléolithiques n'a été observée. Par contre, dans la chaîne opératoire, des lacunes en supports réguliers laissent supposer une exportation de produits vers d'autres sites, de plaine ou de montagne.

I.C.- Le col de la Charmette

Le dernier cas étudié pour le Paléolithique supérieur est le Col de la Charmette, à 1280 m d'altitude, qui relie la cluse de l'Isère à la vallée du Guiers, en Chartreuse. Il est localisé sur un affleurement de silex sénoniens remaniés dans des argiles quaternaires. Il offre un statut encore différent des établissements déjà présentés. En effet, ce site, dont un ensemble de 624 pièces a été rapporté au Magdalénien supérieur (Bintz, 2000a), présente les traits d'un faciès d'atelier et peut être considéré comme un site d'exportation de silex. La présence de matériaux du Col de la Charmette est attestée sur le site de Saint-Thibaud-de-Couz et présumée pour les sites de Méaudre.

Compte tenu des différences de statuts (fonctionnalité, site exportateur ou receveur, situation par rapport aux gîtes) des trois sites considérés, il est difficile de dresser un schéma d'approvisionnement en matières premières à la fin du Paléolithique supérieur dans les sites préalpins. Il est seulement possible de souligner le fait que l'approvisionnement est local (distance inférieure à 25 km) à 80 % au minimum. Enfin, un trait caractéristique, illustré par Saint-Thibaud-de-Couz, est la modification des axes de circulation des matériaux entre le Magdalénien et

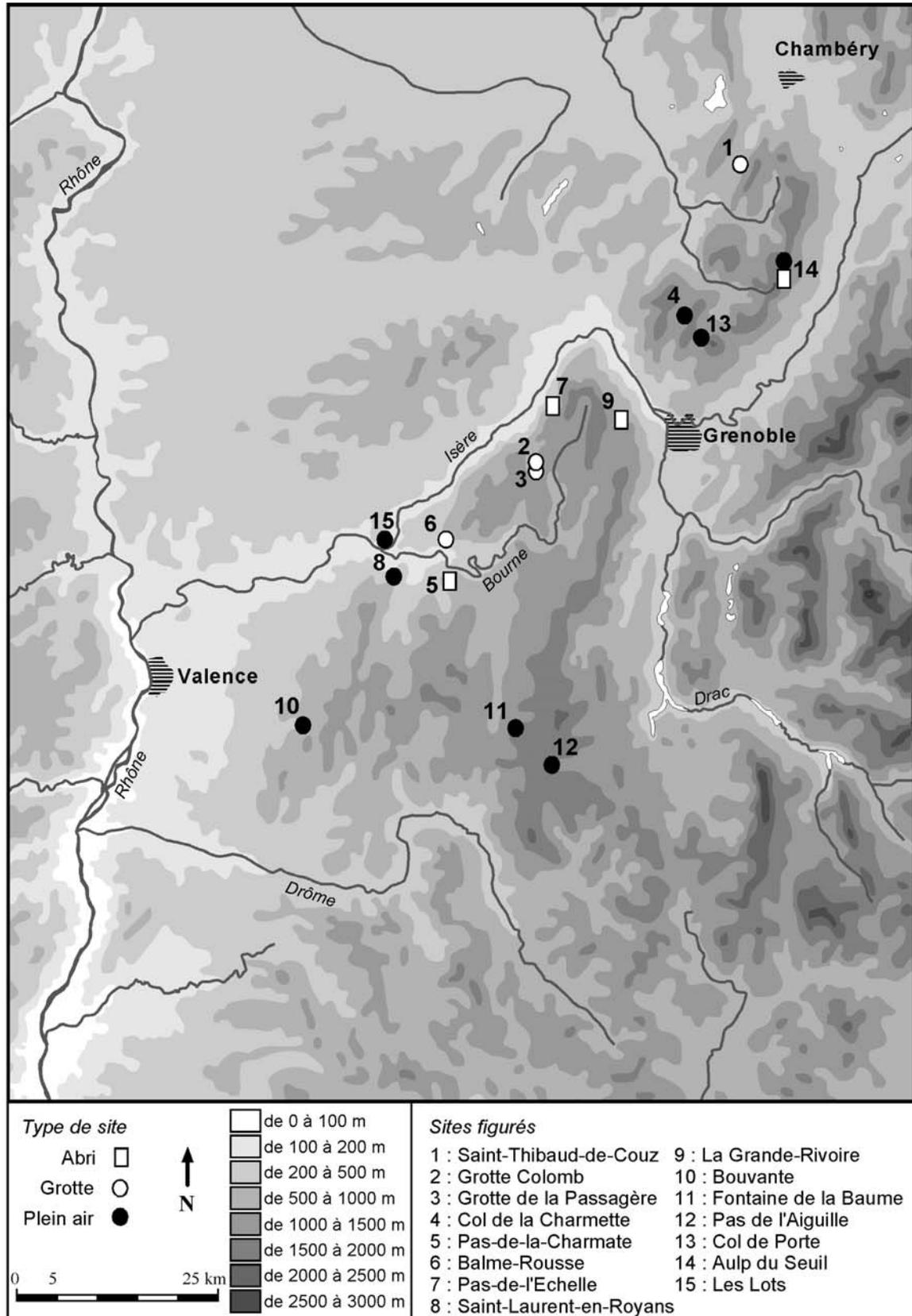


Figure III.3 – Localisation des sites préhistoriques ayant fait l'objet d'études sur les matières premières.

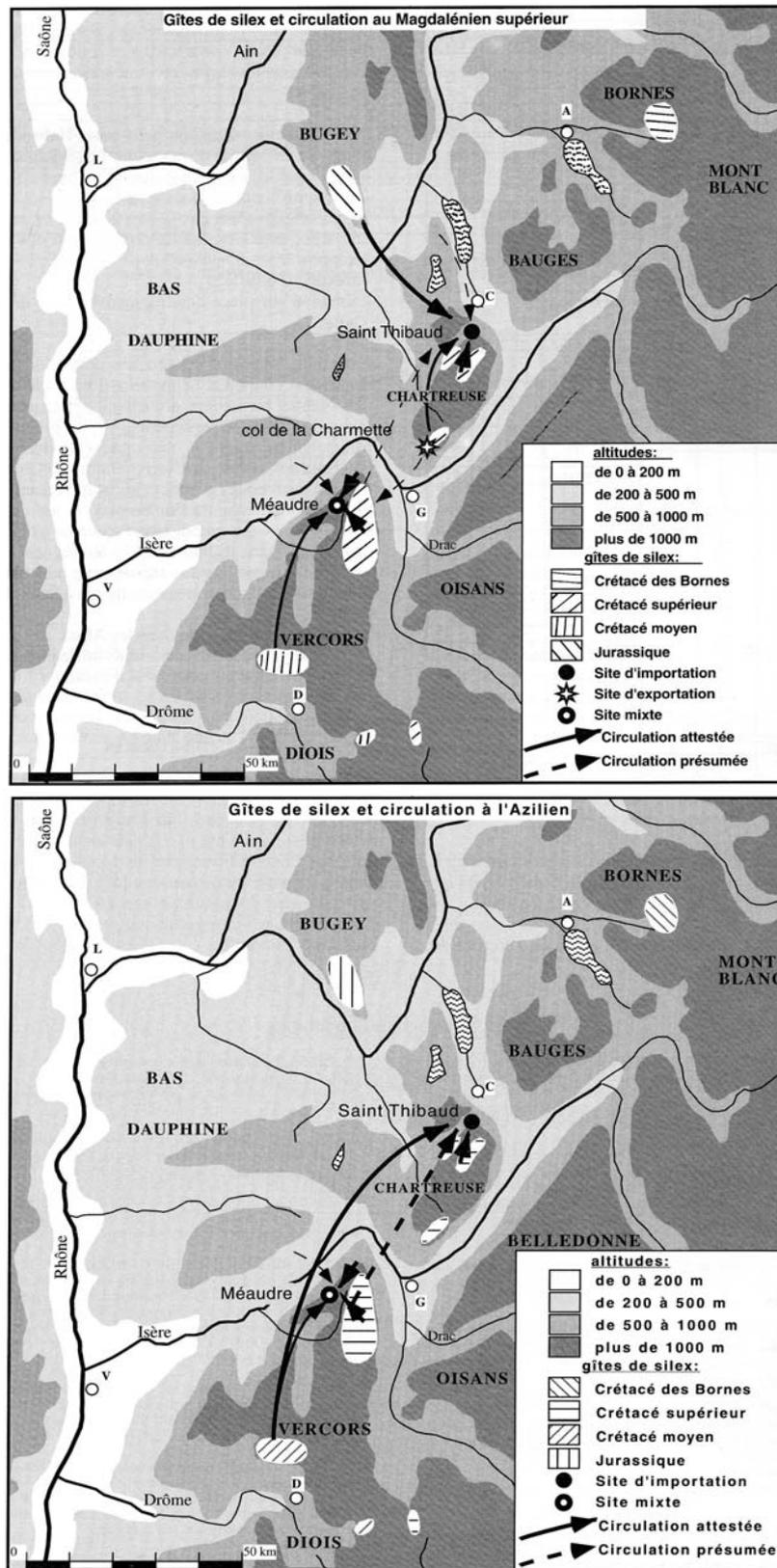


Figure III.4 - Comparaison des schémas d'approvisionnement entre le Magdalénien et l'Azilien pour les sites de Saint-Thibaud-de-Couz (Chartreuse) et de Méaudre (Vercors). D'après Bintz (2000a).

Sites	Commune (département)	Couche	Période culturelle	Réf. labo.	Date B. P.	Calibration avant J.-C.	R
Balme-Rousse	Choranche (38)	C1b	Néolithique ancien	Ly 3043	6020 ± 150	5270-4565	E
Pas de l'Echelle	Rovon (38)	D3/D4	Méso-Néolithique	Ly 7094	6940 ± 65	5933-5652	B
Pas de l'Echelle	Rovon (38)	E3	Mésolithique moyen	Ly 7095	8050 ± 95	7249-6644	E
Charmate aire 1 est	Chatelus (38)	C2a foyer sup.	Sauveterrien récent	Ly 5662	8100 ± 100	7415-6650	O
Charmate aire 1 est	Chatelus (38)	C2a foyer inf.	Sauveterrien	Ly 6006	8140 ± 60	7300-6824	E
Charmate aire 1 est	Chatelus (38)	C2b	Sauveterrien récent	Ly 4204	8240 ± 260	7888-6475	O
Charmate aire 1 est	Chatelus (38)	C2b base	Sauveterrien ancien	Ly 5245	9100 ± 250	8924-7550	E
Charmate aire 1 est	Chatelus (38)	C2b base	Sauveterrien ancien	Ly 4379	7420 ± 120	6461-5995	N
Charmate aire 1 est	Chatelus (38)	D	Epipaléolithique	Ly 4203	9890 ± 140	10005-8674	B
La Grande-Rivoire	Sassenage (38)	C	Sauveterrien	Ly 5433	8280 ± 80	7493-7040	E
La Grande-Rivoire	Sassenage (38)	D	Sauveterrien	Ly 5434	8740 ± 110	8023-7533	B
La Passagère	Méaudre (38)		Epipaléolithique	Ly 3647	10080 ± 150		
Jean-Pierre I	Saint-Thibaud-de Couz (73)	6B	Azilien moyen	Ly 596	10750 ± 300	11321-9852	E
Jean-Pierre I	Saint-Thibaud-de Couz (73)	7	Azilien ancien	Ly 429	11900 ± 360	12922-11132	E
Jean-Pierre I	Saint-Thibaud-de Couz (73)	9 foyer	Azilien ancien	Ly 627	11700 ± 200	12222-11243	E
Jean-Pierre I	Saint-Thibaud-de Couz (73)	9B	Magdalénien supérieur	Ly 829	12720 ± 230	13795-12314	B
Jean-Pierre II	Saint-Thibaud-de Couz (73)	foyer	Magdalénien supérieur	Ly 390	13300 ± 280	14695-13015	E

Tableau III.1 - Datations radiocarbone obtenues pour les sites concernés par les études de matières premières, pour les couches étudiées. R = Représentation archéologique : E : excellent ; B: bon ; O : oui ; N : non. D'après Evin (1995) ; Bintz *et al.* (1995b) ; Bridault *et al.* (2000).

l'Azilien. Ces provenances sont résumées à la figure III.4.

II.- Circulation des matières premières au Mésolithique et au Néolithique

Les études concernant les sites postérieurs, mésolithiques et néolithiques, intéressant plus proprement nos recherches, sont plus nombreuses et plus homogènes puisqu'elles s'appuient dans l'ensemble sur des caractérisations pétrographiques non-destructives. Elles ont été menées par C. Grünwald et J. Affolter. Les résultats obtenus pour différents sites de Chartreuse et du Vercors sont brièvement présentés afin de dresser l'état des connaissances sur le sujet. Les datations de ces sites sont données au tableau III.1.

II.A.- Saint-Thibaud-de-Couz

A l'instar des horizons magdaléniens et épipaléolithiques, le Mésolithique ancien de Saint-Thibaud-de-Couz a fait l'objet d'une étude des matières premières (Bintz et Grünwald, 1990). L'industrie demeure à 90 % taillée sur des matériaux internes au massif de Chartreuse. Une nette préférence est toutefois marquée pour le silex sénonien (80 %). Le facteur sélectif de qualité apparaît déterminant puisque les sources sénoniennes sont bien plus éloignées (> 7 km) que celles locales (<2 km) du Valanginien. Par comparaison avec les stratégies d'approvisionnement des cultures antérieures magdaléniennes, ce fait constitue un net changement. Ce choix s'accorde plutôt avec la gestion du silex de type épipaléolithique (*cf. supra*), tout comme les provenances Sud-Vercors de certains matériaux (silex à Orbitolines).

II.B.- Pas-de-la-Charmate

L'abri du Pas-de-la-Charmate est localisé sur une voie d'accès aux plateaux du Vercors, à une altitude de 1100 m (Bintz *et al.*, 1991). Il a livré une séquence stratigraphique épipaléolithique à mésolithique récent. Différentes phases du Mésolithique moyen et récent ont pu être mises en évidence grâce à l'abondance du matériel lithique. Deux couches ont fait l'objet d'études typo-technologiques et des matières premières :

- la couche C1, du Mésolithique récent, datée de 7950 +/- 100 BP (Ly-4380).
- la couche C2, du Mésolithique moyen, datée de 8240 +/- 260 BP (Ly-4204).

L'étude des matières premières a porté sur l'aire I et a été effectuée par C. Grünwald pour le carré D11 puis par J. Affolter pour différents carrés. Elle a porté au total sur 1512 pièces des niveaux mésolithiques. Les silex brûlés représentent près d'un tiers de l'échantillon étudié. Les pièces corticales sont présentes pour chaque famille de matériau et leur proportion globale s'élève à 13 %. La présence des plages corticales a apporté des informations sur le mode d'introduction des rognons. Ainsi, le mode d'introduction semble identique quelle que soit la matière première, c'est-à-dire l'apport de rognons entiers ou à peine entamés.

Les sources d'approvisionnement se rencontrent dans un rayon inférieur à 20 km.

Un silex valanginien sub-local a été peu exploité et uniquement dans les couches supérieures du site. Les types valanginiens ont été attribués à la vallée de la Vernaion, distante de 5 km. Ils sont peu représentés (moins de 10 %, tabl. III.2).

Pas de la Charmate							
Variétés	Sen	Urg	Val	Tur	Div	Ind	Total
Nbre de pièces	592	466	130	19	16	289	1512
%	39,2	30,8	8,6	1,3	1,1	19,1	100

Tableau III.2 - Décompte des pièces selon leur origine géologique pour le site du Pas-de-la-Charmate, Vercors occidental. Div : divers ; Ind : indéterminé ; Sen : Sénonien ; Tur : Turonien ; Urg : Urgonien ; Val : Valanginien.

Les silex barrémo-bédouliens comptent pour 30 % des pièces examinées. Leur origine a été rapportée aux plateaux de Vassieux et d'Ambel, situés à une vingtaine de kilomètres à vol d'oiseau. Enfin, le silex majoritairement identifié est sénonien. Les sources présumées sont celles du val de Lans, à 16 km du site.

Une étude typo-technologique récente réalisée par R. Bevilacqua (Bintz, 2001) sur un échantillonnage représentatif de 1084 artefacts provenant des couches 1

et 2, apporte de nouvelles données sur les matières premières de l'abri du Pas-de-la-Charmate. Les familles identifiées à la loupe binoculaire (fig. III.5) sont sensiblement identiques à celles individualisées par J. Affolter. Cependant, le silex turonien n'a pas été déterminé dans la série observée par Bevilacqua, alors qu'elle a relevé la présence d'un type de silex « blond ». Ce dernier pourrait éventuellement correspondre au silex miel du plateau de Vassieux (hypothèse à vérifier).

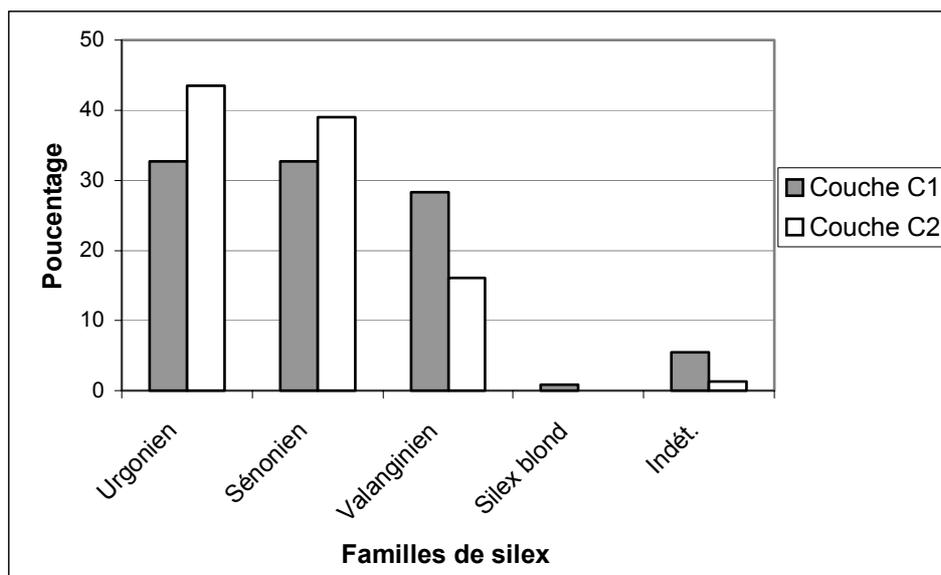


Figure III.5 - Pourcentages de matières premières au Pas-de-la-Charmate. D'après Bevilacqua, dans Bintz (2001).

A travers les informations fournies par Bevilacqua sur les types de matières premières constituant une partie de l'outillage et des pièces techniques (48 artefacts, couches C1 et C2 confondues), plusieurs séries de remarques peuvent être formulées. Premièrement, parmi ces pièces, le silex valanginien est représenté par seulement deux éléments, à savoir un burin multiple avec coche et une lame. Deuxièmement, les armatures microlithiques sont obtenues indifféremment à partir de silex sénonien et urgonien. Troisièmement, il n'apparaît pas de différence majeure dans les chaînes opératoires en fonction de la matière première, valanginien, urgonien ou sénonien, dont les blocs d'origine présentent pourtant des morphologies différentes.

II.C.- Balme-Rousse

Balme-Rousse, localisée à proximité de Choranche, à 650 m d'altitude, a livré des niveaux du Mésolithique et du Néolithique ancien. Il est distant de seulement 4 km du Pas-de-la-Charmate ce qui permet de faire des comparaisons avec ce dernier.

Une étude préliminaire, réalisée par C. Grünwald (Bintz et Grünwald, 1990) a montré, pour le Mésolithique d'abord, une utilisation indifférente de silex sénonien et urgonien. Ce dernier apparaît toutefois majoritaire dans la couche D1 (Mésolithique ancien). Le Valanginien local, de mauvaise qualité, n'a pas ou très peu été employé, à l'image de ce qui était observé à Charmate. L'intérêt du site est de montrer une évolution de l'approvisionnement dans les niveaux du Néolithique ancien (couche c1B), avec la nette prédominance du silex urgonien du Sud-Vercors contrairement à ce qui s'observait globalement pour les

occupations mésolithiques. Des provenances du synclinal de Rencurel et du Royans, respectivement distants de 10 et 15 km, ont été déterminées pour la couche c1B.

II.D.- Le Pas-de-l'Echelle

L'abri de l'Echelle (fig. III.3) est situé à 1100 m d'altitude sur la bordure ouest du val de Rencurel qui offre une voie de circulation naturelle entre le Nord et le Sud du Vercors. L'abri est orienté vers l'Ouest et offre une superficie de 100 m². Surmontées par des niveaux historiques et protohistoriques, les couches inférieures de la séquence stratigraphique correspondent à la transition méso-néolithique et à du Mésolithique moyen.

L'étude réalisée par J. Affolter (annexe 10) a porté sur 277 pièces, qui présentaient très peu d'altération. Du silex sénonien affleure à proximité immédiate du site. Il s'agit de petits rognons en position primaire de qualité médiocre car souvent tectonisés (voir chapitre ressources régionales, Vercors Nord). Un type au faciès proche de celui-ci mais de meilleure qualité est présent au col de Roméyère, qui se trouve à 3 km du site à une altitude équivalente. Les affleurements sub-locaux les plus proches sont valanginiens (à l'Ouest et aux Ecouges) et sénoniens (Val de Lans). Toutefois, les dénivellations importantes ne facilitent pas l'accès à ces ressources. Le matériau local du Col de Roméyère a été employé à 15 % auxquels s'ajoutent 4 % en considérant le matériau d'accès immédiat (tabl. III.3). Le silex sénonien, rapporté au Val de Lans représente 85 % de l'industrie lithique. La présence de Valanginien est anecdotique (3 pièces sur 277). Enfin, les variétés urgoniennes des plateaux d'Ambel et de Vassieux ont

été identifiées pour une vingtaine de pièces. Il n'est pas apparu de spectres de distribution différents selon les

couches, les matériaux reconnus étant répartis dans des proportions équivalentes dans l'ensemble des niveaux.

Pas de l'Echelle

Variétés	Sen local	Sen Bryo	Sen Orb	Sen aut	Sen tot	Urg	Val	Div	Ind	Total
Nbre de pièces	11	41	6	216	234	20	3	2	18	277
%	4,0	14,8	2,2	78,0	84,5	7,2	1,1	0,7	6,5	100

Tableau III.3 - Décompte des pièces selon leur origine géologique pour le site du Pas-de-l'Echelle, Vercors nord-occidental. Div : divers ; Ind : indéterminé ; Sen : Sénonien ; Sen aut : Sénonien autre ; Sen Bryo : Sénonien à Bryozoaires ; Sen Orb : Sénonien à Orbitoïdes ; Urg : Urgonien ; Val : Valanginien.

Au cours de prospections menées dans le secteur du Col de Roméyère, P. Bintz nous a indiqué au sein de poches d'origine karstique, la présence de silex sénoniens, de faciès similaires à ceux du val de Lans. La part de silex local serait donc à reconsidérer d'après les variétés identifiables dans ces formations.

II.E.- La Grande-Rivoire

Le site de la Grande-Rivoire (Picavet, 1999) est un abri sous roche à la séquence stratigraphique allant, pour les périodes qui nous intéressent, du Mésolithique

moyen au Néolithique final. La paroi calcaire sénonienne qui constitue l'abri renferme des rognons de silex, qui peuvent également être récoltés dans les éboulis alentours. L'examen d'un lot de 670 pièces par J. Affolter a concerné les couches D, C et B3, qui ont respectivement été rapportées à deux stades du Mésolithique moyen et à un niveau mésolithique récent. Elle révèle une évolution dans le schéma d'approvisionnement suivant les périodes considérées (tabl. III.4). D'une manière globale, le silex sénonien domine la série (tabl. III.5).

La Grande-Rivoire, décompte par couches

Variétés	Sen local	Sen aut	Sen Orb	Urg	Tur	Val	Div	Ind	Total
couche B3	63	68	3	27	2	3	9	18	193
Couche C	176	195	10	18	3	2	6	50	460
Couche D	14	3	0	0	0	0	0	0	17
Total	253	266	13	45	5	5	15	68	670

Tableau III.4 - Décompte par couches des pièces selon leur origine géologique pour le site de la Grande-Rivoire, Vercors Nord.

La Grande-Rivoire, décompte global

Variétés	Sen local	Sen aut	Sen Orb	Urg	Tur	Val	Div	Ind	Total
Nbre de pièces	253	266	13	45	5	5	15	68	670
%	37,8	39,7	1,9	6,7	0,7	0,7	2,2	10,1	100

Tableau III.5 - Décompte global des pièces selon leur origine géologique pour le site de la Grande-Rivoire, Vercors Nord. Div : divers ; Ind : indéterminé ; Sen : Sénonien ; Sen aut : Sénonien autre ; Sen Orb : Sénonien à Orbitoïdes ; Tur : Turonien ; Urg : Urgonien ; Val : Valanginien.

Il apparaît que le matériau local a été exploité pour la confection de 38 % des pièces du lot étudié. Une proportion quasi équivalente est donnée pour le silex sénonien du val de Lans. Le silex urgonien est représenté par 8 % des pièces, avec exclusivement les faciès de Vassieux-en-Vercors. Enfin la présence, bien qu'anecdotique de silex valanginien et turonien est à noter. Considérés de façon diachronique, ces résultats font apparaître des schémas d'approvisionnement différents selon les couches. Ainsi, la couche D, Mésolithique moyen, renferme uniquement des silex sénoniens locaux ou d'origine proche (val de Lans, soit une distance de 8 km environ, à vol d'oiseau). Toutefois

ces résultats sont à considérer avec prudence étant donné le petit nombre de pièces (17). La couche C renferme l'ensemble des familles reconnues, et le Sénonien domine encore largement. Par comparaison, la couche du Mésolithique récent se distingue par la proportion croissante de silex urgonien originaire du Sud du Vercors (14 %) aux dépens du Sénonien (69 %). C'est aussi dans cette couche que se rencontre le plus grand nombre de matériaux allochtones (notés Div).

II.F.- Bouvante

A 585 m d'altitude sur le flanc occidental du Vercors, Bouvante (Barret et Héritier, 1976 ; Bintz, 1991) est une station de plein air bordée par la Lyonne. La série est issue de ramassages de surface et d'une fouille qui n'a pas permis de relever une stratigraphie. Les pièces livrées par le site ont été rapportées, par l'identification des composantes technologiques, à plusieurs traditions culturelles de l'Épipaléolithique, du Mésolithique moyen, du Mésolithique récent et du Néolithique ancien ainsi que quelques éléments du Néolithique moyen (Pelegrin et Riche, 1999). Ce site a fait l'objet de deux études successives par Grünwald (Bintz et Grünwald, 1990) et Riche (Pelegrin et Riche,

1999). La première, pour laquelle nous ne disposons pas de données quantitatives, a montré que le silex barrémo-bédoulien, dont les sources les plus proches du site sont distantes de 5 km (plateau d'Ambel), est le matériau le plus représenté. Elle a signalé la variété des types barrémo-bédouliens taillés, et compte tenu de la présence de silex à Orbitolines, a montré que ces silex étaient également originaires du plateau de Vassieux, plus éloigné (10-15 km). Des provenances du Royans, et du Nord du Vercors (silex à Orbitoïdes et Bryozoaires) ont également été déterminées. Dans le cadre d'une étude technologique (Pelegrin et Riche, 1999), Riche a permis de préciser ces identifications par la caractérisation de 1638 pièces (tabl. III.6).

Bouvante									
Variétés	Sen	Sen Orb	Sen Bryo	Urg indiff	Urg C	Urg D1	Urg D2	Urg D3	Urg D4
Nbre de pièces	338	122	12	161	207	37	31	80	202
%	20,6	7,4	0,7	9,8	12,6	2,3	1,9	4,9	12,3
% général	28,8			43,8					
Provenance	Nord Vercors, > 25 km			Sud Vercors, > 5 km					

Bouvante (suite)					
Urg bld	Oli	Val	Indable	Indé	Total
9	4	44	344	47	1638
0,5	0,2	2,7	21,0	2,9	100
0,5	0,2	2,7	21,0	2,9	100
Vaucluse, sud Drôme ?	Royans, 18 km	Nord Vercors ? >15 km	Inconnue		

Tableau III.6 - Décompte des pièces selon leur origine géologique et géographique pour le site de Bouvante, Vercors occidental. D'après les données de Pelegrin et Riche (1999). Div : divers ; Indable : indéterminable ; Indé : indéterminé ; Oli : Oligocène ; Sen : Sénonien ; Sen Bryo : Sénonien à Bryozoaires ; Sen Orb : Sénonien à Orbitoïdes ; Urg : Urgonien ; Val : Valanginien.

Elle a distingué les faciès urgoniens d'Ambel et les quatre types de Vassieux représentés dans la série. Ces derniers, dont les sources sont plus éloignées du site que celles d'Ambel, sont plus abondants en nombre de pièces. Le croisement des données technologiques et lithologiques a permis d'établir quelques corrélations entre certains matériaux et le type de produit rencontré. Il s'agit en premier lieu du silex blond urgonien (provenant soit du Vaucluse, soit du Sud de la Drôme), qui est présent sur le site sous la forme de petites lames débitées par pression, marqueurs du Chasséen. Enfin, le silex urgonien D2 (correspondant aux sous-types 121 à 125 de Vassieux, Riche, 1998) est représenté par des produits débités par percussion indirecte, rappelant le faciès vercusien.

II.G.- Saint-Laurent-en-Royans

La série de Saint-Laurent-en-Royans (Bintz, 1993) est issue de ramassages de surface sur différentes terrasses de la Bourne, localisées à 350 m d'altitude environ (fig. III.3). Les pièces en silex récoltées ont été rapportées principalement au Mésolithique moyen, au Mésolithique récent et au Néolithique ancien. L'intérêt de ce site est de constituer l'un des rares témoins d'occupation de piedmont daté du Mésolithique.

L'étude très préliminaire de Saint-Laurent-en-Royans (tabl. III.7) menée par J. Affolter en 1995 a permis de montrer que près de 63 % des pièces présentaient un faciès urgonien, dont l'origine serait le plateau de Vassieux-en-Vercors plutôt qu'Ambel. L'étude ayant portée sur à peine plus d'une centaine de pièces, la représentativité de l'échantillon est à considérer avec réserves.

Saint Laurent en Royans

Variétés	Sen	Sen Orb	Urg	Urg Orl	Htv	Val	Tur	Lac	Ind	Total
Nbre de pièces	23	2	66	2	1	5	1	4	1	105
%	21,9	1,9	62,9	1,9	1,0	4,8	1,0	3,8	1,0	100

Tableau III.7 - Décompte des pièces selon leur origine géologique pour le site de Saint-Laurent-en-Royans. Div : divers ; Htv : Hauterivien ; Ind : indéterminé ; Lac : lacustre ; Sen : Sénonien ; Sen Orb : Sénonien à Orbitoïdes ; Tur : Turonien ; Urg : Urgonien ; Urg Orl : Urgonien à Orbitolines ; Val : Valanginien.

II.H.- La diffusion du silex de Vassieux-en-Vercors

Parallèlement à ces études de sites, les travaux de C. Riche (1998) ont porté sur la circulation des variétés de silex du plateau de Vassieux-en-Vercors. Cette approche, inverse de celle adoptée par C. Grünwald et J. Affolter, permet de considérer un grand nombre de gisements archéologiques et précise le statut de site exportateur de matières premières de Vassieux. Ainsi, des informations supplémentaires ont été apportées sur les questions d'origine des silex de moyennes et longues distances pour les périodes mésolithiques et néolithiques.

II.H.1.- Au Mésolithique

Il n'existe pas à Vassieux, pour cette période, de production d'éléments destinés à l'exportation. Ce fait se comprend dans la mesure où les systèmes techniques pour cette époque ne nécessitent pas de supports élaborés. De plus, si les sources de Vassieux sont exploitées par les mésolithiques, les quantités de matériaux diffusés sont restreintes, puisqu'ils représentent une faible proportion des séries lithiques : entre 0,91 % et 11,4 %, à l'exception du Pas-de-la-Charmate dont l'industrie est constituée à 30 % de silex de Vassieux. Les groupes 2 et 3 sont les plus représentés dans les séries. Il s'agit des types au grain le plus fin. Le mode d'introduction de ces matériaux est varié (rognons préformés, supports bruts ou retouchés et outils). Les éléments de plein débitage, lamelles, petits éclats et petites lames, sont similaires à ceux obtenus à partir d'autres matériaux (sénoniens et autres barrémo-bédouliens par exemple). Les sites receveurs sont pour la Chartreuse, Jean-Pierre I (Saint-Thibaud-de-Couz) et les abris 1 et 2 de l'Aulp du Seuil ; pour le Vercors, le Pas-de-l'Echelle (Rovon), les quatre sites de Choranche, Coufin 1, Coufin 2, Balme-Rousse, le Pas-de-la-Charmate, ainsi que la Ferme d'Ambel (Omblèze), Bouvante (Bouvante), Le Cimetière (La Chapelle-en-Vercors), Les Blanchettes (Sinard) et Les Serres (Saint-Jean-en-Royans).

Ainsi, à cette période, le statut des gîtes de Vassieux n'apparaît pas différent de celui des autres sources du Vercors ou de Chartreuse.

II.H.2.- Au Néolithique ancien

A la transition méso-néolithique et au Néolithique ancien, le silex de Vassieux est en partie diffusé sous la forme de produits de faciès vercusien. En effet, à l'image de ce qui est observé pour le Mésolithique, la forme d'introduction des matériaux de Vassieux demeure variée. Il s'agit :

- comme évoqué précédemment, de produits verкусиens, sous la forme d'outils, ou de supports bruts ou retouchés ; de pièces portant des traces de débitage de faciès vercusien.
- de lamelles et éclats, bruts ou retouchés.
- de lames ou de fragments de lames retouchées verкусиennes.

Les proportions de matériaux de Vassieux dans les séries régionales du Néolithique ancien varient entre 3 et 44 %.

Les sites receveurs sont Balme-Rousse (Choranche), Coufin 1 (Choranche), le Pas-de-l'Echelle (Rovon), la Grande-Rivoire (Sassenage), pour les sites stratifiés, et Bouvante (Bouvante), les Serres (Saint-Jean-en-Royans), le Cimetière (La Chapelle-en-Vercors), Lachar (Varces) et Vallieu (Recoubeau) pour les sites de plein air, exempts de stratigraphie. Géographiquement, ces sites sont limités au Vercors ou à ses bordures occidentales, orientales et méridionales (Vallieu). Pour cette période, un seul exemple de diffusion des produits de Vassieux à longue distance est donné par le site de Sion-Tourbillon (Néolithique ancien, Valais suisse). En outre il est important de préciser que le silex de Vassieux n'a pas été utilisé dans les sites du Diois (Riche, 1998).

A partir de cette période, il est possible de considérer Vassieux-en-Vercors comme un site d'atelier.

II.H.3.- Au Néolithique moyen

Le Néolithique moyen voit la nette diminution de la diffusion du silex de Vassieux. Seuls cinq sites du Vercors ou de son pourtour sont concernés. Il s'agit de la Grande-Rivoire (Sassenage), du Pas-de-la-Charmate (Chatelus), de la Station des Sées (Saint-Martin-de-Clelles), du Rocher de Saint-Loup (Vif) et du Rocher de Comboire (Comboire). De plus, ils représentent dans ces séries moins de 3 % de l'industrie lithique.

II.H.4.- Au Néolithique final et au Chalcolithique

Pour cette période, 13 sites témoignent de la diffusion du silex de Vassieux. Leur distance par rapport aux gîtes varie entre 10 et 80 km. Il s'agit pour le massif du Vercors et son pourtour, de la Grande-Rivoire, de Balme-Rousse, de la station chalcolithique de Roissard (Roissard), de la station des Sées (Saint-Martin-de-Clelles) et plus au sud de la Baume Courdeau (Die) et de la grotte du Fournet (Montmaur-en-Diois). Dans la cluse Grenobloise, les sites concernés sont l'oppidum de Rochefort, la grotte de l'Echaillon (Saint-Quentin-sur-Isère), le Rocher de Cornillon (Fontanil), l'abri de Barne Bigou (Fontaine), et le Rocher de Saint-Loup (Vif). Enfin, l'hypogée des Fourneaux (Mours-Saint-Eusèbe) et le gisement de Saint-Saturnin (Saint-Alban-Leyse) attestent d'une diffusion plus lointaine. Seulement sept pièces identifiées par Riche (1998) témoignent de la circulation des produits de faciès pressignien en silex de Vassieux. Suite à une récente découverte dans une collection de l'île de Groix en Normandie, un huitième objet de ce type vient s'ajouter à ce décompte (Riche, 2001). Ce nombre demeure en décalage avec l'ampleur de l'activité des ateliers pressigiens constatée à Vassieux. Enfin, la diffusion de silex de Vassieux s'observe encore sous la forme de pièces foliacées, retrouvées en contexte sépulcrale, dont les traces de production sur le plateau n'ont pas, jusqu'à présent, été retrouvées.

II.I.- La diffusion des silex « marqueurs »

En complément de ces recherches, Riche (1999) a inventorié les silex allochtones marquant des déplacements à très longue distance, comme le silex du Grand-Pressigny, le silex rubané oligocène de Forcalquier et le silex « blond », dans 29 sites/couches isérois, 19 drômois et 18 enfin pour la Savoie et la Haute-Savoie. Il s'agit de sites rapportés aux périodes de l'Épipaléolithique au Bronze ancien. Ce travail, effectué en collaboration avec J. Affolter pour l'examen des sites des massifs préalpins, a conduit à synthétiser les résultats sous forme de tableau en indiquant la présence certaine ou probable de chacun des silex « marqueurs ». Nous en avons extrait les données, fournies au tableau III.8, pour les périodes et les secteurs géographiques qui nous concernent.

III.- CONCLUSION

Ainsi, un certain nombre de sites régionaux ont bénéficié d'une étude sur les matières premières, à des niveaux différents d'analyse, qualitative ou quantitative. A travers ces travaux se sont dessinées des tendances dans les choix de matériaux, les circulations et leurs évolutions dans le temps (Affolter *et al.*, 1999).

Les recherches de Grünwald et Affolter (1999) ont mis l'accent sur les contraintes que représentait l'approvisionnement en silex en milieu de montagne. Pour chaque site et gîte considéré, le nombre de cours d'eau et le dénivellement sont indiqués en plus du nombre de kilomètres qui n'est pas à lui seul suffisamment explicite pour qualifier l'effort fourni pour transporter le silex du gîte au site.

Site	Période	Silex blond	Grand Pressigny	Forcalquier	Type de produit
Isère					
Grande-Rivoire (Sassenage), c. B1	Néolithique ancien épicaldial				1 lamelle, 2 fragments de lamelle (p), 6 éclats dont éclats de retouche
Grande-Rivoire (Sassenage), c. A2	Néolithique moyen ancien				1 fragment de lamelle (p)
Grande-Rivoire (Sassenage), c. A3	Chasséen récent				1 lame retouchée (p), 1 grattoir
Rocher de Saint-Loup (Vif)	Chasséen récent ? Chalcolithique				2 grattoirs en bout de lame, 1 fragment mésial de lame retouchée
Abri de la Barne Bigou (Fontaine)	Chasséen réc. ? Chalco., Bronze anc.				B : Lamelle (p) ; GP : 2 fragments de lame retouchée ; F : 1 fragment de lame retouchée
Station des Sées (Saint-Martin de Clelles)	Chasséen ancien et Néolithique ?				1 grattoir en bout de lame, 2 fragments de lamelles (p)
Rocher de Cornillon (Fontanil)	Néolithique, Chalcolithique				1 fragment de lamelle chauffée (p)
Col du Fau (Saint-Paul-de-Monestier)	Chasséen				Lamelles (p)
Balme-Rousse (Choranche), c. B3	Néolithique final				1 fragment de poignard
Rocher de Comboire (Claix)	Chasséen, Chalcolithique				
La grotte de la Balme (La Balme)	Néolithique final				1 poignard, 1 fragment de poignard
Drôme					
Bouvante (Bouvante)	Méso., Néolithique anc., Chasséen				3 lamelles (p)
Le Chazal (Menglon)	Mésolithique, Néolithique				Lamelles brutes ou retouchées (p)
Col de Lachau (Glandage)	Néolithique ancien terminal				
Beaume Courdeau (Die)	Néolithique final, Bronze ancien				1 fragment de lame retouchée
Grotte du Fournet (Montmaur-en-Diois)	Néolithique final, Bronze ancien				GP : 4 pointes foliacées ; F : 1 fragment de poignard poli, 1 lame retouchée à cortex poli
Deux Savoies					
Vieille Eglise (Balme-de-Thuy), c. C5a	Cortailod				Lames et fragments de lames (p), petits éclats, 1 pointe de flèche
Francin (Francin)	Chasséen récent				Lamelles brutes et retouchées (p)
Grande Gave (La Balme)	Néolithique				1 perçoir sur lame (p)
Grotte Carret	Néolithique				1 lame retouchée
Station du Port (Annecy)	Néolithique final				GP : 3 poignards, 5 frag. de poignards, 2 grattoirs, 5 racloirs, 1 pointe sur lame ; F : 1 frag. de lame retouchée
Conjux 3 (La Chatière)	Néolithique récent et final				
Station des Roseaux (Aiguebelette le Lac)	Néolithique final				1 fragment de lame retouchée, 1 fragment de lame, 1 fragment de poignard dos poli

Tableau III.8 - Inventaire des silex blonds, du Grand-Pressigny et de Forcalquier dans les séries du Mésolithique et du Néolithique des sites des massifs subalpins. D'après les résultats de Riche (1999). Gris clair : silex blond = Vaucluse ou autre ; GP et F = présence possible / Gris foncé : silex blond = Vaucluse ; GP et F : présence.

CHAPITRE 3 : *Etudes de séries*

Les séries des sites mésolithiques et néolithiques que nous avons choisies ont été étudiées selon une approche « classique », combinant observations macroscopiques et examens à la loupe binoculaire. La démarche et les descripteurs pétrographiques utilisés pour les pièces archéologiques sont identiques à ceux décrits dans la partie I, chapitre 2.

I.- ASPECTS METHODOLOGIQUES : De la caractérisation d'un échantillon géologique à la détermination d'origine d'un artefact

Les déterminations de provenance, quelle que soit la roche considérée et la méthode utilisée, sont le résultat d'une correspondance entre les caractéristiques d'un artefact, et celles d'un échantillon géologique, prélevé dans une source géographiquement limitée. Cependant, passer de la caractérisation de silex naturel à celle d'objets archéologiques pose des problèmes spécifiques.

I.A.- Les altérations de surface

Les premières limitations qui se posent face à cette démarche sont les phénomènes d'altération qui peuvent induire des différences entre les caractères premiers du silex et ceux que l'on observe sur la pièce archéologique. Ces phénomènes qui sont le résultat de l'interaction entre le milieu de conservation et le silex ont été évoqués par de nombreux auteurs. Il s'agit de la patine blanche (Rottländer, 1975 ; Masson, 1981 ; Inizan *et al.*, 1995 ; Simmonet, 1999). Un autre type de modification superficielle, qui s'apparente plutôt à un dépôt qu'à une altération de surface est la patine ferrugineuse décrite par Masson (1981). Elle concerne tout particulièrement les pièces issues de ramassage de surface. Nous pouvons aussi évoquer les imprégnations d'oxydes de manganèse qui s'observent sous la forme de taches dendritiques noires, qui touchent notamment les pièces du site moustérien de Prélétang (Bernard-Guelle et Bressy, 2001). La « patine ferrugineuse » et les dépôts manganiques se surimposent bien souvent à une patine blanche. Ces phénomènes rendent délicate la caractérisation macroscopique. Pourtant, des classements selon les couleurs prises par les pièces patinées sont souvent tentés car elles sont généralement proches pour un même type de matériau. Il est à noter que la patine révèle parfois des zonations et litages invisibles, ou très discrets, en fracture fraîche.

Dans le cadre d'une étude basée sur des observations à la loupe binoculaire, la patine blanche peut se révéler totalement masquante, lorsqu'elle est prononcée et touche une pièce en profondeur, ou au contraire, rendre plus visibles certains éléments

bioclastiques. Cependant, dans ce dernier cas, l'aspect que présente le silex peut être très différent de celui qu'on observe en cassure fraîche. Ainsi, il peut conduire à fausser les attributions de provenance. Toutefois, les pièces archéologiques patinées font l'objet d'une observation à la binoculaire afin de reconnaître le degré d'altération et observer les types d'éléments reconnaissables. A l'intérieur d'une série lithique il est ainsi possible de bâtir des groupes à partir de pièces patinées montrant des types d'éléments identiques. Seule une méthode destructive peut contourner le problème de patine (lame mince ou géochimie).

Ces questions d'altération sont liées aux conditions chimiques qui règnent dans le milieu d'enfouissement des pièces archéologiques. Ainsi, selon les sites considérés, la proportion de pièces patinées pourra varier fortement et les possibilités d'application de méthodes non-destructives concerneront une partie plus ou moins réduite de la série lithique. Dans les secteurs de Chartreuse et du Vercors, il est possible de distinguer les matériaux ayant des appartenances géologiques différentes. En effet, les silex valanginiens conservent leur aspect chargé en éléments, et la patine n'est pas homogène. Les silex barrémiens offrent une patine souvent grisâtre, qui renvoie à leur couleur d'origine. Enfin, les silex sénoniens présentent les patines les plus accentuées et uniformes, dans les tons beiges ou jaunâtres.

Les silex « nécrosés » (Masson, 1981) constituent des cas « extrêmes » d'altération. Ce terme est utilisé lorsque la pièce, d'aspect blanc et poreux, présente un caractère pulvérulent et une perte importante de densité. Ce type d'altération, qui est le résultat d'une dissolution et néogénèse (par remobilisation de la silice) du silex (Masson, 1981), touche certaines pièces du site de l'Aulp du Seuil qui s'effritent et présentent des contours « grignotés ».

L'action du feu sur le silex, avant ou même à la suite de l'enfouissement, change l'aspect du silex. Les conséquences pour la caractérisation sont variables car il existe plusieurs stades d'altération thermique. Lorsque la chauffe a été provoquée intentionnellement, pour améliorer la qualité du débitage, les caractères macroscopiques peuvent être légèrement modifiés (apparition d'un aspect « gras » spécifique, légère rubéfaction). A la loupe binoculaire ces transformations se traduisent par une coloration plus vive des oxydes de fer contenus dans la matrice. Lorsque l'action thermique est prolongée, de manière accidentelle par exemple, des phénomènes de recristallisation oblitérent le microfaciès sédimentaire initial du silex. On assiste encore à la formation de réseaux de fracturation et à la modification de la couleur de la roche. D'autre part, l'altération thermique prédispose les pièces à la patine.

I.B.- Problèmes d'exhaustivité du référentiel

Une seconde série de remarques concerne les limitations dues à la méconnaissance des matériaux géologiques.

La première difficulté est le manque d'exhaustivité du référentiel constitué à partir des silex échantillonnés dans les sources régionales. Celui-ci est dû principalement à un manque de temps, à la difficulté ou l'impossibilité d'accès à certaines sources. En outre, un biais est introduit lors des prospections par les modifications anthropiques ou naturelles du paysage. En effet, des nombreux gîtes échantillonnés sont le résultat de travaux de terrassement, ou d'épierrement de champs. Ces silex n'étaient pas accessibles à ces endroits aux périodes préhistoriques. Toutefois, ils sont pris en compte en tant qu'illustration d'un type de matière première, qui affleurerait éventuellement à des endroits inaccessibles de nos jours.

Des erreurs d'attribution d'origine peuvent être liées à la variation d'un type de silex qui se manifeste tant à l'échelle macroscopique que microscopique. Lors de l'échantillonnage, un intérêt particulier est accordé à la prise en compte de cette variabilité. Une illustration significative de cette variation de faciès est la distinction de six types à l'intérieur du groupe I de C. Riche (1998). Or il faut rappeler que ses travaux étaient axés principalement sur la caractérisation des silex du plateau de Vassieux-en-Vercors, soit une superficie de 32 km². Lorsqu'un ensemble de massifs constitue la zone d'étude, une caractérisation aussi fine de la variabilité de chacun des types de silex recensé demanderait un temps considérable et une multiplication d'échantillons aboutissant à un volume de matériaux difficilement gérable. Ainsi, il faut introduire une certaine souplesse dans la comparaison entre les pièces archéologiques et les échantillons de référence qui illustrent un type de matériau mais qui n'est pas représentatif du domaine de variabilité tant macroscopique que pétrographique de l'ensemble du gîte. En outre, la surface d'observation réduite sur les artefacts par comparaison à celle des échantillons géologiques ne permet pas toujours d'observer ces variations de faciès.

I.C.- Protocole d'étude

Chaque pièce est observée à la loupe binoculaire. Les caractéristiques relatives au microfaciès sédimentaire de l'objet sont relevées. Prises dans leur globalité, elles nous renseignent sur la famille géologique de la pièce. Celle-ci correspond à l'étage géologique d'origine du silex (Valanginien, Barrémo-Bédoulien, Sénonien, etc.). Au-delà de cette première identification, qui permet de cerner les zones de provenance possibles, les traits spécifiques du microfaciès sédimentaire vont permettre de définir le

type. Les caractéristiques du type ou faciès seront corrélées avec celles d'échantillons de silex géologiques afin d'identifier l'origine géographique précise de la pièce, à l'échelle d'une source ou d'une aire d'affleurement.

Une base de données informatisée a été créée sous Excel pour chaque site étudié. Les différentes couches sont traitées séparément. Pour chaque pièce archéologique observée, les informations relatives à la famille, au type, à la présence de cortex et à l'altération thermique sont consignées dans la base de données. Une rubrique « commentaires » vient compléter la fiche de chaque échantillon.

A la suite de l'enregistrement des pièces et de leurs caractères, le traitement des données est effectué au moyen de tableaux croisés dynamiques qui permettent de trier les pièces par familles ou par types.

Pour chaque série étudiée, la numérotation des types de silex est indépendante. Ainsi il est possible de retrouver dans deux séries différentes un type SEN 1, qui ne présente pas les mêmes caractères pétrographiques et offre donc des origines géographiques différentes.

II.- APPLICATIONS

II.A.- Les sites des Hauts-Plateaux : deux exemples

II.A.1.- Introduction

Situé entre 1500 et 2000 m d'altitude, ce vaste espace où affleure le calcaire urgonien présente un paysage tabulaire d'aspect désertique à cause de la rareté de l'eau. Plusieurs dizaines de stations de plein air localisées entre 1500 et 1700 m d'altitude et s'échelonnant du Mésolithique moyen au Néolithique ancien ont été découvertes dans le cadre de plusieurs programmes de prospection thématique (Bintz, 1993 et 1994 ; Picavet et Bernard-Guelle, 1998 et 1999). L'intérêt de l'étude de ces sites repose sur la mise en relation avec des gisements de plus basse altitude afin de comprendre les circulations et les modes d'exploitation alternés entre plaine et montagne, impliquant une grande mobilité des hommes. Cette mobilité peut être tracée grâce à l'étude des matières premières qui composent les séries. En outre, le matériel issu des sites, sondés ou récoltés en surface, est majoritairement lithique. Ainsi, les informations qui peuvent en être tirées découlent quasi exclusivement de l'étude typo-technologique des industries incluant la détermination des types de matières premières et la recherche de leur origine géographique. La détermination d'origine des matières premières permet de mieux appréhender le mode d'exploitation du territoire et de découvrir des contacts avec d'autres parties du massif ou même des zones extérieures à celui-ci, d'autant plus que les Hauts-Plateaux sont quasiment dépourvus d'affleurements de silex. Elle

offre aussi la possibilité de mesurer le degré de connaissance des populations préhistoriques des ressources lithiques régionales et de percevoir d'éventuelles « préférences » pour certains types de matériaux ou certains secteurs d'approvisionnement. En l'absence de matière organique conservée dans les gisements des Hauts-Plateaux, aucune datation C14 n'est possible. En conséquence, l'attribution du matériel lithique à différentes périodes se fait par comparaison avec les séries provenant de sites stratifiés du Vercors bien datés (Bintz *et al.*, 1991). Ainsi, les attributions culturelles des séries nous renseignent sur la fréquentation du massif au cours du temps et sur son intensité.

Nous avons choisi les sites de Fontaine de la Baume et du Pas de l'Aiguille car leurs industries sont apparues relativement homogènes. De plus, l'un est situé sur une voie d'accès au Vercors tandis que l'autre est implanté au cœur des Hauts-Plateaux. Chronologiquement, la série du Pas de l'Aiguille étudiée est rapportée à du Mésolithique moyen tandis que celle de Fontaine de la Baume est castelnovienne (Picavet et Bernard-Guelle, 1999).

II.A.2.- Etude de matières premières de l'industrie lithique de Fontaine de La Baume, St-Agnan-en-Vercors

II.A.2.a.- Présentation du site

Fontaine de la Baume est localisée sur la bordure Ouest des Hauts-Plateaux du Vercors (fig. III.6) à 1515 m d'altitude. Elle se trouve à 4 km (à vol d'oiseau) du Col du Rousset et 3 km suffisent depuis le site de la Baume pour rejoindre la vallée de la Vernaizon qui constitue un axe de circulation nord-sud naturel à travers le Vercors.

Le site de Fontaine de la Baume a été découvert par R. Picavet et S. Bernard-Guelle en 1998 dans le cadre de prospections programmées sur les Hauts-Plateaux du Vercors (Picavet et Bernard-Guelle, 1998). L'élargissement d'une piste forestière dans ce secteur avait en effet mis au jour de nombreux silex. Le secteur de la Baume est privilégié par la proximité de nombreux points d'eau qui demeurent rares sur les Hauts-Plateaux. Cette caractéristique a conduit à entreprendre cinq sondages en 1998 à proximité de Fontaine de La Baume :

- A la Fontaine de l'Adret (sondage 48 à 50, fig. III.6)

- Au Serre de la Baume (sondage 51, fig. III.6)

Le sondage S50 a livré un tesson de poterie médiévale, tandis que les autres se sont révélés négatifs.

Le plateau qui surplombe la barre rocheuse au pied de laquelle s'ouvre la source de Fontaine de la Baume a fait l'objet d'un sondage (S47, figure III.6) en 1998. Il fut poursuivi en 1999 par une série de sondages d'un

quart de mètre carré (Picavet et Bernard-Guelle, 1999). Ce secteur a livré la majorité du matériel étudié.

II.A.2.a.1.- La stratigraphie

Cette description s'appuie sur les observations réalisées pour le carré 8. Une couche humique (horizon A) surmonte un niveau d'argile rouge sombre (horizon B). A la base de ce dernier se trouve le niveau archéologique. Les couches C et D sous-jacentes sont stériles. Elles sont respectivement constituées d'un cailloutis de granulométrie inférieure à 5 cm enrobé dans une matrice argileuse rouge, et de matériel gréseux. Le bed-rock se rencontre à plus ou moins 50 cm de la surface environ. Des perturbations au sein de ces couches ont été produites par des racines d'arbres.

II.A.2.a.2.- La série lithique

La série lithique issue des sondages de 1999 est constituée de 426 pièces. Le débitage est orienté vers la production de lamelles régulières. La présence d'armatures géométriques trapézoïdales rapporte la série à du Mésolithique récent castelnovien. Le nombre important de microburins (10) conduit à penser que les armatures de flèche étaient produites sur place. Enfin, le fond commun est peu abondant puisqu'il est seulement représenté par un grattoir, une lamelle Montbani et un fragment de lamelle à bord abattu. Parmi le débitage on note la présence de quatre nucléus.

Le Mésolithique sauveterrien est également attesté sur le site par quelques microlithes géométriques (dont un segment de cercle).

II.A.2.b.- Etude des matériaux

II.A.2.b.1.- Spécificités de la série

L'industrie lithique est uniquement constituée de silex.

La patine blanche touche un grand nombre de pièces. Dans ces conditions, la comparaison avec des échantillons géologiques de référence n'est pas permise à moins qu'une fracture nous autorise à examiner une surface fraîche. Lorsque la patine est associée à la chauffe, le matériau acquiert une coloration rosée, avec des intensités graduelles. A l'œil nu, les matériaux apparaissent donc très variés. Pour ces raisons les critères visuels dans le cas de l'industrie de Fontaine de la Baume apportent peu d'informations. C'est pourquoi notre étude s'appuie uniquement sur des observations réalisées à la loupe binoculaire qui demeurent toutefois elles aussi limitées par les altérations de surface.

Une autre difficulté est constituée par la dimension réduite des pièces. En effet, une majorité des éléments du débitage possèdent des dimensions inférieures au centimètre. La surface d'observation étant réduite, les éléments discriminants ne sont pas toujours présents et ne permettent pas de trancher du point de vue de l'origine.

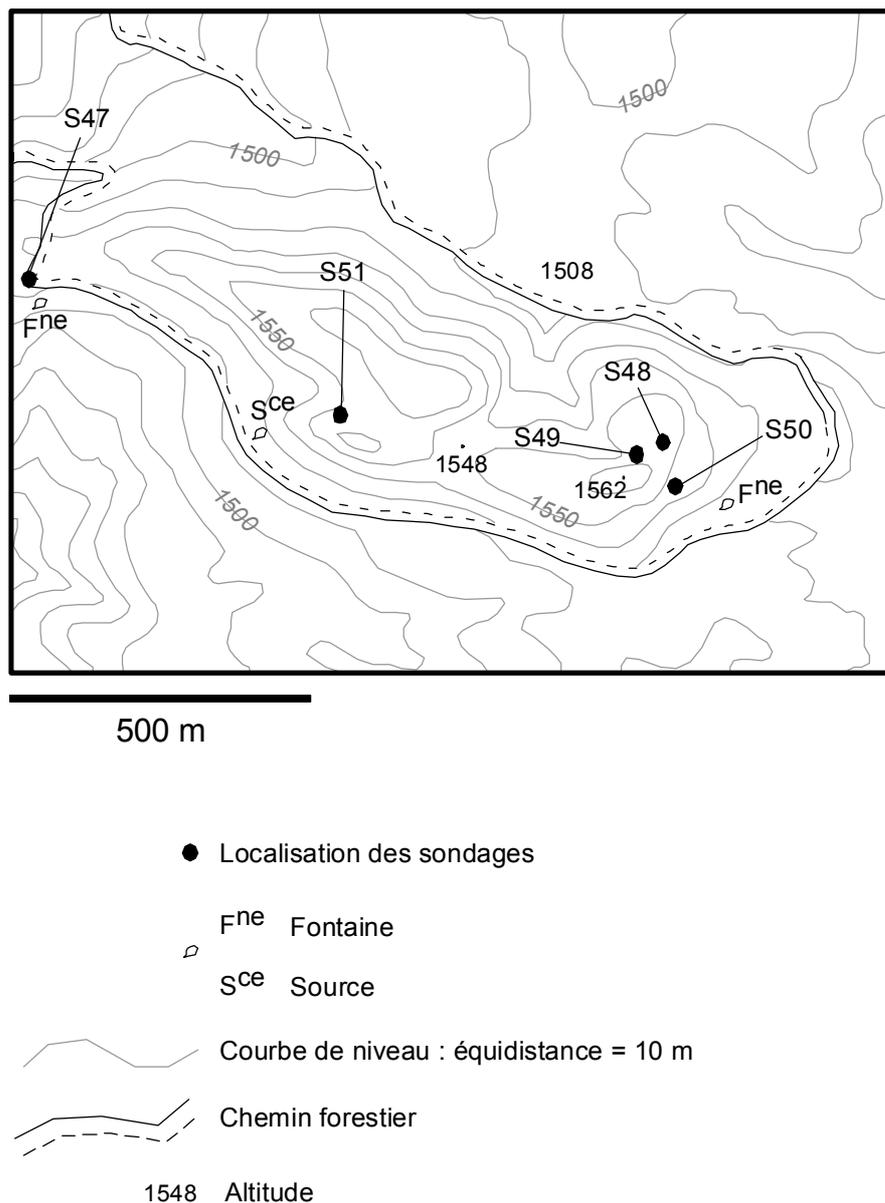


Figure III.6 - Le secteur de Fontaine de la Baume : localisation des sondages.

II.A.2.b.2.- Les ressources lithiques locales

Les sources les plus proches, comprises dans un rayon inférieur à 20 km, fournissent du silex barrémo-bédoulien. La partie supérieure de la dalle calcaire urgonienne qui constitue le substrat des Hauts-Plateaux du Vercors ne livre pas de silex. Toutefois, on rencontre ponctuellement dans ce niveau des passées calcaires oolithiques (n4Ud, Carte géologique de La Chapelle-en-Vercors, 1967) qui ont été le siège de silicification. Ainsi, des silex bioclastiques à faciès détritiques, avec ou sans oolithes, ont pu être échantillonnés au Pas de l'Essaure et dans le secteur de Chamousset. Il s'agit de très petits cassons (souvent inférieurs à 4 cm) et peu abondants. Du point de vue de la distance, ces silex se rencontrent à une dizaine de km au Sud-Est de Fontaine de la Baume, pour un dénivelé moyen de 350 m.

Dans le sud du Vercors, deux grandes aires d'affleurement, le plateau de Vassieux-en-Vercors et celui d'Ambel livrent d'importantes quantités de silex dans des argiles de décalcification et dans l'encaissant calcaire. Dans le prolongement des affleurements barrémo-bédouliens de Vassieux, des silex sont rencontrés au niveau du Col du Rousset qui constitue la zone d'affleurement la plus proche de Fontaine de la Baume (entre 5 et 6 km à vol d'oiseau).

Ces différentes aires d'approvisionnement potentielles sont énumérées d'après leur proximité par rapport au site :

- Col du Rousset (5 Km)
- Chironne (6 km)
- Vassieux-en-Vercors (6-7km)
- Font d'Urles (11 km)
- Ambel (16 km)

Le silex sénonien est localement présent, puisqu'il affleure ponctuellement au lieu-dit des Faures à Saint-Agnan-en-Vercors, à 4 km à vol d'oiseau du site pour un dénivelé de 600 m environ. A l'exception de ce secteur, cette variété doit être recherchée au Nord du Vercors, à partir de Villard-de-Lans.

II.A.2.b.3.- Le spectre des matières premières

Des silex issus de formations barrémo-bédouliennes, sénoniennes, turoniennes et hauteriviennes ont été identifiés dans la série (tabl. III.9).

La majorité des pièces, près de 70 %, est taillée sur des matériaux barrémo-bédouliens qui constituent les ressources en silex majeures du Sud du Vercors.

Familles	BB	SEN	TUR	HTV	IND	Total
Nbr de pièces	394	26	6	1	137	427
%	69,7	4,3	1,2	0,2	24,3	

Tableau III.9 - Répartition globale des familles de silex de l'industrie de Fontaine de la Baume.

L'ensemble barrémo-bédoulien (BB)

En raison de la forte altération thermique subie par les pièces, à laquelle s'ajoute la patine blanche, les déterminations de faciès se sont trouvées très limitées. Nous avons cependant distingué neuf types au sein de cet ensemble (tabl. III.10). Ces descriptions ont été réalisées à partir des pièces observées dans la série archéologique. Certains caractères présents dans les échantillons géologiques auxquels elles ont éventuellement été rapprochées font donc défaut. Quelques types se sont vu attribuer une origine géographique. Il s'agit de :

- BB3 qui correspond à un faciès d'Ambel.
- Chamousset, qui renvoie aux types rencontrés sur les Hauts-Plateaux.
- BB1, Vassieux 2, Les Chaux et ORB (pour Orbitolines) qui se rapportent enfin à différents faciès du plateau de Vassieux-en-Vercors. Cette origine rassemble la majorité des pièces identifiées.

Les types « BB1 » et « Vassieux 2 » sont tous deux rapportés au type 2 du plateau de Vassieux défini par C. Riche (1998). Une variation dans l'abondance des éléments justifie leur différenciation qui a été effectuée dans l'optique de faciliter les remontages.

Le silex à Orbitolines (ORB) est bien reconnaissable macroscopiquement, malgré des effets de patine qui font grandement varier la couleur de la matrice (de gris foncé à gris très clair, avec des nuances dans le beige).

Le silex du lieu-dit « Les Chaux » sur le plateau de Vassieux a été reconnu dans la série. Particulièrement sensible à la patine, il a seulement été identifié à la binoculaire lorsqu'une plage fracturée fraîche était observable. Ce fait peut en partie expliquer pourquoi il est sous-représenté par comparaison aux autres variétés de Vassieux.

Les faciès BB2, BBX2 et BBX3 ont été décrits dans la mesure où ils présentent des caractères spécifiques permettant leur identification éventuelle parmi les pièces archéologiques. Leur origine géographique n'a pas pu être déterminée.

Le type BB3 se différencie macroscopiquement des silex de Vassieux par la présence de taches et de marbrures gris foncé qui ponctuent la matrice.

L'ensemble sénonien (SEN)

Les phénomènes de patine introduisent un biais dans les identifications de silex sénonien au sein de la série. En effet, cette variété a tendance à se patiner de manière uniforme, alors que les silex barrémo-bédouliens seront, notamment par la présence de matière organique, plus facilement identifiables. Ainsi il est possible qu'une partie des indéterminables soient du silex sénonien.

Malgré la patine, nous avons pu constater la diversité des types représentés par les pièces taillées à partir de silex sénonien. D'une manière générale, ce matériau présente des éléments figurés se rapportant essentiellement à des intraclastes carbonatés et des spicules de Spongiaires. Ils présentent peu de microfossiles.

Aucun des types géologiques dont nous disposons pour le gîte de Saint-Agnan-en-Vercors (cf. supra) ne correspond aux faciès observés dans la série archéologique.

Le silex turonien (TUR)

Cette variété n'est représentée que par six pièces mais offre des caractères pétrographiques qui la différencient nettement des autres ensembles (tabl. III.10).

Ses aires d'affleurement sont à rechercher dans le secteur du Diois. Nous disposons de silex au faciès similaire échantillonnés au Pilhon, dans la Drôme.

Le silex hauterivien (HTV)

Une unique pièce a été rapportée à ce faciès qui présente les caractéristiques des types rencontrés dans les affleurements hauteriviens des bordures du Dévoluy et des Hautes-Alpes (gîte de la transition hauterivien-valanginien du Col de la Croix et sources hauteriviennes du Saix, cf. supra). Il s'agit d'un casson de 2 cm de côté qui montre, à la loupe binoculaire des éléments opalescents orientés dans une matrice translucide. Ses principales caractéristiques (tabl. III.10) sont la présence de pyrite, d'éléments calcaires généralement sphériques imprégnés d'oxydes rouge-orangé et l'abondance des spicules de Spongiaire orientés.

CARACTERES MACROSCOPIQUES										CARACTERES MICROSCOPIQUES													
Type archéologique	Cortex	Couleur	Eclat	Grain	Trame	Texture	Abondance (%)	Dimensions (µm)	E mousse	Eléments figurés										Microfossiles		Corrélation avec les échantillons géologiques	
										Intraclasses	Agrégats	Dolomie	Quartz	Glauconie	Oxydes de fer	Eléments rubéfiés	Matière organique	Foraminifères	Autres				
BB1	Calcaro-gréseux, épais	Patiné	M/O	F	F	W	12	< 100	absent à léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Type 2 Vassieux (Riche, 1998)
BB2	Absent	Patiné	M/O	F	Mou	W-P	20	50-150	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inconnu	
BB3	Calcaire, mince, ocre	Gris clair, patiné	M/O	TF	Mar-Ta	M	<10	-50 à 100	absent à léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ambel	
BBX2	Absent	Gris clair patiné	M/O	F	Mar	M	7,5	100-150	léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inconnu	
BBX3	Absent	Gris foncé, patiné	M/O	TF	Mar	W	15-20	100-150	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inconnu	
Chamousset	Fossilifère, mince	Gris, patiné	M/O	TF	Mou-Ta	P	40-50	300-mmq	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Silex des Hauts-Plateaux	
Vassieux 2	Absent	Gris -noir à patiné	M/O	TF	TF	M	7	< ou = 100	absent ou léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Type 2 Vassieux (Riche, 1998)	
Les Chaux	Absent	Marron à patiné	M/O	TF	TF	W	12,5	50	absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Type 4 Vassieux (Riche, 1998)	
ORB	Calcaro-gréseux, 2 mm, orangé	Gris, patiné	M/O	F	F	W	15-20	50-mmq	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Type 3 Vassieux (Riche, 1998)	
TUR	Calcaire, ocre	Gris, patiné	M/O	TF	Mar	W	15	25-100 et 250	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Type 3 Vassieux (Riche, 1998)	
HTV	Pellicule marron	Gris foncé bleuté	G/O	F	Mou	P	20-25	100-200	oui	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Col de la Croix, contreforts du Dévoluy	

Légende : Eclat G : gras M : mat O : opaque Grain F : fin TF : très fin Trame Mar : marbré Mou : moucheté Ta : tacheté

Texture M : mudstone P : packstone W : wackestone X : présent

Tableau III.10 – Description des types de silex identifiés dans l'industrie de Fontaine de la Baume.

Les indéterminables (IND)

Cette catégorie regroupe les pièces qui, en raison des effets de patine et d'altérations thermiques, n'ont pu être attribuées à l'un des ensembles évoqués ci-dessus. L'ensemble des pièces brûlées n'est pas indéterminable (tabl. III.11) mais ce type d'altération conduit souvent à uniformiser les caractères des types de silex, empêchant par exemple de distinguer les différentes variétés de silex barrémo-bédoulien (comme évoqué plus haut).

Un facteur qui vient s'ajouter aux difficultés d'identification des types est la dimension des pièces de laquelle dépend la surface de silex observable. Ainsi nous avons remarqué que lorsqu'elles mesurent moins d'un centimètre (n=141), la proportion de pièces indéterminées augmente de même que celle des pièces barrémo-bédouliennes indifférenciées (fig. III.7). Il faut relever qu'une partie (restreinte) de ces pièces correspond à des cupules thermiques, dont l'état d'altération ne permet généralement pas d'attribution à un type de silex.

Types	Nbr de pièces brûlées	N par type	%
BB indiff.	205	265	77,4
BB1	27	44	61,4
BB2	1	1	100
BB3	1	20	5,0
BBX2	0	1	0
BBX3	0	1	0
Chamousset	2	4	50
Vassieux	15	20	75
Les Chaux	8	9	88,9
ORB	13	29	44,8
HTV	1	1	100
SEN	12	26	46,2
TUR	4	6	66,7
IND	97	137	70,8
Total	386	564	68,4

Tableau III.11 – Proportion de pièces brûlées dans la série de Fontaine de la Baume, par types de matière première et sur l'ensemble des pièces.

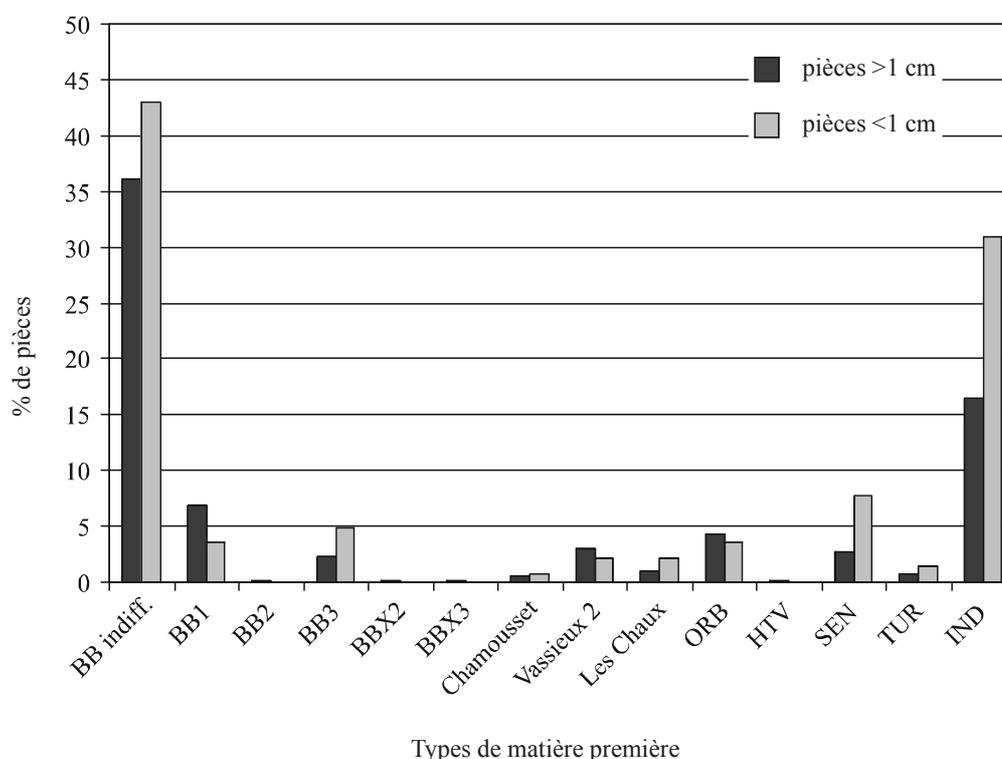


Figure III.7 - Comparaison des types de silex identifiés en fonction de la dimension des pièces (inférieures ou supérieures à 1cm).

II.A.2.b.4.- Résultats

Différents points soulevés par l'étude des matières premières de l'industrie de Fontaine de la Baume sont abordés ci-après.

Portée informative des pièces corticales

Les pièces corticales sont peu nombreuses avec une moyenne de 13,5 % sur l'ensemble de la série (tabl. III.12). Aucun éclat d'entame n'a été recensé. Ces

observations tendent à montrer que les nodules de matières premières étaient introduits sur le site sous forme de nucléus préformés (cas des matériaux constituant les nucléus). Ce fait s'accorde avec le statut de halte de chasse de Fontaine de la Baume, confirmé en outre par l'abondance des armatures trapézoïdales. La présence de microburins montre que la confection des armatures avait lieu partiellement ou totalement sur

le site à partir de supports introduits ou débités sur place.

A propos de la nature des cortex, on observe sur les pièces barrémo-bédouliennes des plages d'aspect calcaire, généralement peu épaisses, qui correspondent à la nature des cortex retrouvés sur les échantillons affleurant dans les poches d'argile de décalcification du sud du Vercors (plateaux d'Ambel et de Vassieux). Parmi les 26 pièces en silex sénonien, cinq présentent des résidus corticaux, de type alluvial pour une partie, tandis que les autres montrent des surfaces naturelles imprégnées d'oxydes orangés. Tous deux sont caractéristiques de gîtes secondaires (alluvions ou poches tertiaires), dans lesquels les silex sont souvent d'extraction plus facile.

	Types	Nbr de pièces corticales	N par type	%
Barrémo-bédoulien	BB indiff.	30	265	11,3
	BB1	4	44	9,1
	BB2	0	1	0
	BB3	1	20	5,0
	BBX2	0	1	0
	BBX3	0	1	0
	Chamousset	2	4	50
	Vassieux	2	20	10
	Les Chaux	1	9	11,1
	ORB	3	29	10,3
	HTV	1	1	100
	SEN	5	26	19,2
	TUR	2	6	33,3
	IND	25	137	18,2
	Total	76	564	13,5

Tableau III.12 - Proportion de pièces corticales dans la série de Fontaine de la Baume, par types de matière première, sur l'ensemble des pièces.

Corrélation des types de silex et des pièces retouchées

Le Barrémien demeure la matière première privilégiée pour la confection des armatures et de l'outillage (tabl. III.13). Les armatures ne sont pas

taillées sur un type préférentiel de silex barrémien. Parmi les matériaux allochtones, seul le silex sénonien a été introduit sur le site sous la forme de trois outils finis, sur les 26 pièces attribuées à cette famille. Ainsi, ce sont essentiellement les sources locales qui ont fourni les matériaux nécessaires aux activités des groupes préhistoriques qui ont fréquenté Fontaine de la Baume.

Un remontage a été effectué entre un éclat et le nucleus FdB 19, de type BB3. Il montre que le site n'a pas subi de remaniement majeur alors que c'est souvent le cas pour ce type de station de plein air de moyenne montagne. Un autre remontage a pu être fait entre deux autres pièces également confectionnées dans le matériau BB3.

Nous pouvons nous attarder sur les types de silex de Vassieux rencontrés sur le site. On remarque en effet que seul le type 1 de Vassieux (Riche, 1998) n'apparaît pas dans le débitage de Fontaine de la Baume. Nous rappelons ici que le type 1 de Vassieux est un silex au grain généralement moyen qui se présente sous la forme de rognons aux dimensions rarement inférieures à 20 cm et pouvant atteindre jusqu'à 1 m 50. C'est sans doute ce dernier critère, la dimension des blocs, qui a conduit les mésolithiques à opter pour les autres types de Vassieux. Le grain ne semble pas ici jouer de rôle majeur dans l'acquisition des matériaux puisque le type B1, bien représenté au sein de l'industrie, est relativement grenu au toucher. En outre, sur le plateau de Vassieux, les types 1 et 2 affleurent souvent à proximité. Les mésolithiques ont donc privilégié des rognons plus petits dans le contexte de déplacement auquel ils étaient sujets. Le fait que les faciès 2, 3 et 4 de Vassieux (correspondant ici aux types BB1 et Vassieux 2, ORB, les Chaux) aient été exclusivement employés au Mésolithique avait déjà été observé par C. Riche (1998) à l'examen des séries régionales lors de ses recherches sur la diffusion de ces matériaux.

N° de pièce	Types de silex								
	BB indiff.	BB1	BB2	BB3	BBX2	BBX3	Vass.	SEN	IND
OUTILLAGE									
Fond commun									
Grattoir sur lamelle	<i>FdB 6</i>					X			
Lamelle Montbani	<i>FdB 7</i>				X				
Lamelle à bord abattu (frgt)	<i>FdB 8</i>	X							
Armatures									
Trapèze	<i>FdB 1</i>							X	
Trapèze	<i>FdB 2</i>	X							
Fragment de trapèze	<i>FdB 3</i>		X						
Fragment de trapèze	<i>FdB 4</i>						X		
Fragment de trapèze	<i>FdB 5</i>	X							
Segment de cercle	<i>FdB 23</i>			X					
Pièces techniques									
Coche technique	<i>FdB 9</i>		X						
Microburin méso-proximal	<i>FdB 10</i>	X							
Microburin proximal	<i>FdB 11</i>			X					
Microburin proximal	<i>FdB 12</i>		X						
Microburin mésial	<i>FdB 13</i>	X							
Microburin distal	<i>FdB 14</i>							X	
Microburin distal	<i>FdB 15</i>	X							
Microburin distal	<i>FdB 16</i>	X							
Microburin distal	<i>FdB 17</i>							X	
Microburin distal	<i>FdB 18</i>								X
Microburin distal	<i>FdB 24</i>	X							
DEBITAGE									
Nucléus									
Nucléus	<i>FdB 19</i>			X					
Nucléus	<i>FdB 20</i>	X							
Nucléus	<i>FdB 21</i>		X						
Nucléus	<i>FdB 22</i>	X							

Tableau III.13 - Classification par types de matière première des armatures, des pièces techniques et des nucléus.

II.A.2.b.5.- Les aires d'approvisionnement (fig. III.8)

La figure III.9 synthétise les informations obtenues sur les provenances des matériaux de Fontaine de la Baume.

Plusieurs aires-sources doivent être isolées. Certaines peuvent correspondre à un approvisionnement direct de matériaux utilisés pour les besoins quotidiens lors des séjours sur les Hauts-Plateaux. Le secteur qui semble s'y rapporter est celui du plateau de Vassieux-en-Vercors dont les sources sont localisées dans un rayon inférieur à 10 km à partir du site. Cette zone locale d'approvisionnement englobe les sources des Faures (silex sénonien), à laquelle aucune pièce n'a été attribuée avec certitude, et des Hauts-Plateaux (silex à

faciès oolithique de Chamousset-Pas de l'Essaure) (fig. III.8). A ces dernières se rapporte un très petit nombre de pièces. Ce fait peut s'expliquer par la qualité médiocre des matériaux (petits cassons diaclasés : présence de deux pièces corticales sur quatre) qu'elles livrent par comparaison avec ceux trouvés sur le plateau de Vassieux.

Dans un rayon de 20 km autour du site, les sources d'Ambel sont accessibles ainsi que quelques-unes localisées dans le Haut-Diois. On peut considérer que l'on demeure dans le domaine d'approvisionnement voisin lorsqu'il est question du plateau d'Ambel mais pas lorsqu'on considère les sources du Diois dont

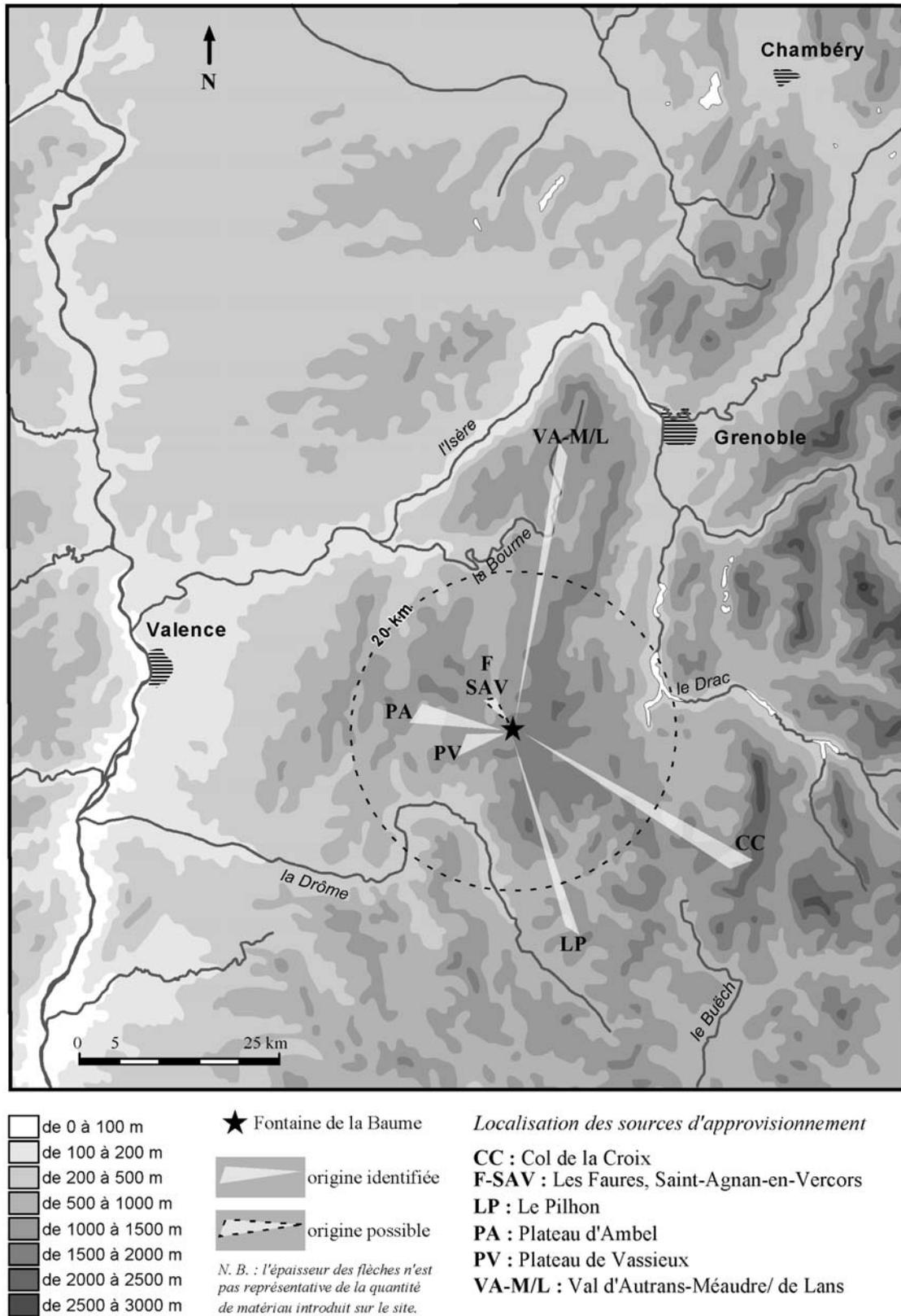


Figure III.8 - Représentation schématique des origines des matières premières identifiées à Fontaine de la Baume.

l'accès demande un investissement physique plus important en raison du dénivelé et des obstacles naturels à franchir. Bien qu'elles soient nettement moins représentées, les matières premières du plateau

d'Ambel ont fait l'objet d'une acquisition puis d'une introduction sous la forme de nucléus préformés (présence d'un nucléus, faible nombre d'éclats corticaux).

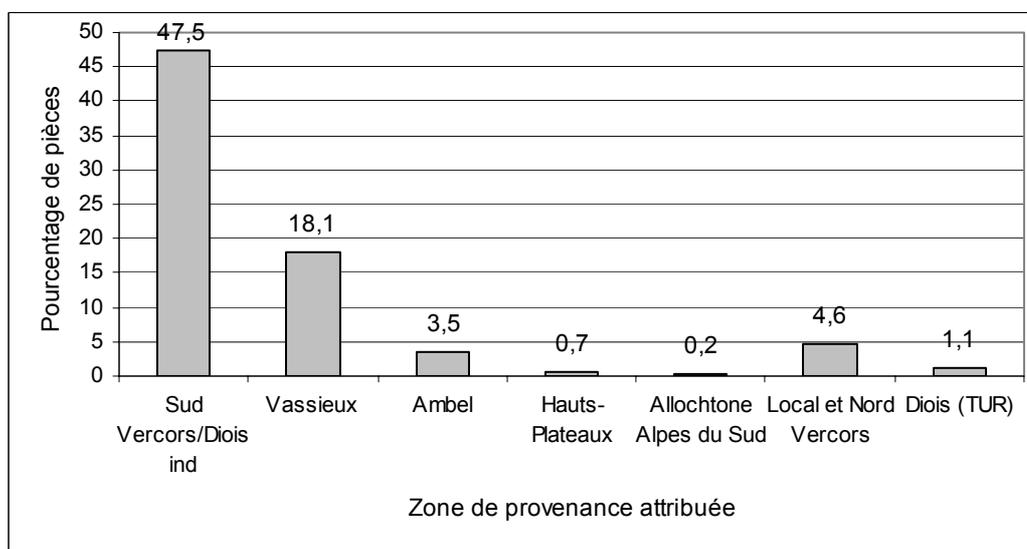


Figure III.9 – Aires de provenance définies par rapport à l'ensemble de l'industrie de Fontaine de la Baume.

Dans un rayon de 20 à 40 km sont comprises les sources du Nord du Vercors (silex sénonien) et du Diois (type turonien) (fig. III.8).

Enfin, du silex allochtone est représenté par une pièce provenant des Alpes du Sud. Une comparaison avec des échantillons géologiques montre une bonne correspondance avec le gîte du Col de la Croix (bordure occidentale du Dévoluy). Des types proches de ce faciès affleurent également sur la commune du Saix, dans les Hautes-Alpes à plus de 50 km à vol d'oiseau de Fontaine de la Baume (fig. III.8). Nous privilégions toutefois l'origine la plus proche du site, le col de la Croix, distant d'un peu plus de 30 km à vol d'oiseau.

On observe ainsi un gradient dans l'abondance des matériaux en fonction de la distance entre le site et leur source. La part importante de silex barrémien indéterminé offre toutefois une vision tronquée de l'approvisionnement.

II.A.3.- Le Pas de l'Aiguille, Chichilienne (Isère)

II.A.3.a.- Présentation du site

Au milieu des Hauts-Plateaux calcaires d'aspect désertique, le Pas de l'Aiguille et la Combe Chevalière, située immédiatement au sud, constituent un milieu unique par l'abondance des sources qui s'écoulent sur un terrain rendu imperméable par l'affleurement des marnes du Barrémien inférieur. Le secteur du Pas de l'Aiguille compte plusieurs stations de plein air se trouvant entre 1600 et 1650 m d'altitude (fig. III.10). Il se présente comme une dépression allongée nord-sud, disséquée par les cours d'eau qui isolent des replats sur

lesquels sont installées les stations préhistoriques. Les formations calcaires environnantes ne livrent pas de silex. L'emplacement du Pas de l'Aiguille, qui atteste de la pénétration du Vercors par sa façade orientale, présente un intérêt particulier dans la mesure où il permet l'accès à la partie méridionale des Hauts-Plateaux du massif ainsi que la jonction est-ouest entre le Diois et le Trièves. En outre, l'accès au site implique le franchissement du col de Lus-la-Croix-Haute, voie de communication vers la vallée du Buech et le bassin de la Durance.

La première station (station de la Source) fut découverte en 1975 par J. Coquelet. Le site a fait l'objet de plusieurs campagnes de sondage entre 1991 et 1994, pour en effectuer le sauvetage en raison de l'érosion menaçant ses bordures. Ainsi, la quarantaine de sondages réalisée dans le secteur a permis de mettre au jour dix gisements. Ces stations présentent des caractéristiques communes qui sont une situation en position dominante, sur des replats, et leur proximité par rapport aux sources.

Le degré d'homogénéité des séries lithiques est variable. Certaines sont homogènes (stations de la source et de Chevalière) et se rapportent au Mésolithique moyen tandis que d'autres (notamment Chaumailoux et butte boisée) (fig. III.10) présentent des mélanges entre le Mésolithique moyen, récent et le Néolithique ancien.

Nous avons étudié une série homogène des stations de la Source, issue du sondage S35 réalisé en 1993 et 1994. Le gisement est situé sur un replat au Nord du Pas de l'Aiguille, à proximité d'une source. Les niveaux archéologiques se rencontrent en place à partir

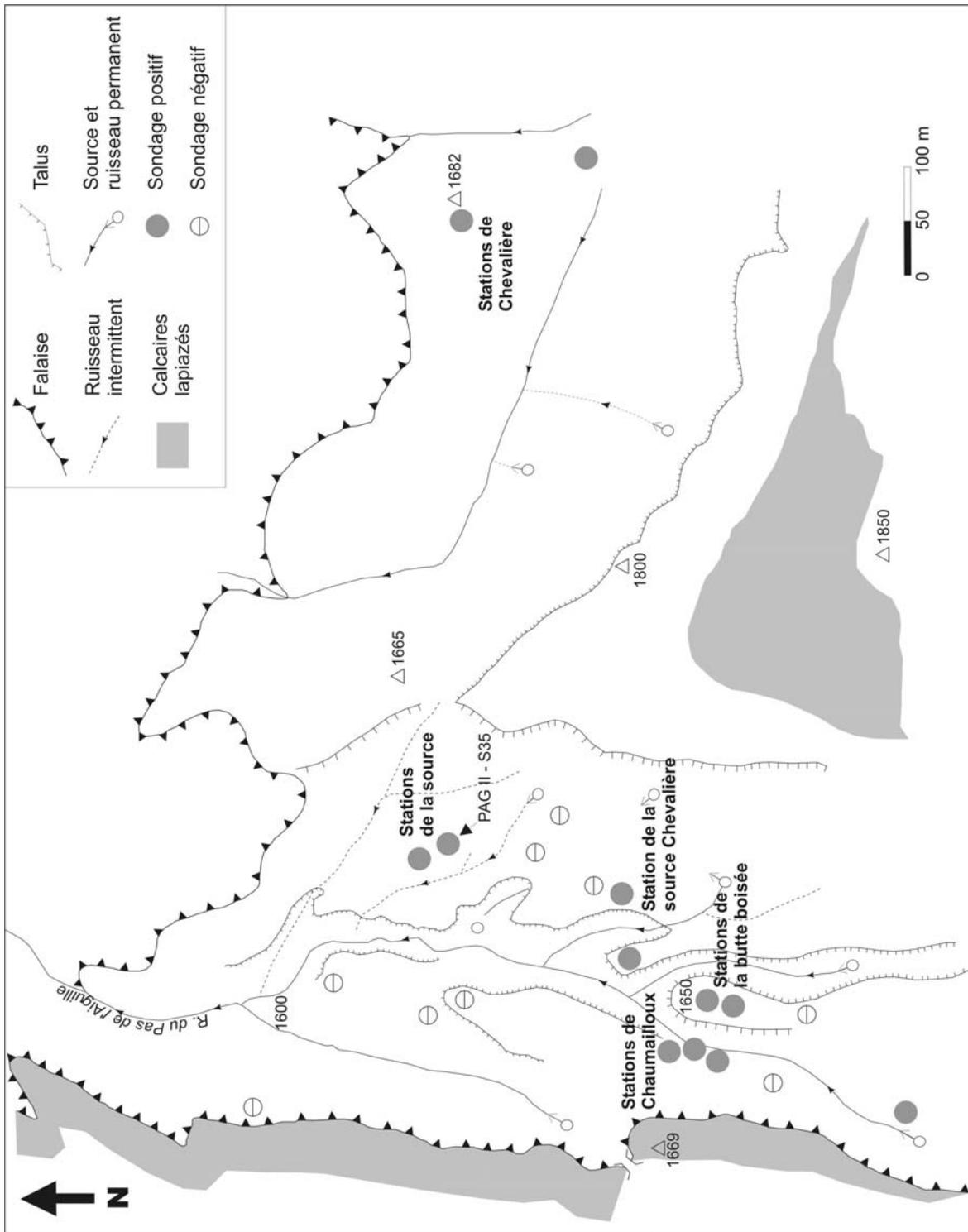


Figure III.10 - Secteur Pas de l'Aiguille/Chevalière : schéma géomorphologique et situation des sondages.

d'une quinzaine de centimètres en dessous de la surface du sol, à la limite inférieure de l'horizon humifère. L'industrie lithique, homogène, présente des microlithes se rapportant au Mésolithique moyen sauveterrien avec scalènes, triangles de Montclus et pointes de Sauveterre. Les stations de la source présentent donc la particularité, rare pour les sites de plein air, de livrer du matériel homogène et en stratigraphie.

II.A.3.b.- Les matières premières

II.A.3.b.1.- Le corpus étudié

L'industrie lithique du Pas de l'Aiguille est exclusivement composée de silex. Nous avons pris en compte pour l'étude 685 pièces issues du sondage PAG II S35 réalisé entre 1993 et 1994. Les pièces aux dimensions inférieures à 10 mm, incluses dans ce décompte, ont été prises en considération. Leur nombre est important mais elles représentent une faible proportion du point de vue de leur poids et de leur volume. Des types identiques à ceux identifiés pour le débitage et l'outillage se retrouvent parmi elles. Les petites dimensions des pièces rendent plus difficile l'identification des microfaciès. De plus certaines sont des cupules ou débris issus d'actions thermiques.

II.A.3.b.2.- Variétés de matériaux

Quatre familles de silex, individualisées par des caractères pétrographiques spécifiques qui renvoient à une origine géologique déterminée, ont été identifiées dans la série lithique.

Il s'agit des silex hauteriviens (HTV), barrémo-bédouliens (BAR-BED), sénoniens (SEN) et éocènes (EO) (fig. III.11). La catégorie « indéterminé » (INDé) se réfère aux silex aux caractères macroscopiques et pétrographiques ne renvoyant à aucune des variétés précitées. Enfin, les pièces classées indéterminables (INDable) présentent des altérations qui empêchent l'identification de la famille à laquelle elle appartient.

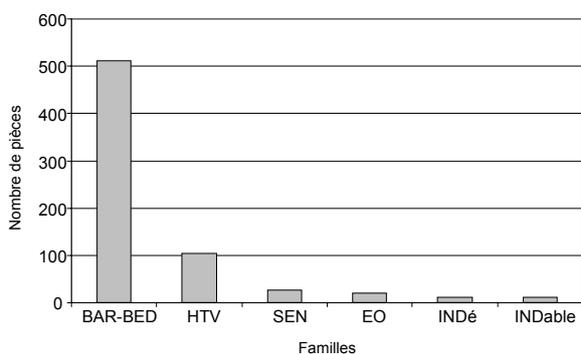


Figure III.11 - Distribution globale par famille de silex de l'industrie étudiée au Pas de l'Aiguille.

La famille barrémo-bédoulienne est la plus représentée puisqu'elle constitue près de 75 % de la série. Cette prédominance n'est pas surprenante étant

donné que dans un rayon de 20 km à partir du site, les sources livrent essentiellement du silex barrémo-bédoulien (plateaux d'Ambel et de Vassieux pour le Vercors, secteur de Glandage et de Belle Motte pour le Diois).

Les altérations sont essentiellement dues à une action thermique concernant 38 % de pièces. La patine, légère dans cette série, touche très peu de pièces et se révèle rarement masquante.

A l'intérieur de chaque famille, différents faciès renvoyant à des origines géographiques variées ont pu être distingués (tabl. III.14 et III.15 ; fig. III.12).

Types	Nbr de pièces	%
BAR-BED Ind	304	44,4
BAR-BED 1	112	16,4
BAR-BED 2	30	4,4
BAR-BED 3	3	0,4
BAR-BED 4	1	0,1
BAR-BED 5	4	0,6
BAR-BED 6	3	0,4
BAR-BED 7	7	1,0
BAR-BED X1	12	1,8
BAR-BED X2	4	0,6
Pellets	32	4,7
Sous-total BAR-BED	512	74,7
HTV	103	15,0
SEN ORBd	5	0,7
SEN 1	3	0,4
SEN 2	4	0,6
SEN 3	3	0,4
SEN Ind	12	1,8
Sous-total SEN	27	3,9
EO	21	3,1
INDable	12	1,8
INDé	10	1,5
Total	685	100

Tableau III.14 – Décompte des matières premières du Pas de l'Aiguille.

Le silex barrémo-bédoulien

La présence de différents types barrémo-bédouliens est perceptible à l'examen de la série. La catégorie « Barrémo-Bédoulien indifférencié » (BAR-BED ind) regroupe les pièces présentant des caractères propres à la famille des Barrémo-Bédouliens mais dont l'altération, thermique ou de surface, rend impropre la caractérisation fine de son faciès. Il arrive que les petites dimensions de certaines pièces soient également un facteur limitant l'identification d'un type. Enfin, quelques pièces aux caractères pétrographiques déterminables mais qui ne présentaient pas de particularités permettant d'identifier leur origine géographique précise sont comprises dans cette classe.

CARACTERES MACROSCOPIQUES										CARACTERES MICROSCOPIQUES										
Type	Cortex	Couleur	Eclat	Grain	Trame	Texture	Abondance (%)	Dimensions (µm)	Emousse	Intracastes	Agrégats	Dolomie	Quartz	Oxydes de Fer	Eléments rubrés	Matière organique	Foraminifères	Autres	Microfossiles	Corrélation avec les échantillons géologiques
BAR-BED 1	Calcaire, mince ou surf. diaclasique	Gris clair à moyen	M/O	F		M	5-7	<25-100	léger à absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de spongiaires trapus	Ambel
BAR-BED 2	Surface tectofractique	Gris moyen	M/O	F		M	7	<100	absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Incertae Sedis, fragment de lamellibranche	Ambel
BAR-BED 3	Surface tectofractique	Gris bleuté	M/O	F		W	12-15	150-250	absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	[Détail foraminifères : Textulariades, Glomospira] Incertae Sedis	Type 1 Vassieux (Riche 1998)
BAR-BED 4	Absent	Gris foncé parfois bleuté	M/ST	F		W	10-12	25-100	léger à absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire	Type Glandage
BAR-BED 5	Absent	Gris foncé parfois bleuté	M/O	F		W	10-12	25-100	absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire	Type 2 Vassieux (Riche 1998)
BAR-BED 6	Absent	Gris clair	M/O	F		W	10-12	100-500	absent ou léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire	Belle Motte
BAR-BED 7	Absent	Marron à patiné	M/O	TF		W	12,5	50	absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaires	Type 4 Vassieux (Riche 1998)
BAR-BED X1	Absent	Gris clair	M/ST	F		W	10-12	25-200	absent	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaires	Inconnue
BAR-BED X2	Absent	Gris foncé	M/ST	F	taches blanches	M	7,5	50-200	léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Incertae Sedis, spicules de Spongiaire	Inconnue
BAR-BED pellets	Surface tectofractique	Gris foncé parfois bleuté	G/O	F à M	Mou	P	50	75-400	fort	X	X	X	X	X	X	X	X	X		Diols ?
HTV	Pellicule marron	Gris bleuté foncé	G/O	F	Mou	P	50-60	100-250	moyen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire grêles et triaxones, Incertae Sedis	Col de la Croix
SEN ORBd	Surface naturelle lustrée	Marron clair	M/ST	F		W	12-15	75-150	moyen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire grêles, triaxones et punctiformes	Nord-Vercors
SEN 1	Absent	Patiné, blanc	M/O	F		W	12	<100	léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Feutrage de spicules grêles de Spongiaire	Bouvante
SEN 2	Calcaire, 1 mm	Marron clair	M/ST	F		W	20	50-100	moyen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire grêles	Nord-Vercors ?
SEN 3	Calcaire, 1 mm	marron clair orangé	M/ST	F	L	M	7,5	50-100	léger	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Spicules de Spongiaire grêles, filaments	Nord-Vercors ?
EO	Cassure diaclasique	Rose	M/O	F		/	/	/	/	/	X	X	X	X	X	X	X	X		Lus-la-Croix-Haute

Légende : Eclat : G : gras ; M : mat ; O : opaque ; Texture : M : mudstone ; P : packstone ; W : wackestone ; F : fin ; TF : très fin ; M : moyen ; Trame : Mar : marbré ; Mou : moucheté ; Ta : tacheté ; L : lité ; X : présent ; / : rare

Tableau III.15 – Description des types de silex identifiés dans l'industrie du Pas de l'Aiguille

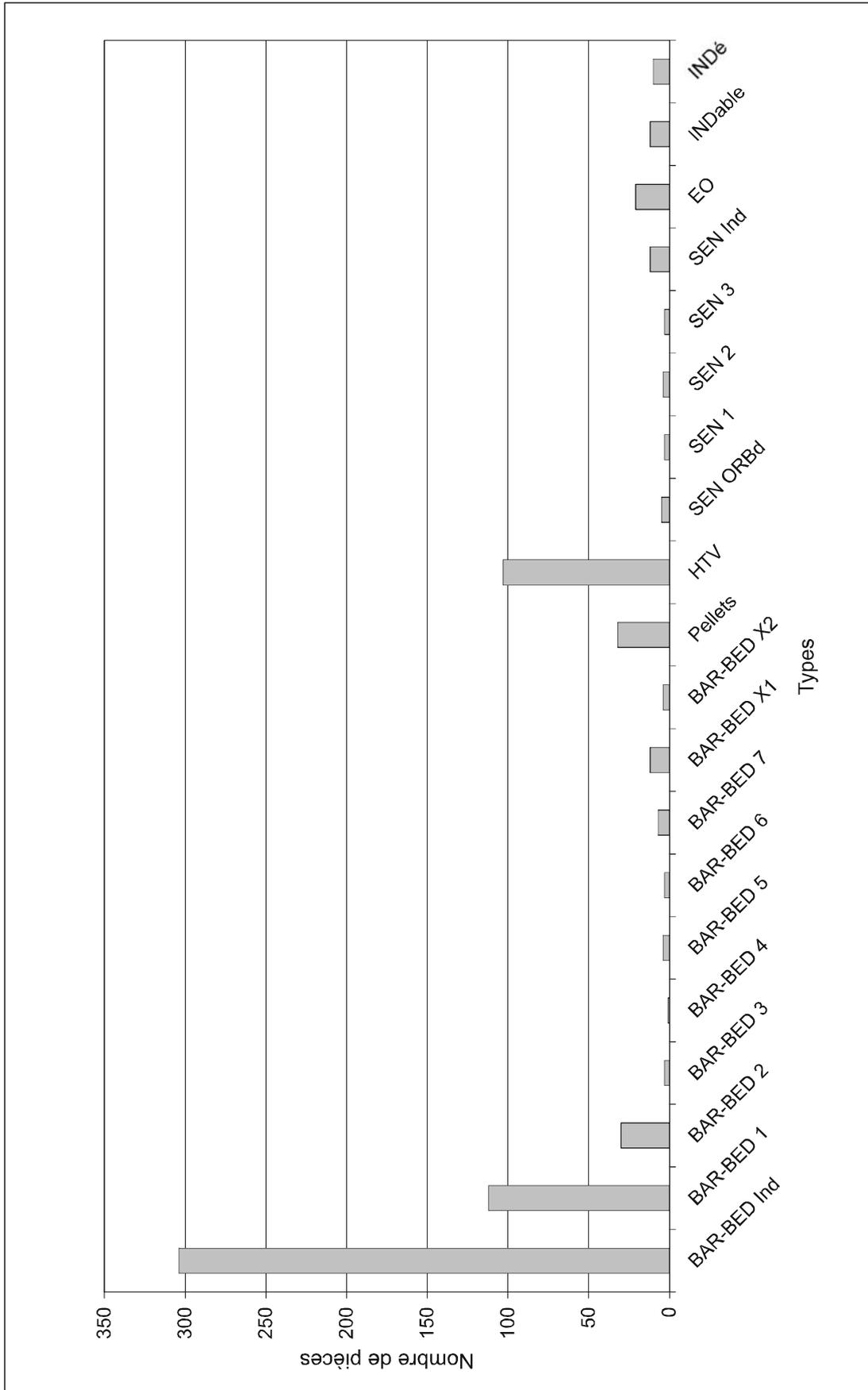


Figure III.12 – Distribution de la série du Pas de l'Aiguille par type de silex.

Certains types barrémo-bédouliens, au nombre de neuf, ont pu être individualisés et sont décrits au tableau III.15. Lorsque l'abréviation est accompagnée d'un chiffre seul, l'origine géographique du matériau a pu être établie tandis que quand elle est suivie d'un X, cela n'a pas été le cas et l'individualisation a été effectuée dans le but de faciliter d'éventuels remontages.

Des correspondances entre les faciès individualisés et des échantillons de silex naturel ont été établies. Les types BAR-BED 1 et 2 se rapprochent des faciès rencontrés sur le plateau d'Ambel, constituant l'une des deux aires principales d'affleurement de silex du sud du Vercors. Sa distance par rapport au site est de 20 km à vol d'oiseau. Les deux variétés peuvent être récoltées conjointement sur des sources identiques. Elles constituent l'ensemble barrémo-bédoulien identifié le plus important de la série.

Une origine du plateau de Vassieux-en-Vercors est attestée par la présence des types 3, 5 et 7 dans la série. Ils se rapportent respectivement aux faciès 1, 2 et 4 de Vassieux définis par Riche (1998). Seule une douzaine de pièces a été attribuée à ces différents types. Cette source majeure du Sud du Vercors est ainsi très peu représentée. Il faut ajouter que le type à Orbitolines de Vassieux, très caractéristique, est absent du spectre des matériaux du Pas de l'Aiguille étudiés jusqu'à présent.

Certaines variétés barrémo-bédouliennes identifiées proviennent du Diois. Elles sont toutefois représentées par un nombre très limité de pièces. Trois objets de type BAR-BED 6 (tabl. III.15) s'apparentent à un faciès qui affleure à la montagne de Belle Motte, distante de 11 km par rapport au site. Une pièce, type BAR-BED 4 (lamelle correspondant morphométriquement à un support de microlithe), a été rapprochée d'un faciès retrouvé de façon ubiquiste dans plusieurs affleurements du Diois : notamment à la Revolte (bédoulien de Glandage) et au lieu-dit de Vachères (à proximité de Boulc). La source de Glandage, la plus proche du site, se trouve à 15 km.

Enfin, les types BAR-BED X1, X2 et à pellets ont été isolés pour leurs spécificités pétrographiques mais n'ont jusqu'à présent pas pu être reliés à une source connue. Cependant, l'origine du silex barrémo-bédoulien à pellets dominants est sans doute à rechercher dans le Diois où d'autres types échantillonnés sur des affleurements présentaient des caractères proches.

Le silex hauterivien

Il constitue le type le plus représenté en nombre de pièces après le silex barrémo-bédoulien. Son faciès très particulier (tabl. III.15) qui le rend identifiable sans hésitation à la loupe binoculaire rappelle celui des silex de la transition valanginien-hauterivien (col de la Croix) et ceux de l'hauterivien qui affleurent dans la moyenne vallée du Buëch (cf. gîtes du bassin de Maraize – voir partie I, chapitre II).

Macroscopiquement, il peut être confondu avec le silex barrémo-bédoulien à pellets d'une part en raison

de la présence de mouchetures blanches sur un fond gris-bleuté sombre et d'autre part par son éclat gras et son opacité.

Il présente des surfaces naturelles très caractéristiques (retrouvées à l'identique exclusivement sur les silex géologiques des Hautes-Alpes et de la bordure du Dévoluy), difficilement qualifiables de cortex, qui ont l'aspect d'une pellicule terreuse déposée sur une surface plane. La fréquence de ces plages résiduelles sur les pièces de cette variété de silex nous permet d'estimer les dimensions et la morphologie des nodules initiaux. Il s'agirait de fragments quadrangulaires présentant deux faces parallèles, de quelques centimètres de long, ne semblant pas dépasser 5-6 cm. Une pièce seulement présente un cortex à proprement parler : il est d'aspect calcaire à la couleur ocre, épais et légèrement pulvérulent à l'image de ce qui est observé sur les échantillons géologiques.

Pétrographiquement, sa texture packstone et l'abondance de spicules de Spongiaires, d'éléments opaques et d'oxydes constituent ses caractères les plus spécifiques.

Quelques variations de faciès sont perceptibles à travers les diverses pièces représentant ce type. Cette variabilité est retrouvée dans les gîtes hauteriviens pour lesquels nous disposons d'échantillons de référence.

En raison de son origine géographique supposée, il est particulièrement intéressant de constater que 103 pièces se rapportent à ce type. La distance entre le site et les affleurements connus les plus proches est de 25 km et implique le franchissement de nombreux col et obstacles naturels. Des prospections futures révéleront peut-être une source présentant un faciès identique à celui décrit plus haut dans un secteur plus rapproché du site. Toutefois cette détermination de provenance, étonnante du triple point de vue de la distance parcourue, du nombre de pièces concernées et de la période considérée est étayée par la présence d'un autre matériau (cf. infra) attribué à un affleurement du secteur de Lus-la-Croix-Haute, au sud-ouest du col de la Croix, localisé sur l'axe de circulation reliant le Vercors à la vallée du Buëch.

Le silex sénonien

Cinq faciès de Sénonien ont été différenciés grâce au faible degré de patine des pièces : SEN ORBd, 1, 2, 3 et, la dernière, SEN ind qui regroupe les silex ne rentrant pas dans les catégories précitées en raison d'un manque d'éléments discriminants, ou d'une légère patine.

Pour le silex à Orbitoïdes, l'attribution de provenance ne pose pas de problème puisque ce type affleure dans les sources sénoniennes et tertiaires (silex en position secondaire) du Nord du Vercors et plus précisément dans les vals d'Autrans-Méaudre et de Lans. La distance minimale entre ces sources et le site est de 30 km.

Le type SEN 1 s'apparente aux échantillons récoltés sur la source de Bouvante par l'abondance en

spicules de Spongiaires qui forment parfois un feutrage. Le gîte est localisé au nord-ouest du plateau d'Ambel, soit à 24 km du Pas de l'Aiguille.

Les deux derniers types (2 et 3) de silex sénonien présentent des similitudes avec les variétés du Nord du Vercors mais ne peuvent pas être reliés à une source précise.

Le silex éocène

Plusieurs pièces sont taillées dans un matériau résultant de silicifications secondaires ou silcrètes. Ce type ne peut pas être décrit de la même manière que les autres en raison de son mode de formation particulier. Les éléments propres à cette variété sont les grains de quartz qui ponctuent un ciment siliceux de couleur rose. Quelques grains de nature calcaire sont également présents. Cette famille forme un ensemble très homogène tant du point de vue macroscopique que pétrographique. Ce silex a été attribué à l'Eocène par analogie avec un type de silicification connu dans cet étage et localisé dans le secteur de Lus-la-Croix-Haute (distant de 25 km à vol d'oiseau du site).

II.A.3.b.3.- Présentation des données

L'observation des matériaux du Pas de l'Aiguille a mis en évidence différents aspects de l'approvisionnement et de la gestion des matières premières qui doivent être présentés et discutés.

Pièces corticales et nature des gîtes d'approvisionnement

Les pièces corticales représentent 7 % de l'ensemble de l'industrie du Pas de l'Aiguille. Ce chiffre est relativement faible. Les plages corticales ou

naturelles résiduelles sont généralement peu étendues. Toutefois, nous avons relevé la présence de trois pièces entièrement corticales en silex barrémo-bédoulien, pouvant résulter de l'entame d'un rognon.

La proportion de pièces corticales varie selon les familles de silex (fig. III.13). Pour les silex barrémo-bédouliens, elle avoisine 5 %, tandis qu'elle est beaucoup plus importante pour les familles de silex minoritaires (HTV : environ 15 % ; SEN : entre 10 et 40 % ; 33 % pour les IND). Le décompte par type de silex précise ces disparités (tabl. III.16).

Bien que les pièces corticales ne soient pas très abondantes, elles nous renseignent sur les types d'affleurement d'où les nodules initiaux sont issus. La nature des cortex varie selon les familles. Au-delà de l'aspect spécifique du cortex de chacun des types, certains stigmates peuvent indiquer la nature primaire ou secondaire du gîte dans lequel le rognon a été prélevé. Les silex sénoniens montrent des cortex légèrement érodés et des surfaces de cassures diaclasiques, laissant penser que leurs rognons ont été prélevés en position sub-primaire (éboulis), voir dans des gîtes tertiaires où les nodules affleurent en position secondaire. Cette dernière possibilité est appuyée par le fait que les silex à Orbitoides sont rencontrés le plus fréquemment dans des conglomérats miocènes.

A travers le petit nombre de pièces barrémo-bédouliennes corticales, on observe parfois un cortex (souvent érodé et mince) mais le plus souvent, il s'agit de surfaces de cassure diaclasique à patine différentielle. Ces caractères rappellent ceux de nodules rencontrés soit dans des éboulis soit dans des colluvionnements.

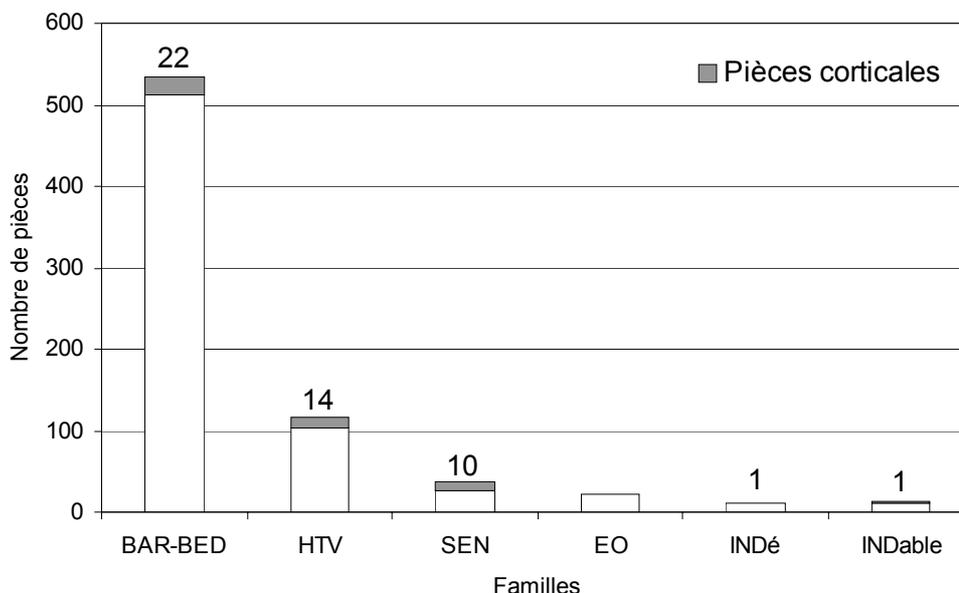


Figure III.13 - Représentation des pièces corticales par rapport à l'ensemble de l'industrie du Pas de l'Aiguille.

Types	Nbr pièces corticales	Nbr de pièces total par type
BAR-BED 1	2	112
BAR-BED 3	2	3
BAR-BED Ind	16	304
Pellets	2	32
HTV	14	103
SEN ORBd	1	5
SEN 1	1	3
SEN 2	2	4
SEN 3	1	3
SEN Ind	5	12
INDable	1	12
INDé	1	10
Total	48	685

Tableau III.16 – Détail des du décompte des pièces corticales par type de silex.

Le silex hauterivien a été échantillonné sur le terrain en position primaire et sub-primaire (éboulis) uniquement. A l’affleurement il présentait les mêmes surfaces naturelles que celles observées sur les pièces archéologiques attribuées à ce type. Enfin, une pièce possède également un résidu cortical d’aspect calcaire épais de 2 mm, de couleur ocre qui s’apparente à la nature des cortex observés sur les silex hauteriviens en place dans la roche-mère ou dans les éboulis.

Introduction des matériaux sur le site

Etant donné que l’analyse typo-technologique de la série n’a pas encore été réalisée, nos observations reposent sur peu de données. L’absence de nucléus et la faible proportion de pièces corticales pour les silex barrémo-bédouliens nous laissent penser que les activités de débitage n’ont pas concerné les phases de décortilage et ultimes du débitage pour ce matériau. Seules trois pièces, entièrement corticales, en silex barrémo-bédoulien peuvent correspondre à des éclats d’entame.

La présence de plages résiduelles naturelles sur les silex de type hauteriviens suggère que ce matériau a été transporté puis introduit sur le site sous la forme de cassons centimétriques.

En ce qui concerne le silex sénonien, la proportion de pièces corticales est nettement supérieure à celle des autres familles. Ces résidus montrent que les nodules d’origine étaient de petites dimensions (inférieures à 10 cm). Cette particularité peut indiquer un ramassage aléatoire de petits rognons au cours de déplacements liés à des activités déconnectées de l’approvisionnement en silex.

Sur la qualité de la matière première

Bien que ce critère soit relativement subjectif, il est à noter que la matière première utilisée dans l’industrie présente un grain fin et un bonne

homogénéité : lorsque des inclusions calcaires, blanchâtres sont présentes, elles ne montrent pas un grain différent des parties les mieux silicifiées. Ce fait est peut-être à relier aux types disponibles dans l’environnement naturel qui sont abondants et de faciès variés, laissant ainsi place à une sélection des nodules selon des critères qualitatifs ou morphologiques. En outre, la confection de lamelles, produits de petite dimension et relativement réguliers est facilitée par des matériaux fins et homogènes.

Matières premières et pièces discriminantes

Le tableau III.17 présente les types de silex constituant les armatures et les pièces techniques de la série. Un peu plus de la moitié de ces objets ont une origine allochtone (distance par rapport au site >20 km). Ainsi, 10 artefacts sur un total de 19 ont été taillés à partir de silex hauterivien alors que celui-ci représente seulement 15 % de l’ensemble de l’industrie. Il s’agit essentiellement d’armatures ou de pièces liées à leur confection. Un fragment de microlithe encore (classé EO) présente une origine extérieure au massif du Vercors.

Il faut relever ici que parmi les silex de Vassieux identifiés dans la série, le type BAR-BED 7, variété de couleur miel, constitue notamment une coche technique sur lamelle large (PAG II 94-15) et une armature trapézoïdale fracturée (PAG II 93-64). Ces pièces se rapportent plutôt à du Mésolithique castelnovien, intrusif dans la série dominée par le Sauveterrien. Au-delà de cette constatation, ce fait nous permet d’émettre l’hypothèse que l’approvisionnement en silex de Vassieux, très minoritaire dans la série, serait postérieur au Mésolithique moyen.

Bilan

Un comportement différent est perceptible vis à vis des différentes familles de matériaux qui correspondent à des zones d’origines géographiques différentes. Le silex barrémo-bédoulien local à sub-local est l’objet d’un approvisionnement réfléchi et déterminé puisque les phases d’épannelage sont réalisées hors du site, éventuellement sur la source de silex. Le silex hauterivien est partiellement introduit sur le site sous la forme de produits finis et de supports lamellaires. Enfin la présence du silex sénonien semble refléter des ramassages aléatoires au cours des déplacements des groupes qui ont fréquenté le Pas de l’Aiguille.

On ne peut pas à mon sens parler de gestion différentielle des matières premières puisque leur présence sur le site ne relève pas de la même démarche au niveau de l’approvisionnement. S’il existe une gestion différentielle des matériaux de cette série elle est à rechercher parmi les différents types de Barrémo-Bédoulien et sera évaluée à travers une étude technologique approfondie (D. Pelletier, doctorant à l’Université Aix-Marseille I, en cours).

		Types de silex						
		BB ind	BB1	BB2	BB7	HTV	EO	SEN ind
	<i>N° de pièce</i>							
Armatures								
Pointe de Sauveterre	<i>PAG II 93-62</i>					X		
Pointe de Sauveterre	<i>PAG II 93-63</i>					X		
Fragment de microlithe	<i>PAG II 93-51</i>						X	
Fragment de microlithe	<i>PAG II 93-52</i>	X						
Fragment de microlithe	<i>PAG II 93-53</i>					X		
Fragment de microlithe	<i>PAG II 93-54</i>	X						
Fragment de trapèze	<i>PAG II 93-64</i>				X			
Lamelle à 2 bords abattus	<i>PAG II 93-58</i>	X						
Scalène	<i>PAG II 94-70</i>					X		
Scalène	<i>PAG II 94-7</i>					X		
Scalène	<i>PAG II 94-78</i>							X
Microscalène épais	<i>PAG II 94-8</i>			X				
Fragment de scalène	<i>PAG II 94-26</i>					X		
Fragment de scalène	<i>PAG II 94-9</i>					X		
Fragment de microlithe	<i>PAG II 94-71</i>					X		
Fragment de microlithe	<i>PAG II 94-103</i>					X		
Pièces techniques								
Coche technique	<i>PAG II 94-15</i>				X			
Microburin	<i>PAG II 94-sans n°</i>		X					
Microburin	<i>PAG II 94-100</i>					X		

Tableau III.17 - Classification par types de matière première des armatures et des pièces techniques.

II.A.3.b.4.- Les aires d'approvisionnement

La figure III.14 offre une vision synthétique des différentes aires d'approvisionnement en silex du site du Pas de l'Aiguille.

Rappelons que l'environnement immédiat du site n'offre pas de sources de silex, à l'exception du silex oolithique, de petits modules et de mauvaise qualité et qui a été ici totalement délaissé. Les gîtes les plus proches affleurent dans un rayon de 10 km à vol d'oiseau. Je distinguerai donc les aires d'approvisionnement locales et voisines, situées à moins de 20 km et les silex allochtones, affleurant dans des secteurs distants de plus de 20 km. Dans le cadre de l'étude du Pas de l'Aiguille, en raison de sa position géographique, la distinction entre sources internes ou externes au massif n'a pas lieu d'être. Toutefois, l'approvisionnement dans les sources internes au massif est dominant puisque le plateau d'Ambel est la principale zone d'approvisionnement reconnue parmi les pièces dont l'origine a été déterminée. Cependant, on peut se demander en raison du petit nombre de pièces rapportées au plateau de Vassieux, pourtant

localisé entre le plateau d'Ambel et le site, s'il n'existe pas une convergence de faciès entre certains silex du Diois, encore insuffisamment connus et ceux du plateau d'Ambel. La confection de lames minces pourrait éventuellement nous éclairer sur ce point. Bien que discrète, la présence de silex du plateau de Vassieux demeure manifeste. Je rappelle que cette origine a notamment été attribuée à deux pièces typologiquement rapportées au Castelnovien.

Une seconde aire d'approvisionnement voisine est constituée par le Diois. Deux sources de ce secteur ont été reconnues à travers les matériaux qui composent la série. Cette provenance dénote des relations du site avec l'extérieur du massif du Vercors, tournées vers le Sud. Cependant, la question d'attribution des pièces aux affleurements du Diois n'est pas totalement résolue car ceux-ci ne sont pas encore très bien connus. Certaines pièces présentent des caractères proches de ceux de cette zone mais par manque d'échantillons de référence, elles n'ont pu y être rattachées de manière certaine. D'autres objets, une petite quantité par comparaison à

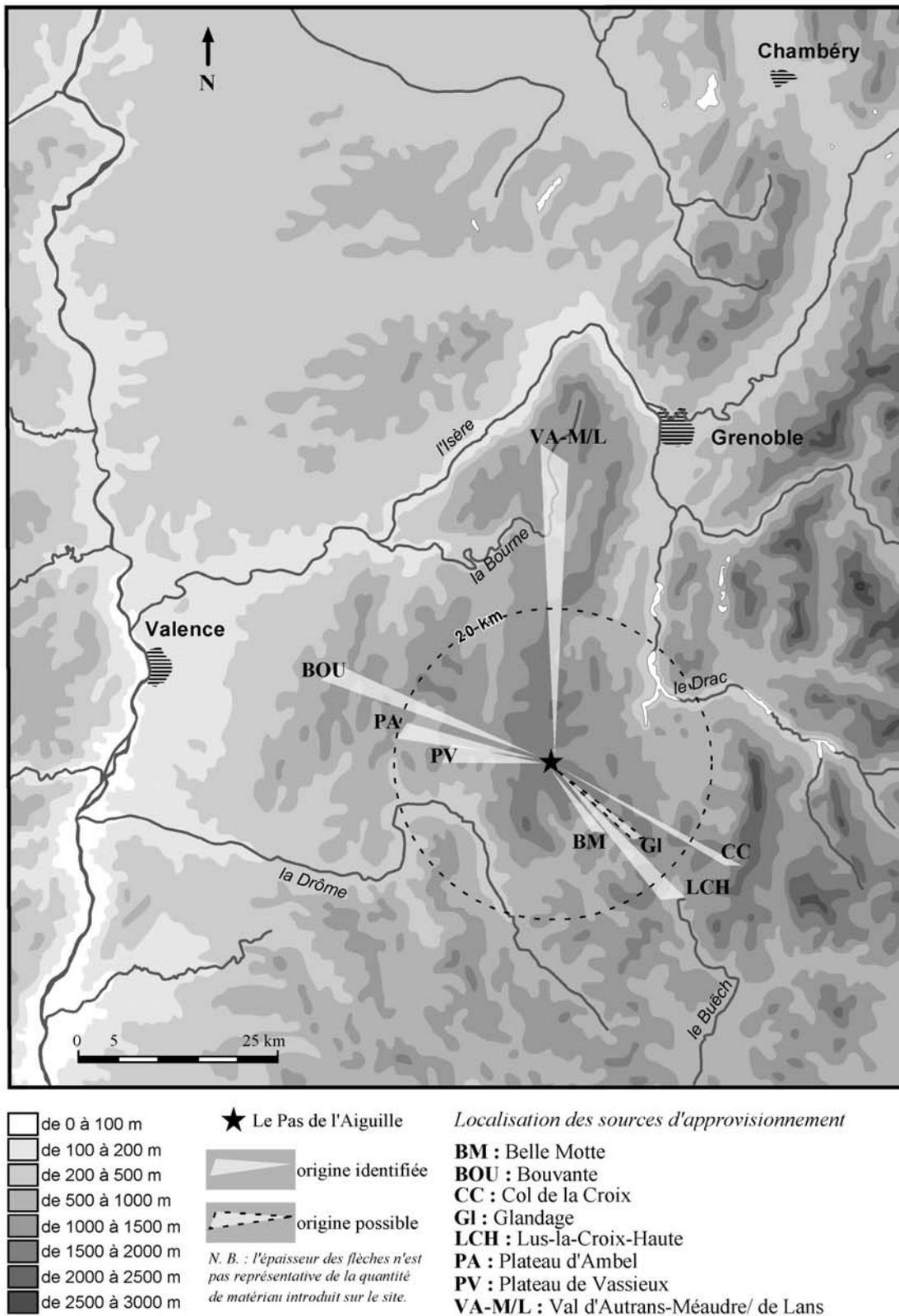


Figure III.14 – Représentation schématique des origines des matières premières identifiées au Pas de l'Aiguille.

l'ensemble étudié, proviennent effectivement des sources du Diois.

Les matériaux allochtones sont d'abord constitués par les variétés de silex sénonien. La présence discrète de silex originaire du Nord du Vercors sans confusion possible (le silex sénonien à Orbitoïdes) est attestée. Certaines autres variétés de Sénonien, à l'exception de SEN 1, sont sans doute originaires du Val de Lans ou d'Autrans-Méaudre. Ensuite, les secteurs de la vallée du Haut-Buëch et des contreforts du Dévoluy, à plus de 20 km du site, sont illustrés à travers le spectre des matières premières du Pas de l'Aiguille par deux types, l'un rapporté au secteur de Lus-la-Croix-Haute et l'autre au col de la Croix.

II.A.3.b.5.- Conclusion sur le Pas de l'Aiguille

Le Pas de l'Aiguille se trouve à la jonction de plusieurs biotopes qui se rapportent respectivement à un milieu humide à marécageux (dans le secteur de Chevalière), à des forêts ouvertes entrecoupées de pelouses alpines et à un environnement rocheux. La situation en altitude du site permet d'échapper aux milieux fermés par la forêt connus en plaine. En outre, géographiquement, le Pas de l'Aiguille se trouve au carrefour de plusieurs entités naturelles, les Hauts-Plateaux du Vercors, le Diois et le Trièves.

Ainsi, les facteurs écologiques, climatiques et géographiques expliquent le regroupement de ces sites formant un véritable agrégat et leur caractère résidentiel, par opposition à des haltes de chasse fréquentées seulement le temps d'une ou deux journées.

L'examen des matières premières vient renforcer le statut singulier du site, par la mise en évidence d'une multiplicité d'origines dont une partie est allochtone. La mise en évidence de circulations entre le Pas de l'Aiguille et des régions plus méridionales, assimilables aux contreforts du Dévoluy et à la haute vallée du Buëch, est le principal résultat de l'étude de cette série lithique. Cette origine géographique qui concerne plus de 120 pièces est certainement significative de celle des groupes mésolithiques qui ont fréquenté le Pas de l'Aiguille. Les provenances des silex barrémo-bédouliens du Diois et éocènes de Lus-la-Croix-Haute peuvent, dans cette optique, se concevoir comme des indications de jalons sur leur parcours vers le massif du Vercors.

II.A.4.- Conclusion sur les sites des Hauts-Plateaux du Vercors

Le Pas de l'Aiguille et Fontaine de la Baume sont deux sites d'altitude au contexte géomorphologique identique mais d'âge différent.

L'altération superficielle des pièces, inégale entre les deux séries, due à la nature différente du milieu d'enfouissement des objets (sec et poreux à Fontaine de la Baume ; argileux et humide au Pas de l'Aiguille), biaise les possibilités de comparaison des types. Ainsi, seule la mise en parallèle des aires qui ont servi à

l'approvisionnement des deux sites est envisageable. Celles-ci présentent de nettes différences. On constate en effet une prédominance de l'approvisionnement local, interne au massif du Vercors, pour Fontaine de la Baume puisque les deux aires d'affleurement en silex barrémo-bédoulien du sud du Vercors, Vassieux d'abord, puis Ambel, sont les principales exploitées. Quant au Pas de l'Aiguille, les matières premières apparaissent nettement plus diversifiées, accordant une part importante aux silex allochtones dont l'origine est à rechercher hors du massif du Vercors (Diois, Hautes-Alpes). En outre, on relève une forte représentation des faciès d'Ambel, aux dépens du silex de Vassieux, représenté par moins d'une quinzaine de pièces. Les raisons de ces variations sont sans doute multiples. Elles pourraient d'une part trouver une explication partielle dans la localisation de chacun des gisements archéologiques : le Pas de l'Aiguille se situe sur une voie d'accès au Vercors ouverte sur son piedmont est et sur le Diois, tandis que Fontaine de la Baume se trouve au coeur des Hauts-Plateaux, à une distance de 7 km du premier site. D'autre part les différentes traditions culturelles auxquelles se rattache chacun des sites étudiés, Mésolithique moyen d'une part et Mésolithique Castelnovien d'autre part, peuvent être à l'origine d'un changement de comportement dans le choix de sites d'approvisionnement et des circulations. Ces modifications peuvent refléter une évolution dans les modes d'acquisition de la matière première au cours d'une période sensible marquant le passage entre le Mésolithique et le Néolithique ancien.

A travers ces deux exemples de sites des Hauts-Plateaux, il est possible de parler de circulation de matières premières à des distances de 30 à 40 km pour le Mésolithique moyen des Hauts-Plateaux. Ces circulations à moyenne distance sont moins affirmées pour le site castelnovien de Fontaine de la Baume. Elle montre toutefois l'existence de certaines relations, dont la nature reste à déterminer, avec la vallée du Buëch et les zones plus septentrionales du massif du Vercors.

D'autres séries devront être prises en compte avant d'établir des conclusions générales sur l'approvisionnement en silex des sites des Hauts-Plateaux. La série de Gerland, constituée de plus de 1500 pièces, rapportée à un Néolithique ancien (avec quelques éléments sauveterriens mélangés), est en cours d'étude. D'après les observations faites jusqu'à présent, le spectre des matières premières est très proche de celui de Fontaine de la Baume. Cependant, l'altération des pièces est importante et les informations recueillies seront limitées. Le site de Chevalière (fig. III.10), localisé à proximité de celui du Pas de l'Aiguille, objet de sondage en 1993 et 1994, se prête particulièrement bien à une étude des matières premières en raison du faible degré de patine de l'industrie lithique. Des observations déjà effectuées nous indiquent des origines fortement orientées vers le Diois (Montagne de Belle Motte notamment). Ces déterminations montrent encore à quel point cette zone, reliant massif du Vercors et

Diois, se prête particulièrement bien dans le cadre de l'étude des matières premières à la mise en évidence de circulations de silex, par l'intermédiaire des populations préhistoriques, sur des distances de plusieurs dizaines de kilomètres.

II.B.- Séries lithiques de Chartreuse : le cas de deux gisements

Ce massif constitue du point de vue des matières premières une entité particulière. La qualité des matières premières rencontrées en Chartreuse est différente de celle du Vercors. Il en est de même du point de vue des modes d'affleurement.

Les deux sites que nous avons choisi d'étudier, le Col de Porte et l'Aulp du Seuil, présentent deux statuts bien différents par la nature de leurs vestiges archéologiques, leur localisation géographique et leur environnement minéral. Nous verrons comment ces différences se traduisent à travers les matières premières.

II.B.1.- Le Col de Porte (Isère, commune de Sarcenas)

II.B.1.a.- Présentation du site et acquis de la recherche

Ce gisement de plein air est implanté à 1326 m d'altitude dans une vaste prairie proche du Col de Porte (fig. III.15). Il se trouve dans la partie méridionale de la Chartreuse, à 16 km au nord-ouest de Grenoble, sur le passage obligé entre la façade sud, ouverte sur la vallée de l'Isère, et la zone centrale de la Chartreuse. Cette situation le place sur un des axes de traversée naturelle nord-sud du massif reliant la cluse de l'Isère à la cluse de Chambéry via les bassins de Saint-Pierre-de-Chartreuse et de Saint-Pierre-d'Entremont.

La découverte de matériel lithique dans ce secteur (« sur la route qui mène au Charmant Som ») en 1925 est due à H. Müller (Müller, 1925). En 1969, M. Malenfant trouve de nombreux artefacts lithiques dans une prairie située à quelques centaines de mètres au nord du Col de Porte. De nombreuses prospections sont alors réalisées et permettent d'individualiser 65 points de ramassage, répartis sur une zone longue de 1400 m et large de près de 300 m (fig. III.15). Le mobilier archéologique est également issu de deux sondages qui ont livré une stratigraphie présentant une couche unique de colluvions argileux ocres très altérés, recouvrant les marnes bérriasiennes. Aucune structure anthropique n'a été mise en évidence (Malenfant, 1995).

La série a été dans un premier temps attribuée à du Mésolithique sauveterrien d'après les éléments microlithiques (Malenfant, 1969).

En 1988, l'étude de l'outillage est reprise par P. Bintz dans le cadre d'une synthèse sur les stations de plein air des massifs subalpins de Chartreuse et du Vercors. L'absence de microburin et la rareté des pointes de Sauveterre, la prédominance des scalènes, la

présence de lamelles à dos et de pointes triangulaires à base tronquée large lui permet de rapprocher cette industrie des assemblages présents dans les couches 3 (Mésolithique moyen) et 4 (Mésolithique ancien) de l'aire III de la Fru datées respectivement du début du Boréal (couche 3 : $8\,580 \pm 200$ B.P.) et du Préboréal (couche 4a : $9\,740 \pm 370$ B.P.) (Pion, 1990). Il rapporte donc cet ensemble à un stade ancien du Mésolithique moyen de faciès jurassien (Bintz, 1991).

En 1995, l'assemblage lithique composé de 1823 silex et d'un quartz fait l'objet d'une nouvelle publication dans le Bulletin du Centre de Recherche Préhistorique du Vercors. M. Malenfant y présente l'étude typologique qui confirme le rattachement à « une tradition mésolithique moyen sauveterrienne » (Malenfant, 1995).

Une étude technologique de l'industrie du Col de Porte a été amorcée en 1998 par D. Pelletier. En effet, malgré les présomptions de mélange qui accompagnent généralement l'étude de séries issues de ramassage de surface, les caractéristiques typologiques de l'outillage et des nucléus (Malenfant, 1969 et 1995) ont révélé une apparente homogénéité culturelle. C'est cette qualité qui a incité, dans le cadre de travaux universitaires, à soumettre cette série à une étude technologique. Cette démarche offre, en plus de vérifier le diagnostic typologique, l'opportunité de considérer le rôle des stations de plein air dans les schémas d'identification culturelle et d'exploitation territoriale qui restent assujettis, dans notre secteur géographique, à l'étude des sites stratifiés en abris. Le site du Col de Porte est d'autant plus intéressant qu'il est localisé dans un secteur où se trouvent concentrés plusieurs sites: deux autres stations de plein air, la Clairière de Girieu (Malenfant, 1976), le Col de la Charmette, et un abri sous roche, Canaple (fig. III.15). Dans cette zone, les matières premières siliceuses sont particulièrement abondantes et facilement accessibles au sein de gîtes secondaires.

Ainsi, cette étude s'intègre à la problématique développée dans le cadre d'un doctorat (Pelletier, en cours) s'intéressant d'une part à la redéfinition des étapes chronoculturelles et d'autre part à la caractérisation des systèmes techno-économiques et des modalités d'exploitation territoriale des groupes du Mésolithique et de la transition Mésolithique/Néolithique dans le massif subalpin de la Chartreuse.

II.B.1.b.- Nouvelles données typo-technologiques

L'étude technologique menée par D. Pelletier (Malenfant *et al.*, 2000) a été conduite classiquement selon des orientations basées :

- sur la recherche des concepts opératoires et des objectifs des chaînes opératoires. Cette première

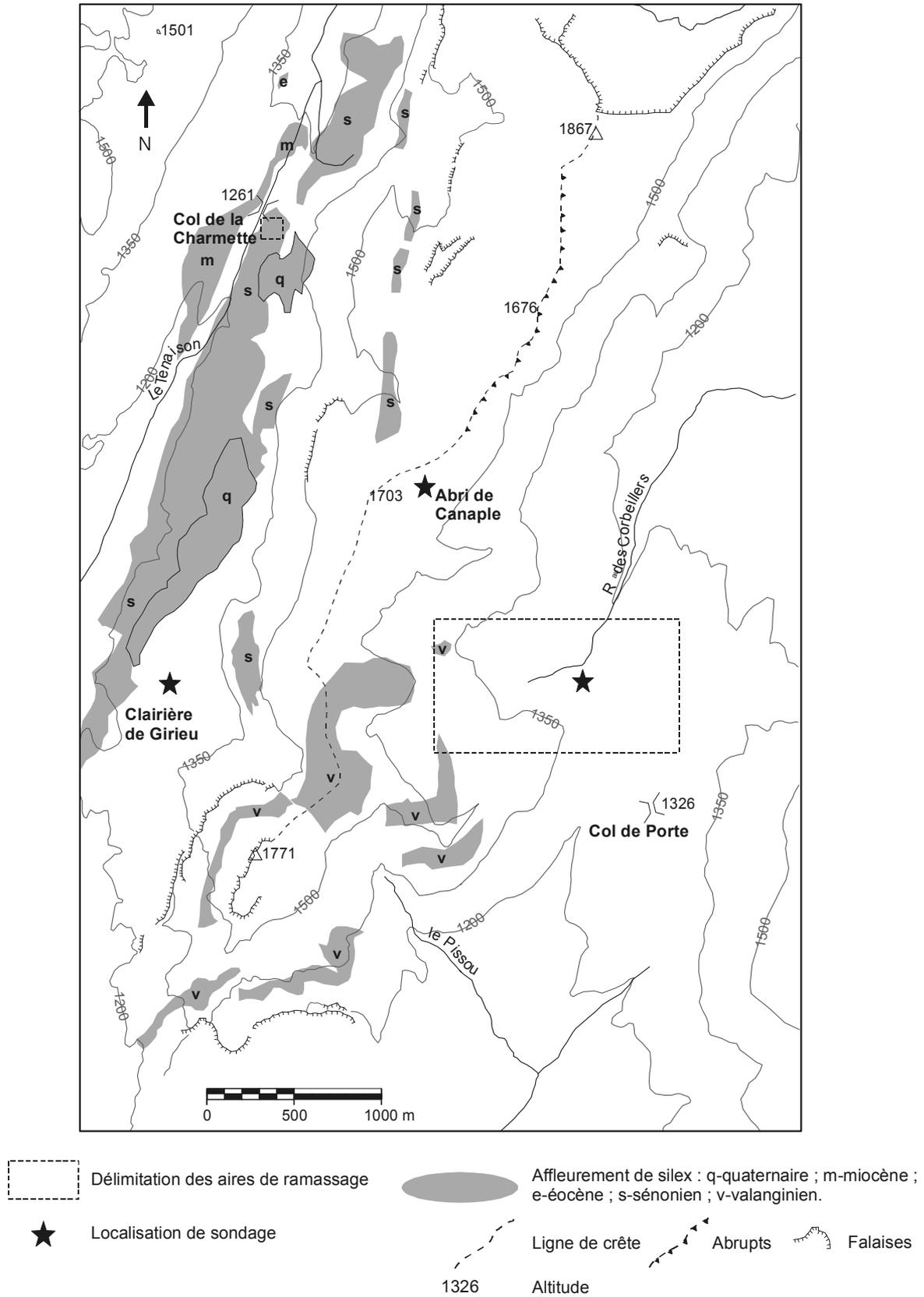


Figure III.15 - Le secteur du Col de Porte/Col de la Charmette : préhistoire et formations siliceuses.

- approche devait permettre de confirmer ou d'infirmer le caractère homogène de la série.

- sur l'économie du débitage (étude technologique de la segmentation des chaînes opératoires et étude typométrique, typologique des outillages) (Binder, 1987).

- sur l'économie de la matière première (nature des roches dures taillées, modalité d'introduction sur le site et étude comparative des économies de débitage de chacune de ces matières premières) (Perlès, 1980). Cette étude permettra d'aborder non seulement la problématique des stratégies d'acquisition de la matière première mais encore les axes de circulation (territoire parcouru par les groupes préhistoriques et hypothèses d'échanges) par le biais de l'identification des gîtes exploités.

L'objectif était de mettre en évidence le(s) système(s) technique(s) mis en œuvre en fonction des variétés de matière première.

Les nucléus ont fait l'objet d'une étude approfondie qui a permis de diagnostiquer deux composantes technologiques :

- nucléus débités au percuteur de pierre dure (n=56)

- nucléus débités au percuteur de pierre tendre (n=2)

L'objectif de la première série de nucléus, qui ont été débités selon plusieurs schémas opératoires (tabl. III.20), est l'obtention de lamelles.

Les nucléus de la seconde série, qui comporte deux spécimens, montrent des stigmates de lamelles larges (longueur supérieure à 3 cm et largeur supérieure au centimètre).

L'approche morpho-typométrique de l'outillage, principalement des armatures, a permis de rapporter la série à un Mésolithique moyen sauveterrien de stade ancien en raison d'une faible microlithisation et de la morphologie allongée des armatures. En outre des équivalents dans les séries régionales ont été trouvés :

- pour les **triangles scalènes** avec la Fru, couche 3 de l'aire III (Chartreuse, Savoie), datée de 8580 ± 200 BP (LY 2913) (Pion, 1990).

- pour les **pointes triangulaires** à bord(s) abattu(s) à base brute de débitage ou à base tronquée avec (i) La Fru, couches 4a et 4b de l'aire III (Chartreuse, Savoie) (Pion, 1990) attribuées à un Mésolithique ancien rapporté au Préboréal par les données paléoenvironnementales et les datations (couche 4a, LY 4328 : 9740 ± 370 BP, soit 10459 à 8029 av. J.C. ; couche 4b, UTC 1735 : 9840 ± 90 BP) ; et (ii) l'abri de Sous-Balme à Culoz, niveau 1 E (Vilain, 1966) attribué à un Mésolithique ancien (Thévenin, 1982 ; Frelin-Khatib et Thévenin, 2000) et daté de 9150 ± 160 BP (LY 286, soit de 8584 à 7921 av. J.C.).

Ces références posent alors le problème de la présence d'un ensemble d'affinité "Mésolithique ancien" dans la série du Col de Porte.

Cependant, d'autres pointes triangulaires ont été retrouvées dans des assemblages attribués au Mésolithique moyen. Il s'agit :

- de la série du niveau 1 couche III de la "partie occidentale" du gisement de Sous-Balme à Culoz (Ain, Jura) (Vilain, 1966). D'après l'analyse pollinique, ce niveau se rapporterait à la fin du Boréal. Des analyses récentes de l'outillage microlithique confirment son attribution à un Mésolithique moyen (Thévenin, 1982 ; Frelin-Khatib et Thévenin, 2000).

- la présence d'au moins un triangle de Montclus permet de faire un parallèle avec la couche C2 de Charmate attribuée à un Sauveterrien montclusien de type provençal et datée pour C2b de 8240 ± 260 BP (LY-4204) et pour C2a de 8100 ± 100 BP (LY-5662).

En conclusion de l'étude, deux types de production ont été distingués :

1 - les supports des pièces microlithiques ont un module comparable aux dernières lamelles produites sur les petits nucléus débités par percussion directe à la pierre de la première composante technologique. Cet ensemble peut être rapporté à un Mésolithique moyen sauveterrien stade ancien (cf. supra).

La présence de pointes triangulaires à bord abattu et d'un triangle de Montclus permet de rapprocher l'assemblage du Col de Porte non seulement des séries mésolithiques du Jura mais également d'industries d'ambiance plus méridionale. Le premier type d'armature pose aussi le problème de la présence d'un éventuel ensemble lithique du Mésolithique ancien.

2 - Deux nucléus allongés, débités par percussion directe à la pierre tendre et la lamelle large à bord abattu peuvent être rattachés à une tradition épipaléolithique (G. Monin, comm. pers.).

II.B.1.c.- Caractérisation des matières premières et recherche de provenance

Nous avons dans un premier temps (Bressy *et al.*, 1999) étudié l'ensemble des pièces composant la série du Col de Porte. Un premier classement d'après des critères macroscopiques étayé par quelques observations ponctuelles à la loupe binoculaire en a découlé. Ces données ont été mises en rapport avec les différents éléments typologiques de la série. A ce stade de l'étude, nous disposons déjà de quelques orientations sur les provenances.

Un second examen de la série, centré sur les nucléus et l'outillage (Malenfant *et al.*, 2000), nous a permis d'affiner les classements par type de silex et de préciser certaines attributions de provenance. Des observations sur la gestion des matières premières ont été faites.

Le problème de l'altération des pièces se pose pour une partie de la série. Il s'agit d'éléments patinés ou brûlés. A un stade avancé, ce qui est le cas de plus d'un quart des pièces (520 pièces sur 1827 soit 28,5 %), les altérations ne permettent pas d'identification au-delà de l'étage de formation. La catégorie « Indéterminables » englobe ce type de pièces.

II.B.1.c.1.- Le spectre des matières premières

Il apparaît relativement restreint par comparaison avec d'autres séries mésolithiques où le nombre de types est très élevé. L'industrie lithique du Col de Porte présente 14 types. Quelques types (quatre) sont bien individualisés et fortement représentés, tandis que les autres sont de nature plus variée, identifiés par une ou

plusieurs pièces (généralement moins d'une dizaine). Ces différents types de silex se rapportent à trois étages géologiques : le Valanginien, le Barrémo-Bédoulien et le Sénonien. Cette première différenciation apporte quelques éléments sur l'origine de ces matériaux puisque le Barrémo-Bédoulien à silex affleure au Sud du Vercors tandis que les deux autres formations sont représentées en Chartreuse. Trois pièces n'ont pas pu être attribuées à l'un de ces étages et ont été classées en « Indéterminé ». Leur provenance est certainement allochtone. Une répartition de l'ensemble de la série du Col de Porte est donnée au tableau III.18 pour chacun de ces matériaux.

	Valanginien	Barrémo-Bédoulien	Sénonien	Indéterminables	Indéterminé	Total
Débitage N	121	32	1095	493	2	1743
%	6,9	1,8	62,8	28,3	0,1	100
Outillage N	5	6	45	27	1	84
%	6,0	7,1	53,6	32,1	1,2	100
Total N	126	38	1140	520	3	1827
%	6,9	2,1	62,4	28,5	0,2	100

Tableau III.18 - Répartition globale par famille de matière première de l'industrie du Col de Porte.

Les silex sénoniens sont majoritaires tant au sein du débitage (62,8 %) que dans l'outillage (53,6 %). En ce qui concerne le silex valanginien, on ne peut qu'être surpris de sa très faible représentation alors qu'il affleure en position primaire à moins d'un kilomètre du site et que des fragments de ce matériau sont retrouvés sur le site même, dans les colluvions. De plus leur accès nécessite un moindre effort dans la mesure où il ne requiert pas de franchissement de cours d'eau et que le dénivelé est négligeable (fig. III.15). Enfin, si la proportion de silex barrémo-bédoulien est très faible au sein de l'outillage, avec moins de 2 %, elle dépasse celle du silex valanginien pour l'outillage (7,1 %).

Nous avons reconnu différents types parmi les silex issus de chacune des formations géologiques évoquées. Les principaux sont décrits d'après leurs caractères macroscopiques et pétrographiques au tableau III.19. Il s'agit de trois variétés de silex valanginien, quatre de silex barrémo-bédoulien et sept pour le Sénonien. La variabilité pétrographique est importante à l'intérieur des groupes S1 et V1, justifiant les appellations S1' et V1' qui apparaîtront dans la suite du texte. Les silex valanginiens et barrémiens montrent des types nettement différenciables pétrographiquement tandis que les silex sénoniens présentent plus de variétés macroscopiques que les critères pétrographiques ne le traduisent. Une certaine monotonie des microfaciès sédimentaires est en effet constatée.

A partir de la reconnaissance de ces types, il a été possible de faire le lien avec des sources potentielles.

Compte tenu de la gîtologie complexe du massif de Chartreuse (dispersion des gîtes et caractère ubiquiste des types), il est difficile d'être catégorique lorsqu'une provenance est proposée. Lorsqu'un type identifié au sein de la série affleure naturellement dans plusieurs sources de Chartreuse, son origine est rapportée aux gîtes les plus proches du Col de Porte.

II.B.1.c.2.- Variétés et provenances des matériaux

Nous distinguerons les silex originaires du massif de Chartreuse, qui composent la majorité de la série et ceux considérés comme allochtones (fig. III.16).

Silex sénonien

Ses affleurements les plus proches sont à rechercher à l'ouest du site. Des silex affleurent en position primaire au sein d'un lambeau de formation sénonienne à 1 km au nord-ouest du site. Toutefois, l'observation des cortex (cortex alluviaux ou érodés) nous indique que les gîtes d'approvisionnement recherchés sont plutôt en position secondaire. Dans ce cas, il existe à 2-3 km à l'ouest du site des formations tertiaires (poches éocènes-oligocènes et conglomérats miocènes) et quaternaires (poches résiduelles d'altération du Sénonien) susceptibles d'avoir servi de source d'approvisionnement (fig. III.16, a). L'accès à ces affleurements peut être effectué au niveau de l'abri de Canaple, par un passage naturel, le long de la ligne de crête à 1600 m d'altitude environ. Le silex est abondant dans ces gîtes, compris entre la clairière de

type	Caractères macroscopiques							Caractères pétrographiques				Origine		
	Cortex	Couleur	Grain	Cassure	Toucheur	Eclat	Tramage	Texture	% éléments	Nature des éléments	Bioclastes	Autres	Massif	Source
Valanginien	V1	absent	gris bleuté à points noirs	moyen	conchoïdale	neutre	M/O	litage localisé	packstone	25	pellets, calcaires, roulés, 300 µ –	matière organique	Chartreuse	Le Croz
	V2	absent	marron-orangé	moyen	esquilleuse	neutre	M/ST	-	packstone	25-30	encroûtements calcaires, allongés	Ataxophragmidés, Miliolés	Bugey	Ouest
	V3	absent	bleuté avec points d'oxydes orangés	moyen	conchoïdale	gris	O/G	litage localisé	packstone	30	pellets, imprégnés d'oxyde	pas identifiés	Chartreuse	Indéterminée
Barrémo-Bédoulien	B1	Siliceux	gris foncé tacheté de blanc	fin-passées grossières	lisse	gris	M/O	-	wackestone	12-18	calcaires, dolomie	Spicules allongées	Sud-Vercors	Vassieux
	B2	absent	gris	fin à moyen	courbe	neutre	M/O	-	wackestone	12	calcaires, dolomie	pyrite, mat. orga., oxydes	Sud-Vercors	Indéterminée
	B3	absent	gris clair non uni, avec quelques points gris	moyen	lisse	neutre	M/O	-	wackestone	12-15	calcaires, dolomie	glomospira, spicules	Sud-Vercors	Vassieux
	B4	progressif, siliceux	gris foncé	moyen à fin	lisse	neutre	M/O	-	wackestone	15	calcaires, roulés	Trochospiralé	SudVercors	Indéterminée
Sénonien	S1	alluvial siliceux	variable, marron clair à beige, inclusions blanches	fin à moyen	conchoïdale	neutre	M/O	zonation sous-corticale	wackestone/packstone	15-25	calcaires, 100-200 µ, roulés	spicules punctiformes	Chartreuse	Col de la Charmette/Fournel
	S2	usé	gris avec petites tâches blanches	moyen	conchoïdale	neutre	M/O	-	wackestone/packstone	20	calcaires, 50-100 µ	absents	Chartreuse	Indéterminée
	S3	siliceux, érodé	gris avec imprégnations orangées	fin	conchoïdale	neutre	M/O	-	wackestone	12	calcaires, 100 µ	absents	Chartreuse	Indéterminée
	S4	gréseux	marron non uni	fin	conchoïdale	gris	M/ST	litage	wackestone	15	calcaires, opalescents, orientés	spicules, Hedbergella	Chartreuse	Ruchère
	S5	siliceux	marron	fin	conchoïdale	gris	M/T	-	wackestone	10-15	calcaires, 100 µ, peu roulés	spicules grêles et filaments	Chartreuse	Le Fournel
	S6	alluvial	marron orangé	fin	conchoïdale	gris	M/T	-	packstone	20	calcaires, fins, roulés	oxydes diffus	Chartreuse	Indéterminée
	S7	calcaire, épais à surface usée	gris avec taches ou points noirs	fin	conchoïdale	sec	M/O	légère zonation, litage	wackestone	10-15	calcaires, triés	quartz	Chartreuse	Col de la Charmette/Ruchère

Tableau III.19 – Description des types de silex identifiés dans l'industrie du Col de Porte. Eclat : M=mat ; O=opaque ; F=fin.

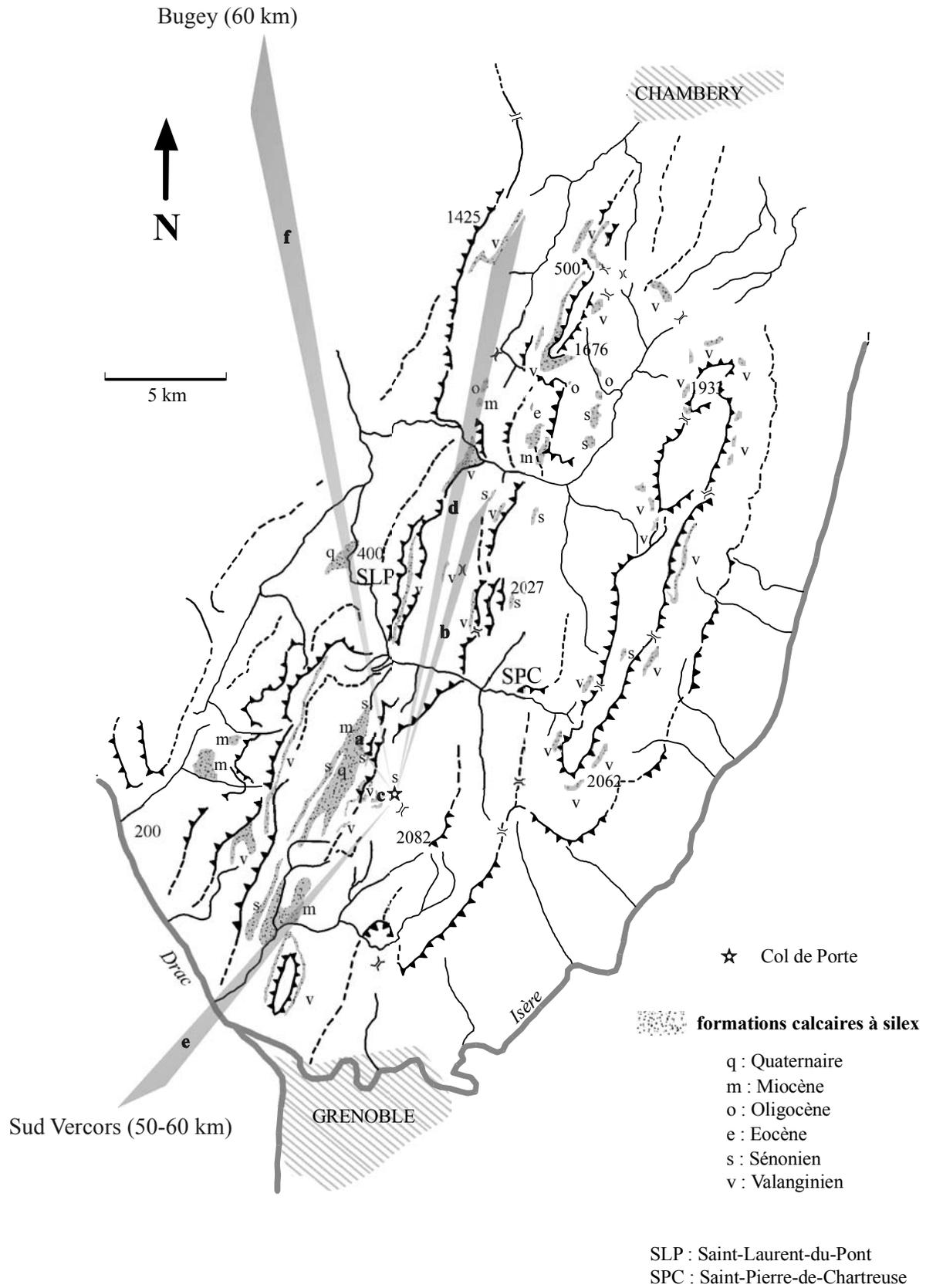


Figure III.16 - Zones d'approvisionnement en silex identifiées pour le site de plein air du Col de Porte.

Girieu et le Col de la Charmette (fig. III.15), et les nodules, rarement diaclasés, sont faciles à extraire. De nombreuses variétés y sont rencontrées. De plus, une fréquentation durant le Mésolithique est attestée au col de la Charmette (Bintz, 1993). Enfin, nos prospections ont montré que le type S7 (variété grise litée ou à taches noires) est effectivement représenté dans ces gîtes. Les types S1 et S5 sont également proches de certains échantillons géologiques du Col de la Charmette et de la Clairière de Girieu. La nature des cortex (d'aspect gréseux à calcaires souvent érodés, ou alluviaux avec chocs en coups d'ongle) des nodules trouvés dans ces deux gîtes renforce encore les éléments de rapprochement avec les silex archéologiques. En outre, un gîte sénonien, au lieu-dit le Fournel, localisé au nord-ouest du site, sur le versant menant au col de la Charmette, livre des rognons ovoïdes de diamètre variable et d'excellente qualité. Le faciès dominant est un silex caramel qui présente des similitudes avec les types S1 et S5.

La variété à taches noires (type S7) a également été rencontrée au sein de gîtes plus éloignés du Col de Porte, notamment à « La Ruchère » et au gîte de la « Route des Egaux » (photo 34, annexe 5). Toutefois, au sein de ce dernier gîte, aucun type proche de ceux présents dans la série du Col de Porte n'y est associé. Par contre, à La Ruchère existe une variété de silex marron beige lité s'apparentant fortement au type S4. Dans l'état actuel des connaissances sur les ressources en silex du massif de Chartreuse, ce type au litage caractéristique n'a pas été rencontré ailleurs. Le gîte de La Ruchère, qui renferme diverses variétés de silex sénonien, constitue donc une zone d'approvisionnement potentielle (fig. III.16 b).

Silex valanginien

Des sources de silex valanginien se situent sur le site même, dans les colluvions et en position primaire à moins d'un kilomètre du site. D'une manière générale, ce type offre un grain plus grossier que le Sénonien et des diaclases plus nombreuses sur ses blocs naturels. La morphologie de ses nodules est variable mais il est souvent accessible sous la forme de cassons (5-7 cm de long) dans les colluvions ou en plaquettes en position primaire. Les gîtes les plus proches du site (fig. III.15) livrent deux types macroscopiques de silex. Le premier (exemple : photo 30) est gris noir à grain moyen et se présente en position primaire sous la forme de lentilles aplaties, d'une épaisseur de 10 cm. Son cortex calcaire roux est épais d'un centimètre en moyenne. La patine fait ressortir le litage centimétrique de ce silex et lui confère un aspect moucheté marron-gris et blanc. Macroscopiquement, le second type, échantillonné sous la forme de cassons de 4-5 cm de long, est de couleur gris bleuté foncé, non uniforme puisqu'il est ponctué de mouchetures blanches et noires. Ce faciès correspond au type V1 du Col de Porte. Il y a concordance pour ces silex valanginiens entre les données gîtologiques (cassons inférieurs à 6 cm, absence de cortex et

présence de surfaces diaclasiées) et ce qui est observé sur les pièces archéologiques.

D'autre part, quelques pièces du Col de Porte présentent un faciès proche de celui de Saint-Thibaud-de-Couz (fig. III.16, d).

Les matériaux étrangers au massif

Le Vercors - Aucun silex marqueur du Nord du Vercors, type Conversaria ou à Orbitoïdes (cf. partie I, chapitre 3) n'a été rencontré dans la série du Col de Porte. La plupart des types s'apparentant à des silex de Chartreuse, nous supposons donc, avec quelques réserves toutefois, que le Nord du Vercors n'a pas servi à l'approvisionnement des groupes qui ont fréquenté le site.

La présence de pièces en silex barrémo-bédoulien permet d'évoquer des origines Sud-Vercors (fig. III.16 e). Cette famille n'est pas représentée parmi les microlithes de la collection mais par un nucléus, des outils du fond commun et des produits de débitage. Parmi les pièces barrémo-bédouliennes, quatre types ont été identifiés (tab. III.19). Deux ont été attribués aux faciès de Vassieux-en-Vercors.

Le Bugey - Au sein du débitage, une pièce avait été identifiée comme étant taillée dans du silex valanginien de l'Ouest du Bugey (J. Affolter, comm. pers.) (Bressy *et al.*, 1999) (fig. III.16 f). Elle est caractérisée par une texture packstone, avec des éléments roulés et des Miliolidés, imprégnés d'oxydes, baignant dans une matrice de couleur jaune-orangé.

II.B.1.c.3.- Gestion des matériaux

Différents types de nucléus ont fait l'objet d'un classement du point de vue de leurs caractéristiques technologiques (Malenfant *et al.*, 2000). Les résultats de cette étude sont donnés au tableau III.20. Ces familles de nucléus ont alors été classées par type de matière première (tabl. III.21). Les résultats montrent que les deux composantes technologiques ne sont pas individualisées par des matériaux différents.

Le silex valanginien est représenté à travers des pièces nucléiformes et des nucléus à une seule surface de débitage (classe A1). Le silex sénonien est identifié pour tous les types de nucléus. A l'image de ce qui est observé pour l'ensemble de la série, il s'agit de la matière dominante parmi les nucléus. Enfin, le silex barrémo-bédoulien constitue un seul nucléus, de classe A2. Il montre un débitage unipolaire à deux plans de frappe opposés, avec des tables tangentielles.

La première composante technologique du Col de Porte correspond à des nucléus débités par percussion directe à la pierre (dure ou plus ou moins tendre). L'objectif du débitage est la production de petites lamelles étroites. La diversité des méthodes de débitage semble refléter davantage une adaptation aux morphologies des matériaux qu'une intention des tailleurs.

A-Nucléus débités en petites lamelles étroites au percuteur de pierre (N=61)
Classe 1 : nucléus à 1 surface de débitage - Débitage unipolaire
1 table rectiligne ou convexe
2 tables contiguës
Classe 2 : nucléus à 2 surfaces de débitage sécantes - 1 table chacune - Débitage unipolaire
nucléus à 2 tables de débitage sécantes distalement - 1 plan de frappe
nucléus à 2 tables de débitage sécantes distalement et 2 plans de frappe orthogonaux
nucléus à 2 tables de débitage sécantes proximement - Exploitation d'1 table en utilisant l'autre comme plan de frappe
Classe 3 : nucléus à plusieurs tables de débitage d'exploitation polyédrique - débitage unipolaire
Classe 4 : nucléus discoïdes débités par enlèvements centripètes.
B- Nucléus débités en lamelles larges au percuteur de pierre tendre (N=2)
Nucléus à deux tables adjacentes - débitage bipolaire sur un mode frontal ou semi-tournant

Tableau III.20 – Description des classes de nucléus du Col de Porte.

Types	Valanginien			Barrémo-bédoulien	Sénonien								Brûlé	Patiné	Total		
	V1	V1'	V3		gris "Chartreuse" (S7) à points	marron translucide S5	marron semi translucide S5'	gris opaque S2	beige S1	Gris beige	Gris divers	Patiné jaune			Patiné beige	N	%
A1	1	1			1	2	7	3	2	3			1	3	27	42,9	
A2				1		1	2	6		1	2	1		1	3	18	28,6
A3									1						2	3,2	
A4										1		1			2	3,2	
B											1			1	2	3,2	
Nucléiformes		1	2			4	1	1	1	1				1	12	19,0	
Total	1	2	2	1	1	3	13	10	4	6	3	3	1	3	63	100	
Total 2		5		1					47					10			
%		7,9		1,6					74,6					15,9			

Tableau III.21 – Distribution des classes de nucléus du col de Porte par type de matière première.

Type d'outil	VAL	BB	SEN					Brûlés	INDés	INDables
			S5	S1	S4	S1'	S2			
Lamelle tronquée	1				1					
Lamelle un bord abattu			2	1				1		
Lamelle à coche	1				1	1				
Pointe à 1 bord abattu			1		1					
Pointe à 2 bords abattus									2	
Pointe triangulaire à 1 bord abattu et base tronquée				1						
Pointe triangulaire à 2 bords abattus et base tronquée						1				
Pointe triangulaire à 2 bords abattus	1		1				1			
Pointe triangulaire à 1 bord abattu								1	1	
Lamelle scalène			3	1	2				1	
Triangle scalène	1			6				1	1	
Fragment de microlithes							1			
Divers				1	1					
Total	4	0	7	10	6	2	2	2	3	
Pourcentage (N _{tot} = 39)	10,3	0	17,9	25,6	15,4	5,1	5,1	5,1	7,7	7,7
			69,2							

Tableau III.22 – Classement des microlithes du Col de Porte par types de matière première.

Les résidus corticaux sont très présents sur les nucléus, notamment parmi les pièces en silex sénonien. Le cortex est le plus souvent usé et des surfaces naturellement fracturées, antérieures à la taille, ont été reconnues sur un grand nombre de pièces. Leur présence indiquerait au-delà du fait que les nodules ont été peu exploités, un approvisionnement en gîte secondaire (éboulis ou remaniement dans des formations postérieures au Sénonien). L'approvisionnement en formations tertiaires, voire quaternaires est certain puisque plusieurs pièces sénoniennes présentent des imprégnations ferrugineuses sous corticales, imputables à un enfouissement dans un gîte de ce type. En outre, compte tenu de la présence importante, sur les nucléus en silex sénonien, de résidus corticaux et de surfaces naturelles, nous avons pu apprécier les dimensions initiales des nodules ayant servi à la taille. Il s'agissait de tectofracts dépassant rarement 6-7 cm, et de mauvaise qualité car souvent diaclasés. Ce type de matériau a été très peu exploité (bien qu'il nous soit impossible d'estimer le nombre de produits obtenus par nucléus).

Parallèlement, la majorité des pièces de cet assemblage, produits de débitages (dont de nombreux éclats corticaux) et supports des outils du fond commun, présentent des dimensions et des volumes importants. Nous estimons que ces éléments ne proviennent pas des nucléus précités, mais de nucléus sans doute plus gros et plus exploités qui n'ont pas été retrouvés sur le site. Leur absence pourrait indiquer des gestions différentes de ces nucléus :

- les phases de décortilage et de préforme sont réalisées sur le site du Col de Porte dans un premier temps puis les nucléus sont déplacés vers un site secondaire pour réaliser la phase d'exploitation.
- les phases de décortilage et d'exploitation sont réalisées au Col de Porte. Les produits de plein débitage et les nucléus n'ont pas été retrouvés ou ont été déplacés vers un site secondaire.

Les microlithes ont également fait l'objet d'un classement par types de matière première (tabl. III.22). Les matières premières se répartissent dans des proportions équivalentes à celles observées pour le débitage. La représentation des types (avec la prédominance de S1 puis S5 et S4) est également identique à celle du débitage. Il s'agit donc d'une production sur des faciès rencontrés localement, au Col de la Charmette ou sur les affleurements valanginiens proches. Ceci se vérifie également pour les pointes triangulaires aux affinités avec le Jura.

II.B.1.c.4.- Conclusion sur le Col de Porte

Le silex sénonien est le matériau le plus utilisé au Col de Porte ce qui se justifie moins par la proximité des affleurements que par la qualité de ses rognons. Par ailleurs, c'est le seul représenté parmi les produits témoins d'une percussion directe à la pierre tendre. Le spectre des matières premières est plus diversifié dans le cas du débitage au percuteur de pierre dure.

Sa localisation géographique, sur une voie de circulation naturelle reliant le Nord et le Sud de la Chartreuse, et sa proximité avec des sources où abonde du silex de qualité confèrent à ce site un statut particulier. Le fait que les nucléus dont ont été issus la plupart des pièces du débitage ne soient pas représentés dans la série nous amène à penser qu'il pourrait s'agir d'un site de préparation et de diffusion de matériaux. En outre, la nature des matériaux, sénoniens, de bonne qualité et la faible part de silex valanginiens dont les sources sont pourtant plus proches et plus accessibles depuis le site constituent autant d'éléments qui soutiennent cette hypothèse.

L'approvisionnement du Col de Porte demeure principalement interne au massif. Un axe de circulation Nord-Sud, empruntant les voies naturelles, est bien marqué à travers l'origine des silex (fig. III.16). Le nombre de pièces se rapportant à des matériaux allochtones est faible. Cependant, leurs origines respectives (Bugey et sud du Vercors) sont significatives des influences identifiées à travers l'étude typo-technologique : septentrionales d'une part, d'après les parallèles faits avec les séries du Jura méridional et provençale d'autre part, avec la présence d'un triangle de Montclus. Sa position, au sud du massif et le long d'un axe de communication, explique sans doute cette pluralité d'influences.

II.B.2.- L'Aulp du Seuil

II.B.2.a.- Présentation du site

L'Aulp du Seuil est situé sur la bordure orientale du massif de la Chartreuse, au fond d'un vallon synclinal orienté nord-sud dont l'altitude est comprise entre 1600 et 1800 m. L'accès au vallon est difficile, ce dernier étant bordé à l'Est et à l'Ouest par des crêtes culminant respectivement à 2045 m pour les lances de Mallissard et à 1975 m au Dôme de Bellefond (fig. III.17). Les possibilités d'accès sont, au sud, le col de Bellefond (1900 m d'altitude), à cinq heures de marche depuis la cuvette de Saint-Pierre-d'Entremont, et au Nord depuis le cirque de Saint-Même à trois heures de marche. La présence d'un glacier local durant la dernière glaciation est attestée par la forme de cirque de l'extrémité sud du vallon (au pied du col de Bellefond) et par le dépôt de moraines latérales visibles sur les versants. De plus, au moment de la progression du glacier furent déposés dans le vallon des blocs calcaires éboulés des lances de Mallissard ou du Dôme de Bellefond formant ainsi un véritable chaos. Ces blocs erratiques sont de dimensions variables et certains ont servi d'abri aux groupes qui fréquentèrent le site à différentes époques préhistoriques et historiques. L'Aulp du Seuil a ainsi livré quatre abris sous blocs et une station de plein air (fig. III.17) qui ont connu des occupations se rapportant principalement au Mésolithique moyen et au Néolithique.

secteurs de la fouille. La variabilité de faciès des unités stratigraphiques ainsi que la complexité du remplissage ont été mises en évidence (Bintz, 1998 ; Pelletier, 2000).

Pris dans sa globalité, le remplissage d'Alp 1 se décompose en quatre unités (fig. III.18).

L'unité A présente un sédiment brun sombre, qui se développe sur 15 à 20 cm d'épaisseur. Des blocs de modules différents sont inclus dans la matrice. Ce niveau, particulièrement organique, est riche en racines.

L'unité B est formée d'un cailloutis terreux grisâtre à blocs. La sous-unité B1, épaisse de 25 à 45 cm et montrant une matrice fine brune avec de nombreux blocs, passe progressivement à B2, plus mince (15 à 30 cm) qui se distingue par un nombre plus faible de blocs, un cailloutis très hétérométrique et une matrice fine de couleur grise très sombre.

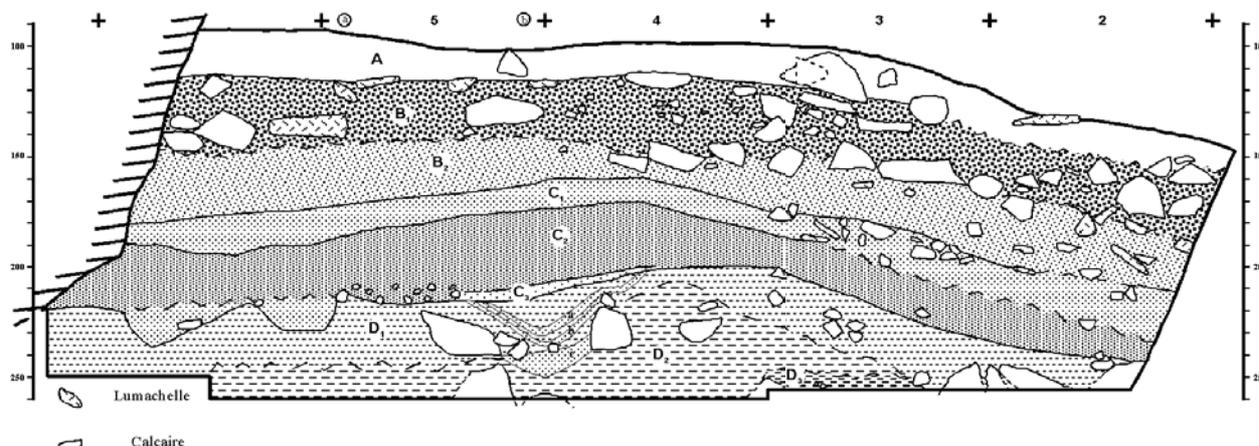


Figure III.18 – Aulp du Seuil, abri n°1, coupe sagittale F/G. D'après Bintz *et al.* (1997).

Dans son ensemble, l'unité C apparaît très sombre et très charbonneuse sur une épaisseur variant entre 35 et 50 cm. Trois sous-unités ont été observées. La première, C1 épaisse de 10 à 15 cm et de couleur noire s'est révélée très riche en témoins archéologiques. Le sédiment montre un cailloutis hétérométrique et une matrice limono-argileuse et charbonneuse moins abondante que dans la sous-unité C2. Cette dernière présente une couleur très noire sur une épaisseur de 20 à 30 cm et se compose d'un cailloutis relativement homométrique à matrice limono-argileuse très charbonneuse. Le dernier niveau, C3, constitue une petite sous-unité de 5 cm d'épaisseur au sédiment brun grisâtre.

L'unité D est la plus profonde atteinte par la fouille. Trois sous-unités sont différenciées :

D1 correspond à un sédiment argilo-silteux noir grisâtre brun emballant un cailloutis de calcaire urgonien hétérométrique assez lâche. Trois lentilles charbonneuses interprétées comme des foyers en cuvette (fig. III.18) correspondent sans doute aux premières occupations du site.

D2 est formée d'un cailloutis à granules arrondis, plaquettes de calcaire sénonien et fragments de calcaire urgonien provenant de la paroi du bloc. Sa matrice est brun jaunâtre. Ce niveau est stérile.

D3, également dépourvue de vestiges archéologiques, se compose d'un sédiment argileux brun-olive clair à granules arrondis, cailloux d'Urgonien émoussés et plaquettes de Sénonien.

La présence d'éléments sénoniens, formation qui affleure au fond du vallon de l'Aulp du Seuil nous informe sur l'origine glaciaire des sous-unités D2 et D3. Ils ont pu être déposés préalablement ou en même temps que les blocs erratiques.

- Cultures matérielles et datations

Le remplissage dilaté de cet abri a permis l'identification de six phases chrono-culturelles distinctes en relation avec la répartition des divers types d'armatures au sein des unités stratigraphiques. Quelques datations viennent caler chronologiquement les occupations du site qui s'intègre dans la séquence chrono-culturelle régionale (tabl. III.23).

Couche	Période culturelle	Nature de l'échantillon	Référence laboratoire	Date B. P.	Calibration avant J.-C.
Couche C1	Néolithique ancien	Os	Ly-7092	5590 ± 115	4699-4178
Base foyer cuvette, couche C1	Néolithique ancien	Charbon	Ly-8635	5490 ± 45	4443-4239
Base couche C2	Mésolithique moyen	Os	GrA-10185	8740 ± 60	7920-7592

Tableau III.23 - Résultats des datations radiocarbone de l'abri Alp 1. D'après Bintz (1998).

La **couche A** correspond aux périodes historiques.

Le **niveau B1** renferme des niveaux protohistoriques du 1^{er} Age du Fer et éventuellement du 2^{ème} Age du Fer.

La **sous-unité B2** a livré des témoins archéologiques correspondant à du Néolithique final à tessons décorés du Campaniforme.

Au sein de la **sous unité C1** ont été distingués deux groupes chrono-culturels. Le premier est caractéristique du Mésolithique récent. Le second est rapporté au Néolithique ancien. Cette sous-unité a en outre été datée par deux mesures radiocarbone (tabl. III.23).

Le **niveau C2** à armatures triangulaires variées (pointes à bord(s) abattu(s), pointes de Sauveterre, lamelles à bord abattu et lamelles scalènes, Pelletier, 1998) correspond à la phase moyenne du Mésolithique

des massifs subalpins du Nord. Typologiquement donc, l'industrie se place dans le stade récent du Mésolithique moyen. Il en est de même de la **sous-unité C3**.

Enfin, la série livrée par la première sous-unité du **niveau D** se rattache à un Mésolithique indéterminé.

L'abri Alp 3

L'occupation d'un troisième abri, Alp 3, a été vérifiée par un sondage en 1994 (Pelletier, 1996). Sa superficie de 30 m² est légèrement supérieure à celle de Alp 1.

- Stratigraphie

La séquence stratigraphique de 1,20 m d'amplitude, montrant 10 niveaux d'occupation bien individualisés, se décompose en quatre ensembles principaux eux-même subdivisés ; on distingue de haut en bas (fig. III.19) :

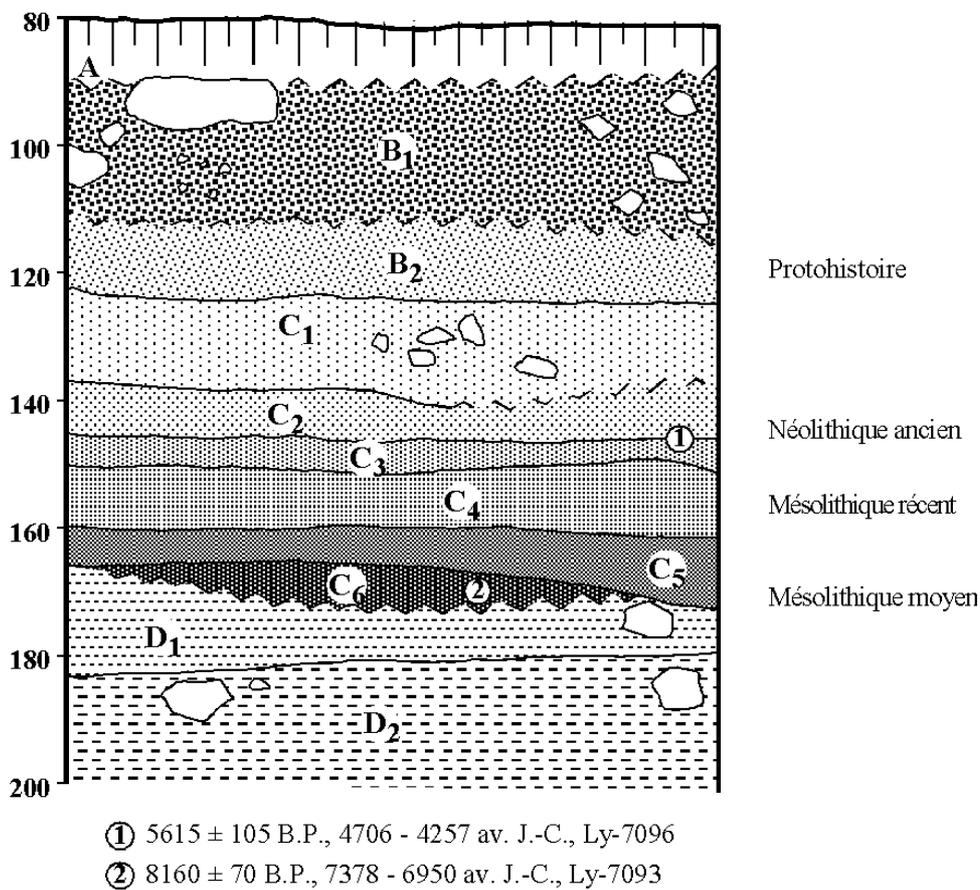


Fig. III.19 – Aulp du Seuil, abri n°3, coupe stratigraphique du sondage 1, 1994. D'après Pelletier (1996).

- La **couche A** se rapporte au niveau humique. Son épaisseur n'excède pas 10 cm.
 - La **couche B** se développe sur 35 cm et présente une matrice argilo-terreuse. D'après les variations de texture, les sous-couches B1 et B2 ont été distinguées. La première est caractérisée par un cailloutis hétérométrique surmonté d'un niveau à blocs tandis que la seconde présente un petit cailloutis gris à matrice argileuse.

- La **couche C**, épaisse de 45 cm, apparaît comme le niveau le plus anthropisé et le plus riche en vestiges archéologiques. Elle a fait l'objet d'une subdivision en 6 sous-couches :
 - le niveau C1 est constitué d'un cailloutis homométrique à hétérométrique enduit de matrice argileuse noire.

- le niveau C2, noir et moins argileux que le précédent, montre un cailloutis plus fin, homométrique.
- le niveau C3 se rapporte à une loupe grise à cailloutis fin.
- le niveau C4 est plus noir que le précédent, à cailloutis plus grossier et hétérométrique.
- le niveau C5 se présente comme un cailloutis à matrice argileuse grise.
- le niveau C6 est une loupe charbonneuse correspondant à un ou plusieurs foyers en cuvette.
- La **couche D** est la plus profonde atteinte par la fouille. Se développant sur une épaisseur de 30 cm, une variation de texture justifie la distinction de deux niveaux. Le premier, le niveau D1, de couleur ocre jaune, est composé d'un cailloutis fin à matrice

argileuse. Ce niveau montre des infiltrations de charbon. Le niveau D2, stérile d'un point de vue archéologique, est assez lâche, formé d'un cailloutis et de blocs, parfois émoussés.

- Datations et séquence chrono-culturelle

Deux datations, présentées au tableau III.24 ont été effectuées pour la séquence d'Alp 3.

Par comparaison avec les mesures obtenues pour d'autres sites stratifiés régionaux (Bintz *et al.*, 1991 et Bintz *et al.*, 1995), ces datations s'intègrent pour la première (couche C6) dans la plage chronologique des occupations du Mésolithique moyen (Sauveterien) et pour la seconde (couche C2/C3) dans celle du Néolithique ancien.

Couche	Période culturelle	Nature de l'échantillon	Référence laboratoire	Date B. P.	Calibration avant J.-C.
Couche C2/C3	Néolithique ancien	Os	Ly-7096	5615 ± 105	4706-4257
Couche C6	Mésolithique	Charbon	Ly-7093	8160 ± 70	7378-6950

Tableau III.24 - Résultats des datations radiocarbone de l'abri Alp 3.

L'étude du matériel lithique et céramique livré par les différents niveaux stratigraphiques a permis d'attribuer les niveaux D1, C6 et C5 au Mésolithique moyen ; le niveau C4 au Mésolithique Castelnovien ; les niveaux C3 et C2 à un Néolithique ancien acéramique ; le niveau C1 correspond à un Néolithique à céramiques ; enfin, le Hallstatt est représenté par le niveau B2.

Pour conclure sur la présentation des sites

La situation géomorphologique confère au site de l'Aulp du Seuil un caractère unique dans les Alpes françaises. Le seul équivalent est connu sur l'autre versant de l'arc alpin, dans les Dolomites italiennes, où les premières occupations d'altitude se placent à la fin de l'Épipaléolithique pour s'achever avant la néolithisation. Les différentes stations de l'Aulp du Seuil témoignent quant à elles d'une occupation maximale à la deuxième moitié du Boréal (Mésolithique moyen) et se poursuivent au Néolithique ancien et final. L'expansion du Mésolithique en altitude est nette à partir du Sauveterien, ce qui est en accord avec le phénomène d'expansion territoriale connu dans toute l'Europe et caractérisant des groupes à la recherche de territoires jusque là délaissés.

La fréquentation répétée du site illustrée par l'abondance et la nature des vestiges, la puissance des couches d'occupation ainsi que la multiplication des stations dans un même secteur permettent de considérer l'Aulp du Seuil comme une occupation résidentielle de chasse.

Ainsi, ce site offre la possibilité rare d'étudier la fréquentation et les modalités d'occupation et d'exploitation d'un territoire d'altitude à une période sensible de la Préhistoire qui connaît de profonds

changements dans les modes de vie et les cultures des groupes humains. L'étude des circulations des matières premières permet de mettre en évidence les aspects touchant à la mobilité, les modes d'acquisition des ressources, les contacts et influences extérieures.

II.B.2.b.- Les questions de provenance à l'Aulp du Seuil

II.B.2.b.1.- Introduction

L'étude du silex n'est pas le seul moyen d'aborder à l'Aulp du Seuil les questions de circulations des groupes humains. En effet, d'autres vestiges témoignent de contacts avec des zones géographiquement éloignées du site.

La présence de parures à l'Aulp du Seuil dans les niveaux du Mésolithique moyen atteste de circulations à très longue distance. Les coquillages percés recueillis sur le site appartiennent au genre *Columbella*. Cette espèce vit sur les fonds marins à faible profondeur dans des zones littorales tempérées chaudes, c'est-à-dire sur le pourtour méditerranéen et à proximité des côtes africaines de l'Atlantique. Cette découverte n'est pas isolée puisque d'autres sites contemporains ont livré des exemplaires de ce type, à la Fru (Saint-Christophe, Savoie, Chartreuse), à Sous-Balme (Culoz, Savoie) et au Pas-de-la-Charmate (Châtelus, Vercors, Isère) (Bintz, 1999a).

L'identification de deux fragments de carapace de tortue (*C. Griggo* dans Bintz, 1999b) dans les couches 4 et 5a supérieure (rapportées respectivement au Mésolithique moyen et à la transition méso-néolithique) de l'abri Alp 2 sont significatifs d'une origine allochtone. Par manque de référence, il n'a pas été possible de déterminer si les restes se rapportaient à une tortue d'eau douce ou à une tortue de terre. Dans les

deux cas, les espèces se rencontrent à l'extérieur du massif de Chartreuse. En effet, les tortues d'eau douce vivent dans des vallées. Durant le Mésolithique, elles ont pu se trouver dans les zones marécageuses des bordures de l'Isère par exemple. En ce qui concerne les tortues de terre, leur biotope est limité au pourtour du bassin méditerranéen. Une détermination plus précise permettra de trancher entre ces deux provenances.

Au sein de l'industrie lithique, des pièces en quartz hyalin sont présentes depuis les horizons archéologiques du Mésolithique moyen jusqu'au Néolithique final. Une rupture nette est observée à partir des niveaux protohistoriques où elles sont totalement absentes (Brisotto, 1998). La question de l'origine des quartz taillés à l'Aulp du Seuil a fait l'objet d'une thèse récemment soutenue (Cousseran, 2001). Les déterminations de provenance ont été obtenues à l'aide de mesures microthermométrie des inclusions fluides (Cousseran, 2000) et de la spectrométrie Raman. Un seul type de quartz semble avoir été employé à l'Aulp du Seuil. Les mesures obtenues sur les artefacts sont compatibles avec celles des échantillons géologiques analysés pour le massif de Belledonne.

Dans les niveaux du Néolithique ancien ont été trouvés des quartz enchâssés dans de la sidérite, caractéristiques, une fois encore, du massif de Belledonne. La présence de ce matériau est pour ce niveau à relier à la production d'ocre.

Dans les différentes couches ayant livré du quartz à l'Aulp du Seuil, la présence de stries de frottement sur les facettes des cristaux débités et l'éroulé de leurs arêtes militent en faveur d'un transport naturel qui sous-tend l'hypothèse d'un approvisionnement en gîtes secondaires.

II.B.2.b.2.- Approvisionnement en silex : gestion et origine de la matière première

Introduction

- Le potentiel lithique local du vallon de l'Aulp du Seuil

La formation dominante dans le vallon est le calcaire urgonien, qui ne contient pas de silex. Des silicifications sont toutefois présentes, bien que très rares, au sein des calcaires gris clair crayeux sénoniens (C6-7) du col de Bellefond, au sud du vallon. Quelques cassons ont pu être récoltés dans les éboulis, généralement de petite dimension (4-5 cm), et mal individualisés de l'encaissant calcaire, enveloppant la partie silicifiée dans une gangue épaisse. Les sources de silex les plus proches sont valanginiennes. On trouve en effet du silex sur les contreforts orientaux du vallon, à une altitude de 1550 m environ. Le silex, en position primaire, s'individualise mal de son encaissant en raison d'une silicification peu aboutie et son grain est grossier. Sur les voies d'accès à l'ouest du vallon de l'Aulp du Seuil (Col de Saulce au sud et les Varvats au nord), des cassons de silex valanginien de 5-6 cm de long peuvent être ramassés dans les éboulis.

Les sources sénoniennes, caractérisant plutôt la Chartreuse occidentale, sont distantes d'un minimum de 7 km.

- Corpus examiné et limites de l'étude

Nous avons étudié semi-quantitativement et qualitativement une petite partie du matériel en silex coté (pièces <6 mm et pièces retouchées) d'Alp 1 et effectué quelques observations qualitatives sur les séries livrées par les autres abris.

L'industrie en silex se répartit entre trois familles géologiques, le Valanginien, le Barrémo-Bédoulien et le Sénonien. Les première et dernière familles font partie des ressources internes au massif de Chartreuse tandis que le silex barrémo-bédoulien est significatif d'une origine Sud-Vercors.

Les conditions taphonomiques du site sont un facteur important dont dépendent les possibilités d'étude des matières premières. A l'Aulp du Seuil, près de 90 % des pièces sont patinées. La patine peut être plus ou moins accentuée, quelquefois masquante. Elle est parfois accompagnée d'une désilicification qui fait perdre au silex sa densité et le rend poreux. Le taux des pièces indéterminées est la conséquence de ces phénomènes qui s'accroissent pour les pièces issues des carrés de la partie externe de l'abri.

La chauffe modifie également les caractères du silex (rubéfaction des oxydes de fer essentiellement) et peut, si elle a été trop intense, entraîner une recristallisation totale ou partielle, accompagnée de cupules thermiques. Dans ce cas, les caractères initiaux du silex sont gommés, rendant impossible toute identification. La série lithique d'Alp 1 offre des taux de chauffe variables selon les familles déterminées.

Compte tenu du degré d'altération chimique et thermique de l'ensemble des industries livrées par les couches des différents abris, la différenciation de types est rendue presque impossible pour le silex sénonien. Ainsi, dans un souci d'homogénéité, les résultats quantitatifs seront présentés par familles. Seules des données qualitatives feront référence à des types éventuellement individualisés dans les séries et caractéristiques d'une origine donnée.

Parallèlement à nos recherches sur les provenances, une étude technologique a été initiée par Pelletier (1996), en considérant la chaîne opératoire du silex valanginien et celle du silex sénonien pour les niveaux mésolithiques et néolithiques des abris Alp 1 et Alp 3. Il s'agissait de savoir si des différences existent dans la manière d'aborder le débitage pour chacune des deux classes de matériaux.

Nous présenterons les résultats obtenus sur les matières premières pour chaque abri en distinguant les données antérieures de celles que nous avons obtenues.

II.B.2.b.3.- L'abri Alp 1

Données antérieures

Les travaux de Pelletier (1996) nous renseignent sur les familles de silex utilisées à l'abri Alp 1 dans les

niveaux du Mésolithique au Néolithique. L'identification est basée sur deux origines géologiques possibles, distinguées à l'œil nu et à la loupe binoculaire, le silex valanginien et le silex sénonien. Une troisième catégorie regroupe les pièces altérées ne permettant pas le rattachement à l'une de ces variétés.

Dans un premier temps seront présentés les données relatives aux produits de débitage et aux déchets de taille, pour aborder ensuite la question des pièces retouchées.

- *Etude des produits de débitage et des déchets de taille*

Pour l'ensemble des couches, le silex valanginien occupe la place prédominante au sein de l'industrie, avec généralement plus de 50 % des pièces (tabl. III.25). Toutefois la part du silex sénonien, oscillant entre 10 et 20 % selon les couches, est sans doute sous-estimée en raison de sa sensibilité à la patine.

ALP 1	Attribution culturelle		Valanginien	Sénonien	Indéterminé	Total
Couche C4	<i>Mésolithique moyen</i>	N	32	12	22	66
		%	48,5	18,2	33,3	
Couche C3	<i>Mésolithique moyen</i>	N	284	111	135	530
		%	53,6	20,9	25,5	
Couche C2	<i>Mésolithique récent ou transition Méso/Néolithique</i>	N	376	101	196	673
		%	55,9	15,0	29,1	
Couche C1	<i>Néolithique ancien</i>	N	275	58	162	495
		%	55,6	11,7	32,7	
Couche B2	<i>Néolithique final</i>	N	183	30	76	289
		%	63,3	10,4	26,3	

Tableau III.25 - Distribution des familles de matières premières du débitage par couches pour l'abri Alp 1 de l'Aulp du Seuil.

Pour le silex valanginien et sénonien, la phase de plein débitage est prédominante dans la couche C4. Le plein débitage à section quelconque est le mieux représenté. Les éléments corticaux sont rares (une pièce dans chaque catégorie).

Au sein de la couche C3, les éléments de plein débitage demeurent largement majoritaires avec plus de 90 % des produits dans les trois classes de silex. Les produits corticaux représentent 3 % des pièces valanginiennes et un peu plus de 7 % pour le silex sénonien. Les proportions de ces différentes composantes de la chaîne opératoire restent sensiblement identiques pour les niveaux C2, C1 et B2.

Quelques remarques doivent être faites en ce qui concerne les éléments corticaux valanginiens. Ils ne présentent pas de cortex à proprement parler car ils sont la plupart du temps récoltés dans des éboulis et ce sont alors des surfaces diaclasiques qui doivent être considérées comme l'équivalent d'un cortex. De plus, au sein des affleurements primaires, la morphologie stratiforme de ces silex peut conduire à une quasi-absence de cortex. La proportion des pièces corticales valanginiennes n'est donc peut-être pas représentative des faits. D'autre part, les éléments corticaux sénoniens sont assez peu représentés (en dessous de 8 %). Seuls deux éléments (l'un en C1, l'autre en B2) ont été rapportés à la phase d'entame du bloc de silex. Ainsi, pour le silex sénonien la majeure partie de l'épannelage n'était pas effectuée sur le site. Les pièces corticales restantes sont liées à la mise en forme du nucléus.

Par ailleurs, des nucléus ont été livrés par les niveaux C3, C2, C1 et B2. Le tableau III.26 précise leur attribution par familles de matière première. Malgré leur nombre limité, les nucléus valanginiens sont globalement les plus représentés. La proximité des sources, sur le pourtour de la gouttière synclinale formant l'Aulp du Seuil, peut expliquer que les préhistoriques après l'avoir récolté sur les voies d'accès au vallon aient introduit et taillé ce silex sur le site même. Toutefois, le niveau C2, Méso/Néolithique se distingue des autres par une répartition équivalente entre nucléus valanginien et sénonien.

Nucléus	Valanginien	Sénonien	Indéterminé
Couche C3, N _{tot} =530	3	0	0
Couche C2, N _{tot} =673	3	3	1
Couche C1, N _{tot} =495	6	2	0
Couche B2, N _{tot} =289	4	0	0

Tableau III.26 – Distribution des nucléus de l'abri Alp 1 par familles de matière première et par couches.

- *Matières premières et outillage*

Un classement de l'outillage prenant en compte les trois catégories de matériaux a été effectué par Pelletier (1996) pour l'abri Alp 1. Seules les pièces des niveaux C3, C2 et C1 ont été prises en compte (tabl. III.27).

Elles nous permettent toutefois d'effectuer quelques remarques. La première est la part légèrement plus faible tenue par les silex valanginiens (50 % en moyenne), quelle que soit la couche considérée, par comparaison avec ce qui était observé pour les produits de débitage (représentation de 55 % en moyenne pour les mêmes niveaux). Le Sénonien est donc plus représenté à travers l'outillage qu'il ne l'était parmi les produits de débitage. Cette observation nous conforte

dans l'idée que le silex sénonien est introduit sur le site, soit sous la forme de supports et d'outils finis, soit que leurs produits de plein débitage (notamment les lamelles) sont transformés de façon préférentielle. Le faible nombre de nucléus, je le rappelle, milite pour l'une de ces deux possibilités.

ALP 1	Attribution culturelle		Valanginien	Sénonien	Indéterminé	Total
Couche C3	<i>Mésolithique moyen</i>	N	44	31	19	94
		%	46,8	32,9	20,2	
Couche C2	<i>Mésolithique récent ou transition Mésolithique/Néolithique</i>	N	34	14	10	58
		%	58,6	24,1	17,3	
Couche C1	<i>Néolithique ancien</i>	N	25	9	23	57
		%	43,8	15,8	40,4	

Tableau III.27 – Distribution des familles de matières premières de l'outillage par couches pour l'abri Alp 1 de l'Aulp du Seuil.

Nouvelles données sur l'origine des matériaux d'Alp 1

L'examen a porté sur la quasi totalité des pièces en silex cotées (soit 405), dont les dimensions dépassent 6 mm, recueillies en 1999 à l'abri Alp 1. Cette série appartient aux niveaux du Néolithique final et du Néolithique moyen/ancien de l'Aulp du Seuil correspondant à la base de la couche B2 et au sommet de C1.

- Etude qualitative

Les pièces observées ont été taillées à partir de silex formés dans les calcaires marins du Valanginien, du Barrémo-Bédoulien et du Sénonien, correspondant à des familles rencontrées dans les massifs subalpins (Chartreuse, Vercors, Bugey). Nous avons réalisé une discrimination quantitative selon l'origine géologique des silex (tabl. III.28). Une catégorie regroupe également les pièces indéterminées. Les observations qualitatives sont détaillées dans les paragraphes suivants, avec des indications sur la provenance des différents types.

Silex valanginien

Le silex valanginien représente 39 % de l'industrie en silex étudiée (tabl. III.28), soit une présence presque équivalente à celle des silex sénoniens.

Parmi les silex valanginiens se retrouve le plus fréquemment le type "local" (affleurements à moins de 5 km à vol d'oiseau (fig. III.20, a), au faciès à éléments roulés (40 % et plus), à bioclastes abondants et à la matrice cryptocristalline peu abondante (translucide, grise à bleutée).

Une seconde variété de silex valanginien bien représentée, dont les sources sont à rechercher à des distances supérieures à 10 km du site à vol d'oiseau, présente, par comparaison au précédent, des éléments moins nombreux (20 %), de plus petite dimension (150-200 µ) et anguleux, avec moins de bioclastes. La

matrice est gris noir opaque. Plusieurs sous-types peuvent être distingués et quelques pièces montrent un faciès se rapprochant de celui du silex qui affleure au col de la Vache (fig. III.20, c). D'autres types de silex valanginien se rencontrent de façon très ponctuelle dans la série de pièces observée : leur origine reste à préciser. D'autre part, nous avons examiné plusieurs pièces au faciès correspondant à celui de silex naturels prélevés dans les calcaires valanginiens du secteur de Saint-Thibaud-de-Couz, à 20 km à vol d'oiseau au nord-ouest du site (fig. III.20, b).

Silex sénonien

Le silex sénonien est d'une qualité supérieure (homogénéité, finesse de grain, quasi-absence d'inclusions) au Valanginien.

Le nombre de pièces taillées sur silex sénonien (39,8 %) est à peine supérieur au Valanginien (tabl. III.28).

Le silex sénonien local (Col de Bellefond) (fig. III.20, d) se rencontre assez peu dans la série. Identifiable pétrographiquement, il se caractérise par des spicules de Spongiaires et des oxydes de fer abondants dans une matrice grise.

Même si l'altération des pièces ne permet pas l'identification précise de types de silex sénonien, ceux-ci apparaissent diversifiés. Cependant, compte tenu de la nature des gîtes de Chartreuse (silex en position secondaire, remaniement de nombreux types dans un même remplissage), cette variété n'impliquent pas forcément une multiplicité des sources. Les calcaires à silex sénoniens sont plus éloignés du site que ceux du Valanginien mais ont été plus employés que ces derniers (tabl. III.28). Les gîtes les plus proches (en incluant les poches tertiaires qui ont remanié cette

	Types de matière première									
	Valanginien		Sénonien		Barrémo-Bédoulien		Indéterminés		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	158	39	161	39,8	10	2,5	76	18,8	405	100
Cortex	29	18,4	37	23	4	40	11	14,5	81	20
Patine	122	77,2	158	98,1	9	90	69	90,8	358	88,4
Chauffe	22	13,9	70	43,5	6	60	25	32,9	123	30,4

Tableau III.28 – Distribution des familles de silex au sein de la série étudiée, avec indications sur la proportion de pièces corticales, patinées et chauffées.

		Types de matière première								Total	
		Valanginien		Sénonien		Barrémo-Bédoulien		Indéterminés			
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	N C D	44	39,6	45	40,5	2	1,8	20	18	111	100
	N C L	77	39,9	87	45,1	3	1,6	26	13,5	193	100
Cortex	N C D	7	15,9	10	22,2	0	0	4	20	21	18,9
	N C L	20	26	22	25,3	2	66,7	5	19,2	49	25,4
Patine	N C D	29	65,9	44	97,8	2	100	16	80	91	82,0
	N C L	62	80,5	83	95,4	2	100	26	100	173	89,6
Chauffe	N C D	8	18,2	23	51,1	1	50	9	45	39	35,1
	N C L	12	15,6	40	46	1	33,3	12	46,2	65	33,7

N C D : Niveau à céramique décorée (N=111)

N C L : Niveau à céramique lisse (N=193)

Carrés et fourchettes de z considérés :

F1 : N C D z=188-197

H3 : N C D z=160-170

H5 : N C D z=160-172 ; **N C L** z=172-178

H6 : N C D z=160-172 ; **N C L** z=172-178

Tableau III.29 – Détermination des familles de matières premières par niveau culturel et proportion des pièces corticales, patinées ou chauffées pour chacune d'elles. Aulp du Seuil, abri n° 1.

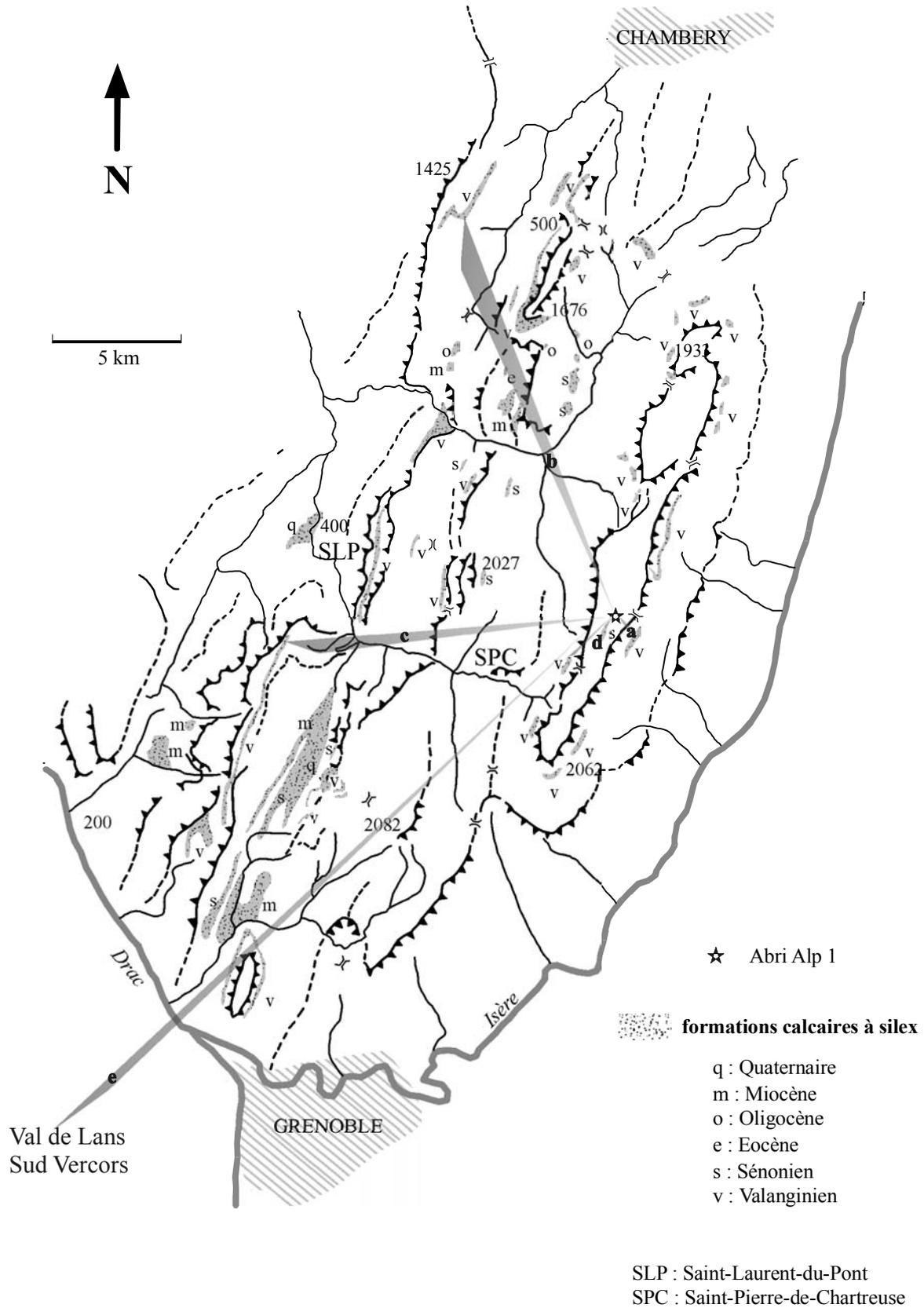


Figure III.20 - Carte des formations potentielles à silex et zones d'approvisionnement identifiées pour le Néolithique final et ancien à l'Aulp du Seuil (abri n°1).

famille de silex) se trouvent en effet à une distance minimale de 5-7 km.

Les variétés de silex de grain fin à moyen, présentant parfois des micro-géodes de quartz sont typiques des affleurements sénoniens. Nous avons reconnu quelques pièces présentant ces caractéristiques.

Des travaux antérieurs (Affolter *et al.*, 1999) avaient identifié pour des horizons archéologiques identiques, des provenances du Val de Lans (fig. III.20, e), dans le Vercors, où affleurent des formations à silex sénoniennes. Quelques-unes des pièces que nous avons examinées sont susceptibles de provenir de ce secteur.

Enfin, de rares pièces au faciès sénonien mais présentant, à la différence du silex de Chartreuse, quelques microfossiles pourraient être rapprochées de certains types du Bugey. Cette hypothèse demande toutefois à être confirmée par des personnes travaillant plus particulièrement dans ce secteur.

Silex Barrémo-Bédoulien

Cette famille de silex se rencontre dans le sud du Vercors (fig. III.20, e) soit à plus de 50 km à vol d'oiseau du site, d'où la faible présence de ce matériau au sein de la série. Il représente moins de 2 % de la série observée.

- Répartition des familles de matériaux par horizons culturels

Nous avons cherché à observer l'évolution de l'approvisionnement à travers les deux niveaux archéologiques fouillés en 1999 (base de B2 et sommet de C1), d'où proviennent les pièces étudiées. Nous avons utilisé les limites des niveaux individualisés par l'étude typo-technologique de la céramique, en choisissant les carrés pour lesquels la transition entre les niveaux est nette (tableau III.29).

En observant les données sur la répartition des différentes familles géologiques (Valanginien, Sénonien, Barrémo-Bédoulien), aucune différence sensible n'est attestée entre les deux niveaux. L'extension spatiale de ce type d'étude ainsi que son association avec les données typo-technologiques pour le matériel lithique donnera sans doute des résultats plus significatifs.

- Questions d'approvisionnement

L'observation des cortex et de leur nature, nous a apporté des indications sur les gîtes d'approvisionnement. Seules quelques pièces sénoniennes présentent un cortex caractéristique d'un ramassage en gîte secondaire (imprégnations sous corticales d'oxydes de fer, chocs en coups d'ongles), désignant comme source des poches tertiaires (Oligocène ou Eocène). Les pièces sénoniennes au

cortex calcaire témoignent, par leur morphologie, de l'utilisation de rognons de petit module.

Le silex valanginien ne présente pas le même cortex que le Sénonien. Dans son cas il convient d'employer le terme de surface naturelle : elle se présente comme une surface piquetée. On observe par ailleurs sur certaines pièces des surfaces diaclasiques, évoquant le ramassage de cassons, dans des éboulis, en position sub-primaire.

Certains matériaux valanginiens dont les sources sont distantes d'une vingtaine de kilomètres à vol d'oiseau, et dont la qualité n'est pas meilleure que les silex locaux (diaclases, grain grossier) sont présents sur le site. Il ne faut sans doute pas voir dans ce fait un choix préférentiel pour un type de matériau mais plutôt un ramassage au cours des déplacements des groupes humains effectués avant leur arrivée dans le vallon. Il est difficile en effet d'envisager un approvisionnement rayonnant à partir du site, pour des raisons de topographie et d'éloignement notamment. Le spectre des matériaux reflète donc le cheminement des groupes préhistoriques avant qu'ils accèdent au vallon de l'Aulp du Seuil pour y séjourner. L'importante diversité des types de silex rencontrés dans la série appuie cette idée. Enfin, les données apportées par les études archéozoologiques nous confortent dans cette orientation étant donné que les espèces chassées appartiennent à 99 % au biotope du vallon (cerf et sanglier représentant le milieu forestier ; bouquetin et chamois pour la prairie alpine et les versants rocheux). L'exploitation des ressources minérales et animales apparaît ainsi dissociée. Les occupants de l'Aulp du Seuil parvenaient au vallon avec leur stock de matière première qui pouvait éventuellement être complétés au cours du séjour par des « raids » en direction des sources proches.

II.B.2.b.4.- L'abri Alp 3

Les résultats disponibles sur les matières premières de cet abri concernent le sondage de 1994. Le matériel lithique est composé d'un faible nombre de pièces, lié à la petite superficie fouillée. Ce sont les résultats obtenus par Pelletier (1996) qui sont présentés au tableau III.30.

Malgré la représentation élevée et constante du silex valanginien, on note une augmentation significative du silex sénonien dans les niveaux du Mésolithique moyen (D1) et du Néolithique final (C1). Les proportions relatives sont alors de deux tiers pour le silex valanginien et un quart pour le Sénonien. Toutefois, ces constatations reposent sur un nombre de pièces limité. Les caractéristiques des chaînes opératoires sont similaires à celles évoquées au sujet de l'abri Alp 1.

ALP 3	Attribution culturelle		Valanginien	Sénonien	Indéterminé	Total
Couche D1	<i>Mésolithique moyen</i>	N	19	7	2	28
		%	67,9	25,0	7,1	
Couche C6	<i>Mésolithique moyen</i>	N	26	7	6	39
		%	66,7	17,9	15,4	
Couche C5	<i>Mésolithique moyen</i>	N	51	9	11	71
		%	71,8	12,7	15,5	
Couche C4	<i>Mésolithique récent ou transition Mésolithique/Néolithique</i>	N	104	26	25	155
		%	67,1	16,8	16,1	
Couche C3	<i>Néolithique ancien</i>	N	31	4	8	43
		%	72,1	9,3	18,6	
Couche C2	<i>Néolithique ancien</i>	N	59	9	15	83
		%	71,1	10,8	18,1	
Couche C1	<i>Néolithique final</i>	N	29	13	8	50
		%	58	26	16	
Couche B2	<i>Hallstatt</i>	N	19	7	3	29
		%	65,5	24,1	10,3	

Tableau III.30 - Distribution des familles de matières premières du débitage par couches pour l'abri Alp 3 de l'Aulp du Seuil.

II.B.2.b.5.- Comparaison des résultats obtenus sur Alp 1 et Alp 3

La comparaison des résultats obtenus pour les deux sites est délicate car ils ne procèdent pas du même observateur. Le silex barrémien ne semble pas avoir été identifié pour les séries étudiées par Pelletier.

En ce qui concerne les séries étudiées par Pelletier, les spectres des matières premières pour les différents niveaux des abris mettent en évidence une plus forte représentation du silex valanginien à Alp 3.

L'étude que nous avons menée montre une plus forte représentation du silex sénonien dans les niveaux néolithiques d'Alp 1 que dans les niveaux mésolithiques étudiés par Pelletier.

II.B.2.c.- Conclusion

L'étude sur les provenances, menée sur une faible partie de l'industrie lithique trouvée depuis le début des fouilles à l'Aulp du Seuil, nous permet d'ouvrir des pistes de recherche qui seront développées au cours de l'examen exhaustif des matières premières du site.

Il est ainsi apparu que les silex valanginiens se prêtent bien à l'étude des matières premières dans la mesure où ils sont moins sujet à la patine. La rentabilité de l'étude dépend toutefois de la connaissance des sources valanginiennes de Chartreuse qui, bien que reposant déjà sur de bonnes bases, demande à être complétée par de nouvelles séries de prospections et d'échantillonnage. Cette famille paraît plutôt refléter l'exploitation d'un territoire relativement proche du site (dans un rayon inférieur à 10 km, pour une majorité des types) alors que le silex sénonien, dont la forte patine limite la discrimination fine des microfaciès sédimentaires, est dans certains cas, l'objet d'approvisionnements à plus longue distance (le plus

souvent supérieur à 10 km et parfois externes à la Chartreuse). La présence de silex barrémo-bédouliens témoigne de relations, dont la nature reste à déterminer, avec le sud du Vercors.

Sur un plan diachronique, une différence entre le Mésolithique et le Néolithique s'observe pour le silex sénonien qui occupe une part croissante des matières premières introduites sur le site aux dépens du silex valanginien aux périodes plus récentes.

La question de l'économie et de la gestion des matériaux a pu être ici abordée grâce aux travaux de Pelletier (1996). Le silex valanginien est apporté sous la forme de cassons, donnant lieu à un débitage rapide et sans préparation. Certains cas de figure montrent en effet clairement que les arêtes naturelles des cassons valanginiens guident l'obtention de produits qui sont plus ou moins réguliers. Les nucléus valanginiens ont été exploités intensément malgré des traces fréquentes de diaclases. Le silex sénonien est apporté sur le site sous la forme de nucléus préparés, ou de produits de débitage. La préparation est plus nette et le débitage organisé. Elle doit toutefois être développée et approfondie avec l'affinement de la caractérisation des différents types de silex.

Enfin, si le silex de l'Aulp du Seuil est le reflet de circulations majoritairement internes au massif de Chartreuse, d'autres matériaux témoignent d'approvisionnements à plus longue distance et notamment de la fréquentation des massifs alpins cristallins (cas du quartz). La combinaison des différentes zones de provenance des matériaux siliceux nous aide à mieux appréhender les axes de circulations multiples et les aires fréquentées par les groupes humains venus à l'Aulp du Seuil, pour chacune des périodes d'occupation.

II.B.3.- Conclusion sur la Chartreuse

Les deux sites étudiés pour la Chartreuse montrent des statuts très différents. Leur localisation géographique les positionne dans des contextes géologiques différents, avec des disponibilités en matières premières inégales. L'éventail des matières premières traduit ces différences avec une dominance des silex valanginiens à l'Aulp du Seuil pour le Mésolithique moyen et des silex sénoniens au Col de Porte. Pour ces sites de Chartreuse des rapports avec d'autres entités géographiques sont perceptibles par la présence de silex du Bugey et du Sud-Vercors.

II.C.- Les sites des massifs cristallins

Les découvertes récentes de sites d'altitudes dans les massifs cristallins internes de Belledonne et du Taillefer (fig. III.21) viennent confirmer la fréquentation de ces massifs connue à travers la circulation du quartz (Cousseran, 2001). L'introduction de silex dans ces domaines géographiques qui en sont dépourvus naturellement apporte des éléments de réflexion sur l'origine des groupes qui les ont parcourus.

II.C.1.- Le site des lacs Robert, massif de Belledonne

II.C.1.a.- Présentation

Située à 2000 m d'altitude, cette station offre un témoignage lithique unique de la fréquentation du massif cristallin de Belledonne durant le Mésolithique. Les pièces qu'elle a livré ont été récoltées en surface au début du mois juillet 2001 par un randonneur, Jean-Claude Jarjat. L'aire de ramassage se trouve en bordure d'un chemin de grande randonnée et domine les lacs Robert. Le décompte de l'industrie, composée de quartz et de silex, est donné au tableau III.31.

Silex	
Pièces < 5 mm	1
5 mm < pièces < 10 mm	36
Pièces > 10 mm	35
Total 1	72
Quartz	
Pièces < 5 mm	2
5 mm < pièces < 10 mm	17
Pièces > 10 mm	19
Total 2	38
Total 1+2	110

Tableau III.31 - Décompte de l'industrie en silex et en quartz recueillie aux lacs Robert.

Quelques remarques peuvent être brièvement faites en ce qui concerne les quartz taillés. Parmi les 38 pièces comptabilisées, quatre présentent un aspect laiteux

tandis que les autres sont en quartz hyalin. Les facettes cristallines du prisme originel sont fréquentes. Le sud du massif cristallin de Belledonne comprend de nombreux gîtes de quartz. L'origine locale de ce matériau ne fait pas de doute.

La provenance du silex débité aux lacs Robert doit par contre être recherchée à l'extérieur du massif qui ne présente pas de terrains sédimentaires favorables à la formation de ce type de silicification.

II.C.1.b.- Résultats de l'étude des matières premières

II.C.1.b.1.- Description des types de silex

Macroscopiquement, l'ensemble de la série semble relativement homogène puisque les pièces sont uniformément gris foncé et de grain fin. Le silex est opaque et présente un état de surface très frais. Une exception est constituée par quelques pièces touchées par une patine blanche qui leur confère une couleur plus claire et un aspect hétérogène, avec de taches millimétriques orangées et des mouchetures blanches se détachant sur le fond gris clair.

L'examen à la loupe binoculaire de l'ensemble des pièces en silex a montré qu'une seule famille, barrémobédoulienne, constituait la série. Par contre il a révélé un nombre de types plus important que ne le laissait envisager l'observation macroscopique. En effet, quatre types ont été distingués. Les trois premiers ensembles réunissent une minorité de pièces tandis que le dernier regroupe la majorité.

Nous proposons de décrire chaque type.

Type barrémobédoulien 1

Ce type correspond macroscopiquement à celui qui a été décrit plus haut comme gris clair moucheté de blanc à taches orangées.

A la loupe binoculaire, il montre une texture packstone (entre 30 et 60 % d'éléments figurés) et une matrice gris foncé relativement opaque. Le diamètre des éléments est compris entre 200 μ et un millimètre. Ils présentent un fort émoussé et une forme sphérique à allongée. De nombreux éléments, parfois d'origine bioclastique sont imprégnés d'oxydes, qui leur donnent une coloration orangée. En outre, des points d'oxydes de fer, de diamètre inférieur à 100 μ sont disséminés dans la matrice. De la matière organique est présente. Des floculations blanches, opaques, se développent de manière localisée dans le fond siliceux.

Il s'agit d'un silex très bioclastique qui présente des radioles d'Echinodermes, de rares spicules de Spongiaires grêles, de nombreux Foraminifères dont des Miliolidés. Un certain nombre de bioclats n'ont pu être identifiés.

Type barrémobédoulien 2

D'un point de vue macroscopique, ce type peut être identifié par la présence de taches orangées sur la

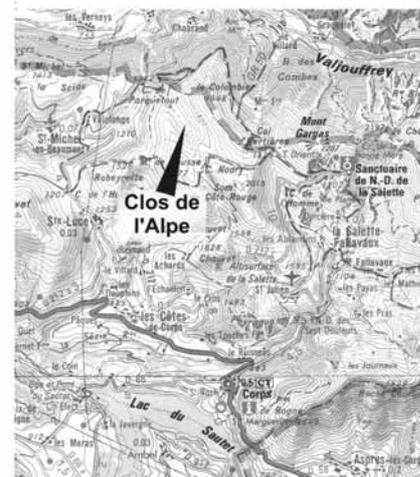
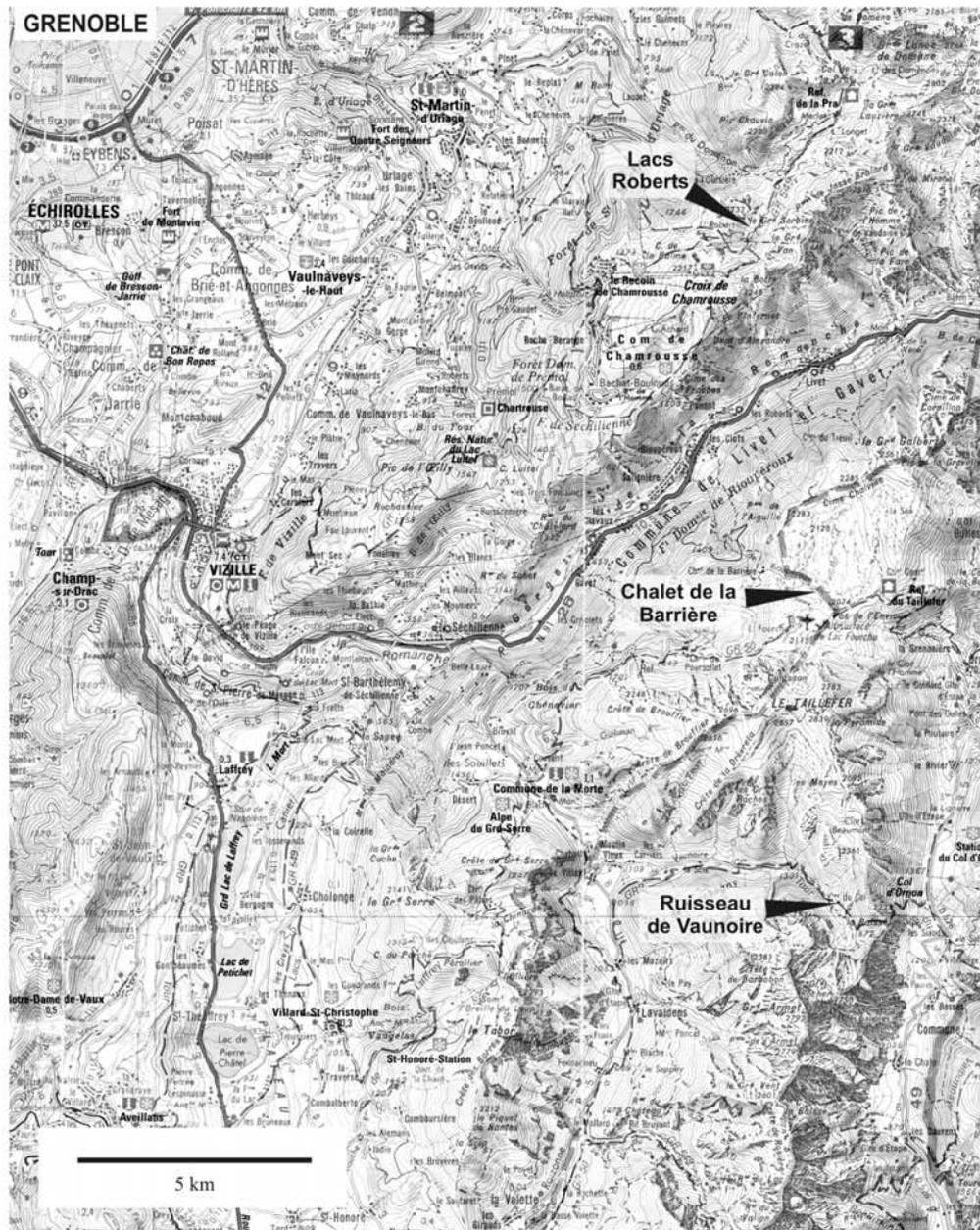


Figure II.21 - Localisation des sites de Belledonne et du Taillefer. D'après la carte IGN "Top 100" n°54.

surface gris foncé qui correspondent à des imprégnations de certains éléments figurés par des oxydes.

De texture packstone, il présente entre 20 et 25 % d'éléments figurés, qui ne sont pas triés et dont les dimensions varient entre 100 et 600 μ , atteignant plus rarement le millimètre. Les éléments carbonatés ont une forme arrondie à allongée et sont peu émoussés. Une fraction fine, de particules carbonatées et d'oxydes de fer en points, dont le diamètre reste inférieur à 100 μ , est répartie de façon homogène dans la matrice siliceuse plutôt opaque.

Les éléments d'origine bioclastique se rapportent à des fragments de coquilles, des Foraminifères de différents genres, dont des Glomospira, et des Miliolidés, et des éléments algaires.

Type barrémo-bédoulien 3

Ce type, de texture wackestone (10-12 % d'éléments), à la matrice semi-translucide, est caractérisé par la présence d'éléments non émoussés allongés (jusqu'à 750 μ de long) orientés. De nombreux oxydes très vifs, rouge-orangé, ponctuent la matrice. La couleur de ces oxydes permet de se demander si le silex a été chauffé. La matière organique est présente. De même que pour le type 2, une fraction de fines particules carbonatées, au diamètre inférieur à 75 μ est observable dans les pièces. Aucun microfossile n'a été repéré.

Type barrémo-bédoulien 4

Sa texture est mudstone, avec en moyenne 8 % d'éléments figurés aux dimensions variant entre 100 et 150 μ et répartis de façon homogène dans une matrice gris clair plutôt opaque. Les formes des éléments figurés sont irrégulières, et ils ont été peu à pas roulés.

De la matière organique est présente sous la forme d'éléments tubulaires notamment. Des petits points d'oxydes, nombreux, ponctuent la matrice. Quelques éléments (100-250 μ) sont imprégnés d'oxydes. Des formes opalescentes, parfois abondantes suivant les pièces, apparaissent dans le fond siliceux.

Du point de vue des bioclastes, ce type présente des spicules de Spongiaires grêles, des Glomospira et d'autres petits Foraminifères : certains n'ont pas été déterminés.

Plus caractéristiques sont les traces de bioturbation identifiées sur plusieurs spécimens du groupe. Elles se manifestent par des passées wackestone, chargées en éléments aux dimensions plus importantes (150-200 μ) et aux contours plus émoussés.

Une pièce n'a été rattachée à aucun de ces groupes en raison d'un état de patine prononcé.

Un décompte des pièces classées par type de matière première et selon leurs dimensions a été réalisé (tabl. III.32).

	BAR-BED 1	BAR-BED 2	BAR-BED 3	BAR-BED 4	Indéterminé
Pièces < 5 mm	0	1	0	0	0
5 mm < pièces < 10 mm	5	6	1	23	1
Pièces > 10 mm	5	4	2	24	0
Total	10	11	3	47	1

Tableau III.32 – Décompte des types de silex en fonction de la dimension des pièces pour la série des lacs Robert.

II.C.1.b.2.- Observations sur le cortex

Il est présent de manière localisée sur trois pièces de type 1 et sur la pièce indéterminée. Un petit résidu cortical est également observé sur une pièce de type 4. D'autre part, certaines pièces montrent des surfaces de fracturation naturelle. C'est le cas d'une pièce de type 2 et de 5 artefacts de type 4.

Pour la pièce de type 4 et celle indéterminée, le cortex est blanc et calcaire. La zone sous-corticale présente sur 1 à 2 mm une coloration plus claire que la masse du silex. Le cortex du type 1, épais d'un millimètre, présente quant à lui une couleur gris-blanc et un aspect calcaro-gréseux.

Quel que soit le type considéré, les cortex apparaissent relativement érodés mais ne présentent pas d'imprégnation d'oxydes ou de chocs en coup d'ongle. Ce fait ainsi que la présence de surfaces diaclasiques militent en faveur d'un prélèvement des blocs en position sub-primaire, dans des éboulis.

II.C.1.b.3.- Attributions de provenance

Seul le type barrémo-bédoulien n° 1, regroupant une dizaine de pièces, a été attribué à l'affleurement de la montagne de Belle Motte. Cette source, je le rappelle, présente un grand nombre de faciès et une grande variabilité parfois à l'échelle d'un rognon. Le type BAR-BED 1 a été rapproché du faciès le plus bioclastique de Belle Motte. La fréquentation de cette source au Mésolithique est attestée par des témoignages archéologiques (Bintz, 1993).

Le type 2 présente des points communs avec le type précédent et une provenance identique n'est pas à exclure. Cependant nous ne disposons pas, parmi les silex géologiques de Belle Motte, d'échantillon qui réunit l'ensemble des éléments qui caractérisent les pièces du type 2.

Enfin, les sources respectives des types 3 et 4 n'ont pas été identifiées. Toutefois nous pouvons exclure certaines origines comme le plateau de Vassieux et celui d'Ambel qui sont caractérisés par des faciès très différents. Les gîtes du Diois sont donc

susceptibles d'avoir fourni ces deux types de matière première, d'autant plus que le type 3 présente un faciès de type hémipélagique à circalittoral inférieur compatible avec la paléogéographie du Diois au Barrémien.

II.C.1.c.- Discussion et conclusion

L'étude typo-technologique n'ayant pas encore été réalisée, la discussion des résultats sera uniquement alimentée par les données obtenues sur la matière première.

Le petit nombre de types différents et la quasi absence de plages corticales montrent que la majorité du silex a dû être acheminé dans le massif de Belledonne sous la forme de nucléus préformés. Le débitage devait être effectué sur place, au fil des besoins.

L'origine de l'ensemble des silex vraisemblablement rapportée au Diois a des implications quant aux axes de circulation privilégiés pour joindre le massif de Belledonne. Il semble que, dans le cas de sa fréquentation au cours du Mésolithique, ce soit le sillon subalpin qui ait été emprunté. Des communications Est-Ouest directes entre les massifs subalpins (Vercors/Chartreuse) et les massifs cristallins semblent peu probable en raison d'un part de l'absence de silex sénoniens ou valanginiens, caractéristiques des massifs calcaires et d'autre part de la présence d'un paléolac d'origine glaciaire dans la vallée du Grésivaudan durant le Mésolithique.

II.C.2.- Les sites du Taillefer

II.C.2.a.- Introduction

Le Taillefer appartient aux massifs cristallins externes des Alpes dauphinoises dont il constitue le rameau interne de Belledonne. Par ailleurs, la juxtaposition de substrats carbonatés et siliceux est à l'origine d'une grande variété floristique. L'association de milieux humides avec les nombreux groupements de pelouses alpines, landes, éboulis et falaises renforce l'intérêt de l'ensemble du massif.

La fréquentation préhistorique de ce massif cristallin est connue à travers le ramassage de surface de quelques pièces taillées en silex et en quartz rapportées au complexe Mésolithique-Néolithique. L'ensemble de ces découvertes est dû à J.-M. Roche.

Les artefacts de trois stations de ramassage du Taillefer ont été examinés.

II.C.2.b.- Etude des matières premières

Au Clos de l'Alpe, sur la commune de Saint-Michel-en-Beaumont (Isère), à 1630 m d'altitude, un silex a été ramassé dans un alpage, associé à des quartz pyramidés. L'origine de ces derniers est à rechercher

dans les marnes locales qui livrent des géodes de quartz.

Le silex examiné est barrémo-bédoulien. Sa source d'origine n'a pas été identifiée. Macroscopiquement, il est caractérisé par des marbrures gris clair et gris foncé, mises en évidence par une légère patine.

Le site du chalet de la Barrière à 1860 m et au pied du Pas de l'Envious (fig. III.21), a été découvert en 1993. La série compte une dizaine de pièces en silex. Seule la famille barrémo-bédoulienne est représentée. Deux artefacts sont identiques au faciès barrémo-bédoulien n°4 décrit pour la série des lacs Robert (cf. supra).

Enfin, nous avons examiné deux pièces trouvées au ruisseau de Vaunoire (commune de la Morte) entre 1500 et 1600 m d'altitude, sur le chemin qui mène au col d'Ornon (fig. III.21).

Il s'agit de deux types barrémo-bédouliens, qui peuvent être distingués tant macroscopiquement que pétrographiquement. Par contre aucun élément caractéristique n'a permis de leur attribuer une provenance. L'origine Sud-Vercors est cependant à exclure.

Les pièces des sites du Taillefer ne présentent pas de cortex, par contre, deux artefacts du site chalet de la Barrière montrent des surfaces diaclasiques.

Une pièce du chalet de la Barrière présente une plage plus calcaire qui peut être assimilée à une zone sous-corticale.

II.C.3.- Conclusion

L'examen des types de silex porte à rechercher l'origine des matières premières présentes sur les sites des massifs cristallins dans les secteurs du Diois et du Sud du Vercors. Bien que leur provenance soit peu précise, elle permet de déterminer globalement les voies de circulation naturelles vraisemblablement empruntées, soit la vallée du Drac (correspondant au sillon subalpin) puis la vallée de la Romanche. Des contacts inter-régionaux à longue distance (40 km au minimum) sont ainsi mis en évidence pour des secteurs jusque là peu documentés du point de vue archéologique.

CONCLUSION

Au Mésolithique, l'exploitation des ressources apparaît étroitement liée aux disponibilités locales ou voisines. Le silex barrémo-bédoulien apparaît prédominant dans les séries de la moitié sud du Vercors (Pas de l'Aiguille, Fontaine de la Baume, Bouvante) tandis que les silex sénoniens sont bien représentés dans les sites du Nord-Vercors (La Grande-Rivoire, le Pas de l'Echelle, Pas de la Charmate, Affolter *et al.*, 1999) et du domaine occidentale de la Chartreuse (Col de Porte).

A l'est de ce dernier massif, le silex valanginien a été le plus utilisé (Aulp du Seuil). La diversité des matières premières représentées dans les séries apparaît caractéristique. Elle est le témoin de la mobilité importante des groupes ayant fréquenté les sites mésolithiques.

Entre les deux massifs, la Chartreuse et le Vercors, le schéma général d'approvisionnement apparaît similaire.

Au Néolithique, l'exemple du site de l'Aulp du Seuil montre une tendance différente de celle qui était observée pour les niveaux mésolithiques. En effet, la proportion (en nombre de pièces) de silex sénoniens augmente significativement et s'équilibre avec celle du silex valanginien. Malgré l'éloignement des gîtes sénoniens, cette matière première est bien représentée dans les niveaux néolithiques. La qualité au débitage de ce matériau peut expliquer son introduction en quantités plus importantes sur le site. La diversité des matières premières demeure importante.

La gestion des matières premières s'observe essentiellement du point de vue de la morphologie et de la qualité différentes des silex sénoniens et valanginiens : les exemples du Col de Porte et de l'Aulp du Seuil sont, sur ce point, significatifs.

Les influences méridionales perçues à travers les études typo-technologiques pour les sites du massif du Vercors transparaissent au moins partiellement à travers les matières premières par l'introduction de silex blonds du Vaucluse et de Forcalquier pour les périodes néolithiques, mais également, dès le Mésolithique, par l'identification de silex de la vallée du Haut-Buëch. En Chartreuse, une double origine lointaine des silex matérialise des rapports avec le Vercors d'une part et le Bugey d'autre part. Ces relations, dont la nature demeure difficile à préciser, s'inscrivent en continuité avec ce qui a été observé à la fin du Paléolithique (Bintz, 2000a).

PARTIE IV



Vue aérienne du massif de Chartreuse, cliché Gidon (2002)

Conclusions

CONCLUSIONS

Ce travail élargit les perspectives d'étude des matières premières dans le contexte des sites des massifs subalpins en apportant un référentiel d'échantillons géologiques solide pour certains secteurs et qui reste à compléter pour d'autres. Le corpus des sites ayant bénéficié d'études sur les matières premières se trouve enrichi de nouvelles données concernant les périodes comprises entre le Mésolithique et le Néolithique. L'orientation méthodologique conférée à ce travail par les recherches sur les possibilités de caractérisation géochimique des silex nord-alpins a conduit à cerner les champs d'application de cette méthode.

I.- LES GITES

Concernant l'inventaire et la caractérisation des gîtes de silex, nous avons volontairement cherché à prendre en compte un vaste domaine géographique, extension qui se justifiait par les objectifs de l'étude. Les prospections n'ont pas été menées avec la même intensité dans l'ensemble des secteurs et il en résulte une connaissance inégale des ressources en silex de chaque massif subalpin. Cependant, elles ont révélé des zones géographiques au potentiel en silex important, en particulier le Dévoluy et la haute vallée du Buëch. Ces acquis permettront d'orienter les futurs programmes de prospection. Le Diois fera l'objet d'une attention particulière car il est susceptible d'avoir fourni des silex qui ont circulé dans les massifs subalpins septentrionaux.

Les caractères spécifiques des silicifications rencontrées au sein des différents massifs considérés ont été décrits. Il en a découlé d'une part la mise en évidence de problèmes de convergence de faciès pour certains silex, à différents niveaux de lecture (macroscopiques, pétrographiques). D'autre part, des silex marqueurs par leurs caractères visuels ou leur contenu pétrographique ont été identifiés.

J'ajouterais enfin que les prospections de sources de silex peuvent avoir une incidence directe sur la découverte de nouveaux sites archéologiques. Outre les cas d'ateliers de taille, la présence de gîtes siliceux constitue un facteur favorable à l'établissement de groupes préhistoriques et peut permettre d'orienter les prospections purement archéologiques. L'exemple du secteur Col de la Charmette-Col de Porte apparaît à ce sujet particulièrement éloquent.

En mettant en parallèle les disponibilités en silex et la concentration de sites, un lien étroit peut être mis en évidence. Le massif des Bornes, par exemple, présente de faibles potentialités en silex et un très faible nombre de sites inventoriés. A l'opposé, les massifs de Chartreuse et du Vercors, aux ressources en silex abondantes ont été intensément fréquentés comme en

témoigne le nombre de sites découverts dans ces secteurs. En dehors de ces exemples choisis en zones d'altitude, ce schéma est plus nuancé puisqu'on connaît des fréquentations dans des régions dépourvues de silex comme le bassin de Brives (Demars, 1982).

II.- LES METHODES

II.1.- Bilan

Les deux types d'approches utilisées, macroscopique/pétrographique et géochimique, se placent sur deux plans différents. La première est validée et utilisée depuis une vingtaine d'années, tandis que la seconde, dans notre contexte d'étude, franchit à peine le stade exploratoire. Du point de vue de leurs champs d'application, un décalage persiste puisque l'examen pétrographique peut être employé pour la caractérisation de séries archéologiques importantes, alors que la méthode géochimique, plus lourde à mettre en œuvre, apporte des informations plus ponctuelles, en réponse à des questions ciblées. Ne faisant pas appel à des critères de caractérisation identiques, elles apparaissent toutefois complémentaires et leur combinaison constitue un atout pour affermir les propositions de provenance.

Les définitions des microfaciès sédimentaires, pour les aspects de bathymétrie des dépôts et d'oxygénation du milieu, et les données géochimiques peuvent être mises en relation au moyen de l'anomalie en Ce.

Les limitations des études de provenance viennent sans doute moins de la capacité des méthodes employées à caractériser un échantillon que des problèmes liés à la gîtologie et à la méconnaissance des types de silex affleurant dans un secteur donné.

Dans le cas du silex sénonien, l'ubiquité de certains types au sein de la Chartreuse ou du Vercors amène à proposer, lorsqu'ils sont identifiés sur un site, plusieurs hypothèses de provenance. La portée informative des résultats est ainsi plus limitée et les réflexions sur la circulation des hommes sont freinées. L'emploi de la géochimie n'a pas jusqu'à présent permis de réduire cette « marge d'incertitude ».

Il existe en outre un décalage entre les réponses apportées par la géochimie et les interrogations de l'archéologue sur les sources d'origine. Dans le cas de la géochimie, c'est la similitude compositionnelle qui va définir un groupe géochimique et par conséquent la « source ». Or l'archéologue recherche une source au sens physique du terme, c'est-à-dire un espace délimité où le matériau est disponible. Dans la majorité des cas nous avons vu qu'il n'y avait pas adéquation entre ces deux définitions, à l'exception du cas de la Grande-Rivoire.

De là viennent les difficultés d'application de la caractérisation géochimique aux problématiques archéologiques.

Ainsi, l'orientation qui a été privilégiée au niveau de l'exploitation des deux méthodes est la recherche de types de silex marqueurs d'une origine géographiquement limitée. L'identification de ces silex dans une série archéologique permet de proposer un premier canevas des zones de provenance des matériaux ayant servi à l'approvisionnement d'un site donné. L'affinement des déterminations d'origines pour des matériaux plus difficiles à localiser peut s'opérer à la suite de cette première étape.

Du point de vue du choix des méthodes, c'est le contexte local et la spécificité des silex rencontrés au cours de l'étude qui vont déterminer les approches les plus appropriées à caractériser les différents types de silex.

II.2.- Perspectives méthodologiques

Plusieurs pistes doivent être approfondies afin d'augmenter les critères de discrimination des silex.

La confection de lames minces à partir d'échantillons naturels conduira à affiner nos connaissances sur la répartition géologique des ressources siliceuses, pour orienter les prospections futures d'une part et pour améliorer nos définitions de microfaciès sédimentaire. Développer l'analyse des microfaciès sédimentaires dans le cadre des déterminations d'origine des artefacts préhistoriques permet de replacer l'échantillon dans son contexte paléogéographique et par ce biais de cerner sa localisation géographique actuelle. Le recours aux lames minces permettra en outre d'optimiser la reconnaissance à la loupe binoculaire des éléments figurés après avoir comparé ces deux modes d'observation. Les lames minces permettront également la détermination plus précises des phases minérales.

Enfin, le développement de méthodes de caractérisation originales, comme l'application de la cathodoluminescence au silex dans le cadre des recherches de provenance, permettra éventuellement de mettre en évidence de nouveaux critères de discrimination entre les sources, pour valider les propositions d'origine par des caractérisations multiparamétriques.

III.- IMPLICATIONS ARCHEOLOGIQUES

III.A.- L'approvisionnement au Mésolithique et au Néolithique

Les études antérieures (Affolter et Grünwald, 1999 ; Affolter *et al.*, 1999) ont tiré quelques conclusions sur l'approvisionnement en silex au Mésolithique. Il apparaît interne au massif, ce qui s'observe également par rapport aux séries que nous avons étudiées, et intégré à d'autres activités, cynégétiques par exemple. La diversité des matières premières sur un site donné conduit effectivement à avancer ce type d'hypothèses. Toutefois, compte-tenu du caractère polygénique des sources de Chartreuse et du Vercors, sénoniennes en particulier, la variété des types rencontrés dans une série archéologique peut éventuellement refléter l'éventail de matériaux disponibles sur un seul gîte secondaire (conglomérats ou poches tertiaires). Le nombre de sources ayant servi à l'approvisionnement apparaît donc particulièrement difficile à évaluer en raison du contexte géologique régional.

Le terme de « collecte opportuniste » a été avancé pour qualifier l'approvisionnement au Mésolithique et sous-entend une absence de choix des matériaux (Affolter et Grünwald, 1999). Cette caractéristique ne se vérifie pas dans le cas du site du Col de Porte où les matériaux présents sur place dans les colluvions, valanginiens et de qualité médiocre, ont été délaissés à la faveur de silex sénoniens, de bonne aptitude à la taille, provenant de sources locales (à moins d'une heure de marche) mais pas immédiates. Pour les autres sites étudiés, la caractérisation des types de silex devra être combinée à une étude typo-technologique systématique afin d'apporter des éléments révélateurs d'une éventuelle gestion différenciée des matériaux et donc l'existence d'un choix.

De plus, le caractère « opportuniste » de l'approvisionnement peut être discuté en rapport au contexte particulier constitué par le domaine montagnard. En considérant le site du Pas de l'Aiguille, les silex allochtones « des plaines » (haute vallée du Buëch) sont représentés par deux types d'origines géographiques différentes. Le comportement d'approvisionnement hors contexte de montagne apparaît donc orienté vers seulement deux sources différentes. Les matériaux récoltés au sein de sources de zones d'altitude sont quant à eux beaucoup plus diversifiés. L'acquisition de matériaux apparaît donc, dans certains contextes, orientée préférentiellement vers un nombre limité de sources ou de types de silex.

Le secteur du Col de Porte-Col de la Charmette apparaît particulièrement intéressant pour la mise en évidence de réseaux inter-sites liés à la disponibilité en matériaux siliceux. L'étude menée sur le Col de Porte a montré que la production de lamelles n'était pas destinée aux besoins immédiats et avait fait l'objet de prélèvements. Au nord-ouest du Col de Porte se situe l'abri de Canaple, en cours d'étude, qui a montré un approvisionnement au sein des gîtes sénoniens compris dans la zone riche en silex de la Clairière de Girieu-Col de la Charmette. Les secteurs d'acquisition du silex de

Canaple apparaissent donc, en grande partie, identiques à celles représentées au Col de Porte. Les prospections archéologiques révéleront sans doute de nouveaux sites dans ce secteur favorable aux installations humaines par la présence d'eau, de matières premières et par sa localisation sur une voie de passage reliant la cluse de l'Isère à la Combe de Savoie. Cet axe Nord-Sud de circulation a par ailleurs été nettement mis en évidence par l'origine des matériaux retrouvés au Col de Porte.

Gestion des matières premières

Elle peut être approchée pour le site de l'Aulp du Seuil à travers l'étude menée par D. Pelletier (1996) sur les niveaux mésolithiques et néolithiques. Le facteur déterminant le mode de débitage est la morphologie des silex, induite par des origines géologiques différentes (Valanginien/Sénonien). L'absence de cortex et la forme tabulaire des silex valanginiens permet l'économie des phases de préparation. Les produits obtenus sont irréguliers. Les rognons de silex sénoniens demandent par contre un plus grand investissement technique qui se traduit par l'obtention de supports plus réguliers, régularité due également à un grain fin du matériau.

Ainsi, l'attitude des mésolithiques vis à vis de la matière première paraît complexe et soumise à une forte variabilité en fonction du contexte géographique, géologique et du statut des sites.

Diachroniquement, avec l'exemple du Néolithique de l'Aulp du Seuil, on observe que l'approvisionnement concerne l'ensemble du massif et qu'il n'est pas seulement local. Le spectre des matières premières est varié. Par rapport aux niveaux du Mésolithique, les matériaux fins, sénoniens, bien que distants du site (plus de 7 km à vol d'oiseau) sont présents dans des proportions plus importantes. La recherche de matériaux plus fins est sans doute contrainte par des besoins techniques différents de ceux du Mésolithique. Le spectre de matières premières demeure varié. Les sources ayant servi à l'approvisionnement du site jalonnaient sans doute le parcours emprunté par les groupes pour se rendre au vallon de l'Aulp du Seuil.

Avec le Néolithique, les sources du Sud du Vercors semblent représentées de manière croissante dans les spectres des matières premières des séries régionales, comme au Pas-de-la-Charmate et à la Grande-Rivoire. Cette tendance s'amorce dès le Mésolithique récent.

III.B.- Fréquentation des zones d'altitudes

Les résultats archéologiques ont montré que la fréquentation intense des zones d'altitude débute au Mésolithique moyen. Pour cette période nous disposons de plusieurs sites ayant bénéficié d'une étude sur les matières premières : le Pas de l'Aiguille, le Pas-de-l'Echelle, la Grande-Rivoire et le Pas-de-la-Charmate

pour le Vercors ; l'Aulp du Seuil et le Col de Porte pour la Chartreuse.

Au Pas de l'Aiguille, le fait qu'une partie importante, en nombre de pièces, des matières premières qui composent la série provençaise du secteur de la haute vallée du Buëch-contreforts du Dévoluy (fig. IV.1) nous indique non seulement l'origine des populations qui ont fréquenté le Vercors mais également une anticipation des besoins en matière par le transport d'un « équipement de route » vers des secteurs sans doute moins bien connus du point de vue des ressources lithiques. En outre, la position géographique du Pas de l'Aiguille s'accorde avec la présence « mixte » de matériaux du Dévoluy, du Diois et du Vercors.

En Chartreuse, l'étude du matériel du Col de Porte a montré une bonne connaissance et une exploitation raisonnée des ressources siliceuses de la part des groupes qui ont fréquenté le site.

L'indigence de certains matériaux dans les séries régionales, comme le silex à Bryozoaires et à Annélides caractéristique du synclinal de Rencurel, est révélatrice des zones peu fréquentées par les populations préhistoriques. En effet, seule l'industrie du Pas-de-l'Echelle, localisé sur la façade Ouest du Vercors, comprend des pièces taillées dans ce matériau, local par rapport à la position du site (fig. IV.1). Le site de Bouvante est susceptible de présenter aussi ce type de silex puisque Pelegrin et Riche (1999) ont identifié du silex à Bryozoaires sans toutefois pouvoir en préciser la provenance. Ce silex montre en outre une assez bonne aptitude à la taille.

La fréquentation du val de Rencurel apparaît donc beaucoup plus limitée que celle des vals de Lans et d'Autrans-Méaudre (fig. IV.1).

Le sillon alpin, parcouru par le Drac puis l'Isère, a constitué un couloir de fréquentation comme en témoigne l'origine des silex mésolithiques retrouvés dans les sites du Taillefer et de Belledonne (fig. IV.1 et fig. IV.2).

La communication transversale entre massif de Belledonne et massif de Chartreuse était impossible en raison de l'existence d'un paléolac au niveau de l'actuelle vallée du Grésivaudan (fig. IV.2). Or on retrouve des quartz taillés originaires de Belledonne dans les sites du massif de Chartreuse (Cousseran, 2001). La reconstitution des voies de passage empruntées pour acheminer ce matériau vers les massifs subalpins calcaires apparaît donc délicate à réaliser et ne se satisfait pas dans ces conditions d'un simple schéma d'approvisionnement Est-Ouest. Les distances de circulations sont elles aussi, de ce fait, accrues. Une possibilité est le contournement par le nord, au niveau de la cluse de Chambéry, du paléolac (fig. IV.2).

Ainsi, restituer les axes de circulation passés implique la connaissance des contraintes géomorphologiques passées et paléogéographiques, nécessitant donc des collaborations pluridisciplinaires.

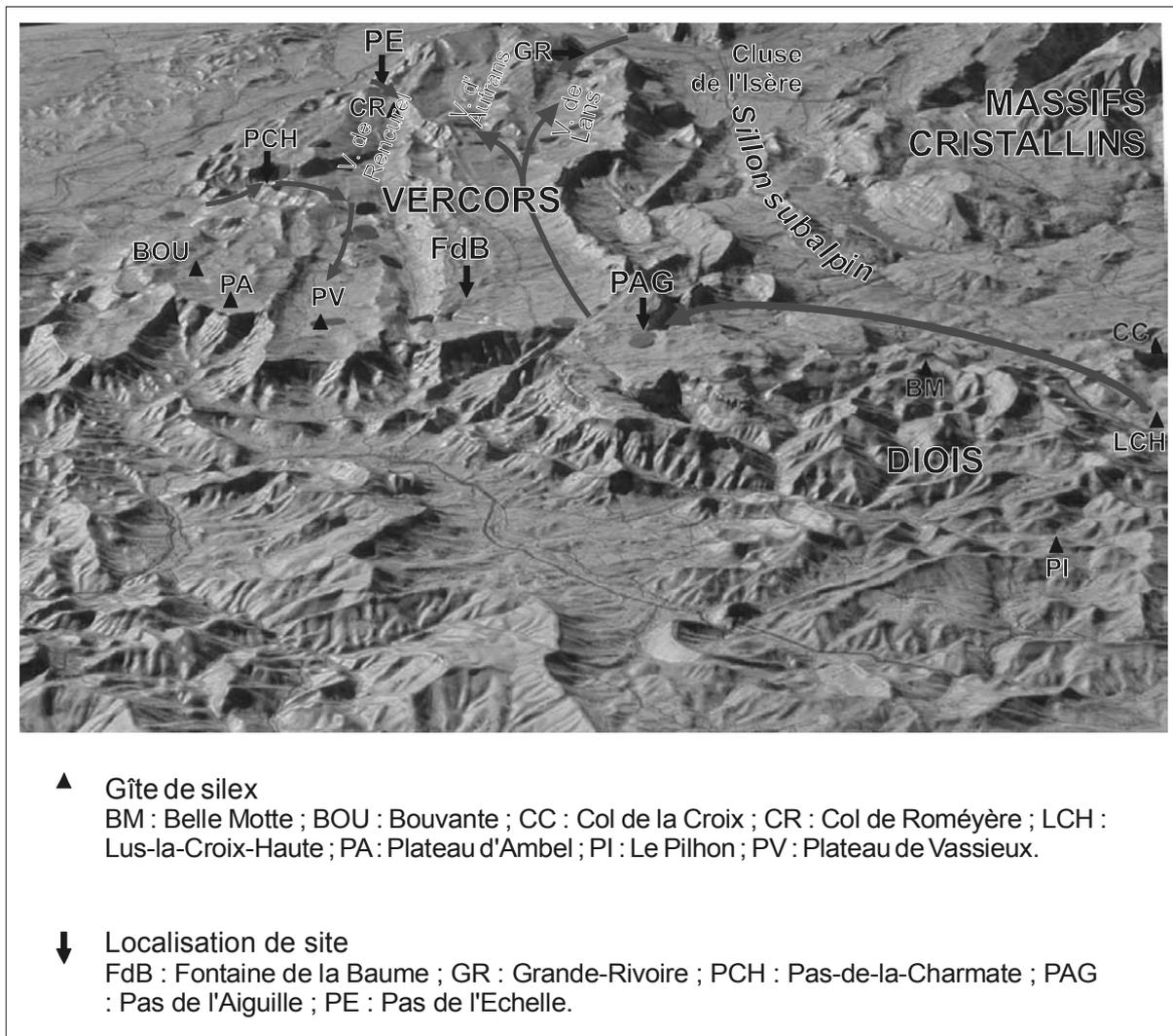


Figure IV.1 - Restitution hypothétique des voies de circulation vers le Vercors et à l'intérieur du massif privilégiées au Mésolithique. Les gîtes représentés sont uniquement ceux dont les matériaux ont été formellement identifiés sur les sites. Modifié d'après la carte IGN du Vercors en relief.

III.C.- Questions de territoires

Au Mésolithique, la majorité des sources d'approvisionnement sont locales ou voisines, comprises dans un rayon inférieur à 20 km. C'est le cas pour les sites des Hauts-Plateaux, du Pas-de-la-Charmate, de Saint-Thibaud-de-Couz, de Balme-Rousse et du Pas-de-l'Echelle. A la Grande-Rivoire, Bouvante, l'Aulp du Seuil et au Col de Porte, l'approvisionnement apparaît plus proprement local puisque les sources ayant fourni la majorité des matières premières sont distantes de moins de 5 km des sites. C'est la disponibilité de ressources lithiques proches et de bonne qualité qui conduit à ce dernier cas de figure.

A travers les études réalisées antérieurement et les nôtres, des liens entre les sites et des espaces

géographiques lointains ont pu être mis en évidence par les matériaux allochtones.

Le lien entre la Chartreuse et le Vercors peut être établi grâce à la présence de silex barrémo-bédoulien, dont une partie provient fréquemment du plateau de Vassieux, dans tous les sites de Chartreuse qui ont été étudiés du point de vue des matières premières, depuis l'Azilien jusqu'au Néolithique final : Saint-Thibaud-de-Couz, les Balmettes, le Col de Porte et l'Aulp du Seuil. Le nombre de pièces taillées sur ces matériaux et leur volume pour la plupart de ces sites est inférieur à 5 % du total de l'industrie lithique examinée.

Une seconde zone montrant des relations avec la Chartreuse est celle du Bugey. Une pièce du Col de Porte a été identifiée comme provenant des formations valanginiennes de ce massif du Jura méridional. Cette présence est nettement moins systématique. Il faut noter que cette origine avait été proposée pour quelques

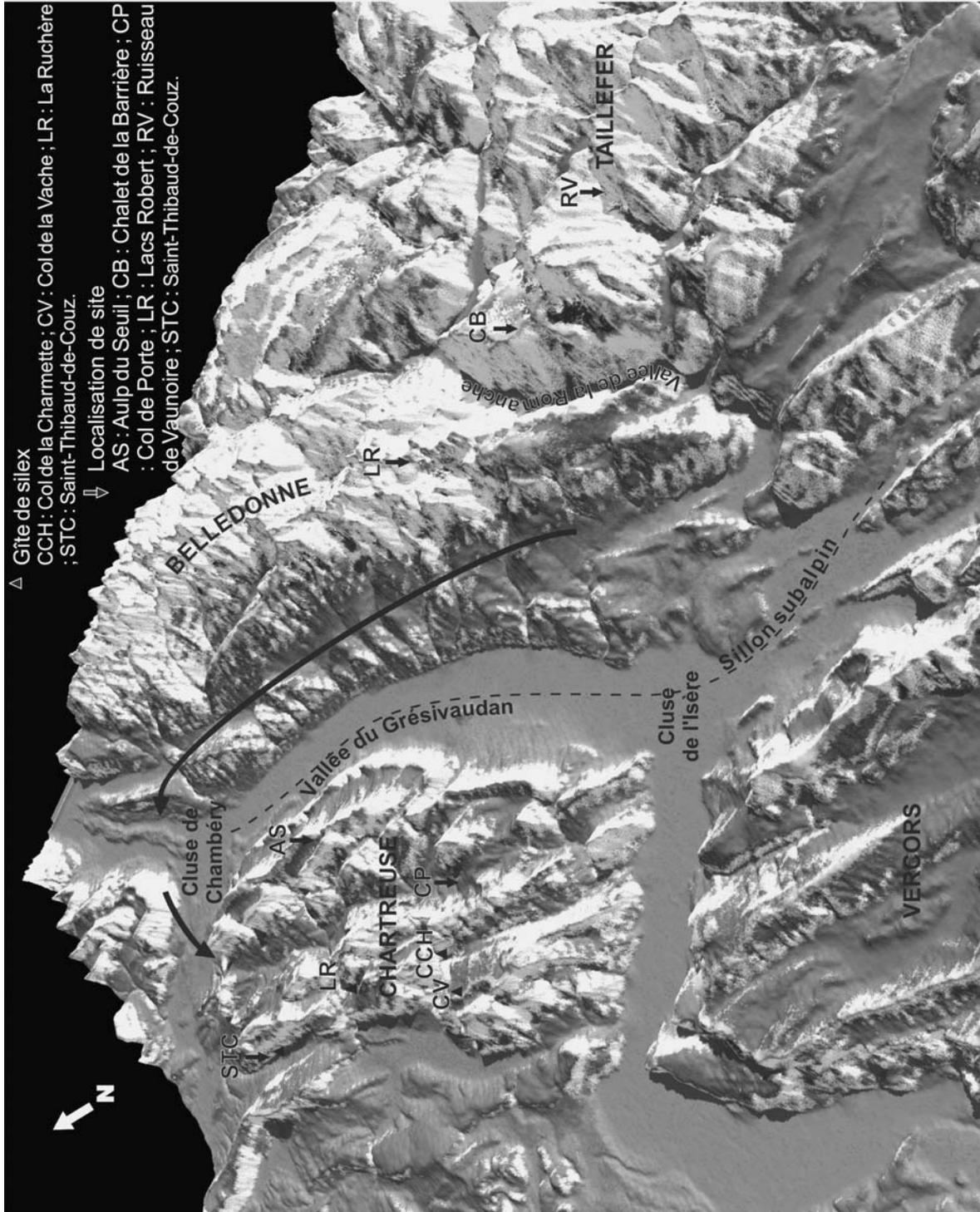


Figure IV.2 - Restitution hypothétique des voies de circulation pour la Chartreuse et les massifs cristallins privilégiés au Mésoolithique. Les gîtes représentés sont uniquement ceux dont les matériaux ont été formellement identifiés sur les sites. Image générée par Vista Pro.

pièces pour les niveaux magdaléniens de Saint-Thibaud-de-Couz (Bintz et Grünwald, 1990).

La présence de matériaux de Chartreuse sur les sites du Vercors est plus difficile à déceler, en l'absence de silex marqueurs pour le premier massif, et n'a pu être vérifiée jusqu'à présent.

Enfin, la fréquentation des Hauts-Plateaux du Vercors semble particulièrement liée à des groupes venus de la vallée du Buëch et ayant parcouru le Diois. La présence de silex sénonien dans ce secteur indique des déplacements nord-sud à l'intérieur du massif.

En conclusion, ce travail offre les fondements nécessaires au développement d'études régionales sur la circulation du silex. La nature méthodologique d'une grande partie de ces recherches permet d'entrevoir également des applications dans d'autres domaines géographiques. L'apport de la caractérisation géochimique aux questions de détermination d'origine des silex archéologiques a pu être défini dans le cadre géographique et géologique des massifs subalpins. Il apparaît relativement limité même si la méthode présente l'avantage de fournir, ponctuellement, des réponses quantitatives dans une discipline reposant classiquement sur des observations subjectives.

L'éclairage apporté par le silex sur les territoires parcourus et les territoires culturels est partiel. La circulation d'autres matériaux, lithiques ou animaux, apporte des informations complémentaires, mettant en jeu des distances de déplacement d'un autre ordre de grandeur.

BIBLIOGRAPHIE

- AFFOLTER J. (1989). Première approche des gîtes de silex et de leur exploitation préhistorique. *Minaria Helvetica, Bull. de la Société Suisse de l'histoire des mines*, n° 9, p. 55-60.
- AFFOLTER J. (1991). Analyse pétrographique du silex, *In* : l'abri sous-roche mésolithique des Grippons. POUSAZ *et al.* (éds), *Cahier d'Archéologie Jurassienne*, n° 2, p. 81-95.
- AFFOLTER J. (1994). Les microfossiles des silex, Rapport de stage FNRS, 28 p.
- AFFOLTER J. (2000). Origine des matières premières siliceuses utilisées au Mésolithique dans le Jura, *Cahiers de l'Archéologie Romande*, Actes de la Table ronde « Epipaléolithique et Mésolithique », Lausanne, 21-23 novembre 1997, n° 81, p. 49-52.
- AFFOLTER J. (1999). Caractérisation pétrographique et utilisation préhistorique de quelques matériaux siliceux alpins, *In* : *Prehistoric alpine environment, society, and economy*. Colloque international PAESE'97, Zurich, P. DELLA CASA (éd.), p. 253-256.
- AFFOLTER J., BINTZ P. et C. BRESSY (1999). Analyse et circulation des matières premières siliceuses au Mésolithique et au Néolithique ancien dans les Alpes du Nord, *In* : *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire – Matériaux pour une étude*. Programme CIRCALP 1997-1998, A. BEECHING (éd.), Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, n° 2, p. 175-181.
- AFFOLTER J. et C. GRÜNWALD (1995). Les ressources en matière première siliceuse dans le Vercors, *In* : *Epipaléolithique et Mésolithique en Europe, livret-guide de l'excursion, Préhistoire et Quaternaire en Vercors*, P. BINTZ (éd.), V^e congrès International U.I.S.P.P., 18-23 septembre, p. 41-43.
- AFFOLTER J. et C. GRÜNWALD (1999). Approvisionnements en matières premières dans les sites mésolithiques du Vercors, *In* : *L'Europe des derniers chasseurs*, Actes du 5^e Colloque international U.I.S.P.P., Grenoble, sept. 1995, p. 603-610.
- AKKERMANS P. M. M. G. (1993). *Village in the steppe—Late Neolithic Settlement and Subsistence in the Balikh Valley, Northern Syria*, Ann Arbor, Michigan.
- AKRIDGE D. G. et P. H. BENOIT (2001). Luminescence properties of chert and some archaeological applications, *Journal of Archaeological Science*, n° 28, p. 143-151.
- AMBROSE W. R. et R. C. GREEN (1972). First millenium BC transport of obsidian from New Britain to the Salomon Island. *Nature*, n° 237, p. 231.
- ARMIENTO G., ATTANASIO D. et R. PLATANIA (1997). Electron spin resonance study of white marbles from Tharros (Sardinia). : a reappraisal of the technique, possibilities and limitations, *Archaeometry*, n° 39, p. 309-319.
- ARMSTRONG H. A., OWEN A. W. et J. D. FLOYD (1999). Rare earth geochemistry of Arenig cherts from the Ballantrae Ophiolite and Leadhills Imbricate zone, Southern Scotland : implications for origin and significance to the Caledonian Orogeny, *Journal of Geological Society*, n° 156, p. 549-560.
- ARNAUD H. (1981). *De la Plate-forme urgonienne au bassin vocontien : le Barrémo-Bédoulien des Alpes occidentales entre Isère et Buëch (Vercors méridional, Diois oriental et Dévoluy)*. Thèse d'Etat, Grenoble I, 700 p.
- ARNAUD N. (1998). Les méthodes K/AR et ⁴⁰Ar/³⁹Ar, principes et application à la géochronologie archéologique, *In* : *L'obsidienne au Proche et Moyen-Orient, du Volcan à l'outil*, M.-C. CAUVIN, A. GOURGAUD, B. GRATUZE, N. ARNAUD, G. POUPEAU, J.-L. POIDEVIN et C. CHATAIGNER (éds), British Archaeological Reports, Series 738, p. 91-103.
- ASPINALL A. et S. W. FEATHER (1972). Neutron activation analysis of prehistoric flint mine products, *Archaeometry*, n° 14, p. 41-53.
- AUBRY T. (1991). L'exploitation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du Bassin versant de la Creuse (France), *Thèse de troisième cycle*, Bordeaux I.
- BACCELLE L. et A. BOSELLINI (1965). Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie, *Ann. Univ. Ferrara*, Sez. IX, Sc. Geol. Pal., n° 4.
- BADIA D. (1977). Sur l'origine organique de la patine noire des chailles roulées dans l'Eocène supérieur du sud du Bassin Parisien, *Compte-Rendu du Sommaire de la Société Géologique de France*, Paris, n° 7/21/6, p. 320-321.
- BARBAZA M., BRIOIS F., VALDEYRON N. et J. VAQUER (1999). L'Epipaléolithique et le Mésolithique entre Massif central et Pyrénées, *In* : *L'Europe des derniers chasseurs*, Actes du 5^e Colloque

BIBLIOGRAPHIE

- international U.I.S.P.P., P. BINTZ (dir.), A. THEVENIN (éd.), Grenoble, sept. 1995, p. 125-143.
- BARGE H. et F. CLAUSTRE (1998). Le Campaniforme dans le midi de la France, *In* : *l'énigmatique civilisation campaniforme, Rhônes-Alpes, A404, Archéologia*, n° 9, p. 24-29.
- BARRAT J. A., KELLER F., AMOSSE J., TAYLOR R. N., NESBITT R. W. et T. HIRATA (1996). Determination of Rare Earth Elements in sixteen silicate reference by ICP-MS after Tm addition and ion exchange separation, *Geostandards Newsletter*, n° 20/1, p. 133-139.
- BARRET C. et A. HERITIER (1976). Station de surface de Bouvante (Drôme), *In* : *Néolithique et âges des métaux dans les Alpes françaises, Livret-guide de l'excursion A9*, BOQUET A. et LAGRANDE C. (éds), IX^e Congrès U.I.S.P.P., Nice, sept. 1976, p. 39-41.
- BEECHING A. (éd.) (1999). *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire – Matériaux pour une étude*, Programme CIRCALP 1997-1998, Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, n° 2.
- BEECHING A. (1999). Les premières étapes de circulation et de peuplement dans les Alpes françaises au Néolithique. Apport de la céramique, *In* : *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire – Matériaux pour une étude*. Programme CIRCALP 1997-1998, A. BEECHING (éd.), Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, n° 2, p. 427-480.
- BEECHING A., BERGER J.-F. et J.-L. BROCHIER (1994). Exploitation et utilisation des matières premières lithiques dans les bassins du Roubion et de la Drôme : Premiers constats, *In* : *Archéologie spatiale en Vallée du Rhône. Espaces parcourus / Territoires exploités - Le groupe néolithique et son territoire. Rapport d'ATP Grands projets en Archéologie métropolitaine*, p. 58-63
- BELLOT-GURLET L. (1998). Caractérisation par analyse élémentaire (PIXE et ICP-MS/-AES). d'un verre naturel : l'obsidienne. Application à l'étude de provenance d'objets archéologiques, *Ph. D., Université Joseph Fourier, Grenoble, France*, 290 p.
- BELLOT-GURLET L., CALLIGARO T., DORIGHEL O., DRAN J.-C., POUPEAU G. et J. SALOMON (1998). PIXE analysis and fission track dating of obsidian from South American prehispanic cultures : an insight over the circulation of a lithic industry raw material, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, sous presse.
- BELLOT-GURLET L., DORIGHEL O., POUPEAU G., CALLIGARO T. et J. SALOMON (1999). Coupling of fission-track dating and PIXE analysis for provenance study of archaeological artifacts, Colombia and Ecuador, *Journal of Archaeological Science*, n° 26, p. 855-860.
- BENEDETTI R., CAMPANA R., D'AMICO C. et M. C. NANNETTI (1994). Petroarchaeometry of epigravettian and mesolithic flints in the Val Cimon-Lagorai area (NE Italy). - The flint supply question, *Prehistoria Alpina*, n° 28, p. 33-49.
- BERNARD-GUELLE S. et C. BRESSY (2001). L'exploitation du silex au Paléolithique moyen dans le Vercors (Préalpes françaises), *In* : *Settlement Dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*, 2nd Conference of the U.I.S.P.P. Commission 27. N. J. CONARD (éd.), Tübingen, January 3-5, 1999, p. 447-462.
- BERTRAN P., NOURISSAT S., BEST C. et O. FRANC (1998). Rôle des processus naturels dans la constitution du site épipaléolithique et néolithique de la Duchère à Vaise (Rhône), *Paléo*, n° 10, p. 211-232.
- BIGAZZI G. et F. P. BONADONNA (1973). Fission track dating of the obsidian of Lipari island (Italy), *Nature*, n° 242, p. 322-323.
- BIGAZZI G., POUPEAU G., YEGINGIL Z. et L. BELLOT-GURLET (1998). Provenance studies of obsidian artefacts in Anatolia using the fission-track dating method, *In* : *L'obsidienne au Proche et Moyen-Orient, du Volcan à l'outil*, M.-C. CAUVIN, A. GOURGAUD, B. GRATUZE, N. ARNAUD, G. POUPEAU, J.-L. POIDEVIN et C. CHATAIGNER (éds), British Archaeological Reports, Series 738, p. 69-89.
- BIGNOT G. (1988). *Micropaléontologie*, Paris, 212 p.
- BINDER D. (1987). Le Néolithique Ancien Provençal. Typologie et Technologie des outillages lithiques. CNRS, XXIV^e supplément à *Gallia Préhistoire*, 205 p.
- BINTZ P. (1991). Stations mésolithiques de plein air dans les massifs subalpins du Vercors et de la Chartreuse. Attributions chronologiques et implications culturelles, *In* : *Mésolithique et Néolithisation en France et dans les régions limitrophes*, Actes du 113^e Congrès national des sociétés savantes, Strasbourg, 5-9 avril 1988, éd. C.T.H.S., Paris, p. 231-243.
- BINTZ P. (1993). *Prospections thématique. Massifs du Dévoluy, du Vercors et de la Chartreuse (Drôme, Isère)*, Rapport d'activités, 25 p.

BIBLIOGRAPHIE

- BINTZ P. (1994). *Rapport sur les activités de terrain et premiers résultats d'analyses*, Programme de prospection thématique « Vercors et Chartreuse », 48 p.
- BINTZ P. (1995). Pas de l'Echelle, Rovon (Isère), In : *Epipaléolithique et Mésolithique en Europe, livret-guide de l'excursion Préhistoire et Quaternaire en Vercors*, P. BINTZ (éd.), V^e congrès International U.I.S.P.P., 18-23 septembre, p. 80-83.
- BINTZ P. (1997). Rapport intermédiaire de fouille programmée de l'abri n°1 de l'Aulp du Seuil à St-Bernard-du-Touvet (Isère).
- BINTZ P. (1998). Les sites archéologiques de l'Aulp du Seuil à St Bernard du Touvet (Chartreuse, Isère), rapport scientifique 1998, 113 p.
- BINTZ P. (1999a). Le Mésolithique des Alpes françaises : bilan des connaissances, In : *Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire – Matériaux pour une étude*. Programme CIRCALP 1997-1998, A. BEECHING (éd.), Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, 2, p. 317-329.
- BINTZ P. (1999b). Abri sous bloc n° 2 de l'Aulp du Seuil à St-Bernard-du-Touvet (Chartreuse, Isère), Rapport de fouille 1999, 21 p.
- BINTZ P. (2000a). Origine et circulation des matières premières siliceuses dans les Alpes du Nord : exemple de trois sites du Paléolithique final, In : *Le Paléolithique Supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*, Actes de la Table Ronde de Chambéry, G. PION (éd.), Mémoire XXVIII de la Société Préhistorique Française, p. 261-270.
- BINTZ P. (2000b). Les sites archéologiques de l'Aulp du Seuil à Saint-Bernard-du-Touvet (Chartreuse, Isère), L'abri sous bloc n°2, rapport de fouille 2000, p. 31-67.
- BINTZ P. (2001). Mésolithique et Néolithisation dans les Alpes du Nord, *rapport d'activités 2001 de P.C.R.*, 102 p.
- BINTZ P. et C. GRÜNWARD (1990). Mésolithique et néolithisation en Chartreuse et en Vercors (Alpes du Nord) : évolution culturelle et économie du silex, *The Mesolithic in Europe*, IV^e International Symposium, Katholieke Universiteit in Leuven, p. 205-208.
- BINTZ P., GINESTET J.-P. et G. PION (1991). Le Mésolithique et la Néolithisation dans les Alpes françaises du Nord, In : *Mésolithique et Néolithisation en France et dans les régions limitrophes*, Actes du 113^e Congrès national des sociétés savantes, Strasbourg, 5-9 avril 1988, éd. C.T.H.S., Paris, p. 245-267.
- BINTZ P. (éd.), BOQUET A., CHAIX L., CHALINE J., DESSERBERSET N., EVIN J., GIRARD M., LEQUATRE P., MONJUVENT G. et C. MOURER-CHAUVIRE (1994). Les grottes Jean-Pierre 1 et 2 à Saint-Thibaud-de-Couz (Savoie). ; Paléoenvironnement et cultures du Tardiglaciaire à l'Holocène dans les Alpes du Nord, 1^e partie : cadre chrono-stratigraphique et paléoenvironnemental, *Gallia Préhistoire*, 36, p. 146-266.
- BINTZ P., PICAUVET R. et J. EVIN (1995). L'évolution culturelle du Mésolithique au Néolithique moyen en Vercors et dans les Alpes du Nord. In : *Chronologies néolithiques de 6000 à 2000 avant notre ère dans le bassin rhodanien*, Actes du colloque d'Ambérieu-en-Bugey, éd. Société Préhistorique Rhodanienne, J.-L. VORUZ (éd.), 19 et 20 septembre 1992, Documents du Département d'Anthropologie de l'Université de Genève, n° 20, p. 41-53.
- BINTZ P. (éd.), CALLEY S., DESBROSSE R., GRÜNWARD C., PHILIBERT S. et Y. TABORIN (1996). Les grottes Jean-Pierre 1 et 2 à Saint-Thibaud-de-Couz (Savoie). ; Paléoenvironnement et cultures du Tardiglaciaire à l'Holocène dans les Alpes du Nord, 2^e partie : la culture matérielle, *Gallia Préhistoire*, n° 37, p. 155-328.
- BLADES B., GLASCOCK M. et J.-P. CHADELLE (1997). Neutron Activation Analysis of Late Cretaceous Cherts from secondary deposits near Bergerac (Dordogne, France), *Journal of Middle Atlantic Archaeology*, n° 13, p. 91-104.
- BLET M. (1999). L'apport de l'ablation laser couplée à l'ICP-MS à la caractérisation des archéomatériaux siliceux, *Thèse de troisième cycle*, Université d'Orléans, 217 p. et annexes.
- BLET M., BINDER D. et B. GRATUZE (2000). Essais de caractérisation des silex bédouliens provençaux par analyse chimique élémentaire, *Revue d'Archéométrie*, n° 24, p. 149-167.
- BOCQUET A. (1969). L'Isère pré- et protohistorique, *Gallia Préhistoire*, n° 12, p. 121-400.
- BOCQUET A. (1976). Grotte des Sarrasins à Seyssinet-Pariset, In : *Livret-Guide de l'excursion A9, Néolithique et Ages des Métaux dans les Alpes françaises*, BOCQUET A. et LAGRANDE C. (éds), IX^e Congrès U.I.S.P.P., Nice, 13-18 sept. 1976, p. 133-138.
- BOCQUET A. (1997). Archéologie et peuplements dans les Alpes françaises du Nord, du Néolithique aux Ages des Métaux, *Anthropologie*, éd. Masson, n° 101/2, p. 291-393.

BIBLIOGRAPHIE

- BOCQUET A. et P. PETREQUIN (1984). Les décors de céramique du Néolithique final de Charavines (Isère), *In : Colloque sur le Néolithique de l'Est et du Centre-Est de la France*, Le Puy-en-Velay, 1981, p. 201-206.
- BRAIDWOOD R. ET L. BRAIDWOOD (1960). Excavations in the Plain of Antioch : I The earlier assemblages A-J, O.I.P. n° 61, University of Chicago Press, Chicago.
- BRESSY C. (1997a). Etude des gîtes siliceux, *In : Jiboui - Rapport de fouille*, T. TILLET (éd.), 45 p.
- BRESSY C. (1997b). La caractérisation géochimique du silex - Application à l'étude de l'origine du silex dans les sites archéologiques du Massif du Vercors, *Mémoire de Maîtrise*, Université Grenoble II, 105 p.
- BRESSY C. (1998a). Matières premières de l'industrie lithique du site mésolithique de plein air du Col de Porte, commune de Sarcenas. *In : Rapport des activités 1998, Programme collectif de recherche Mésolithique et processus de néolithisation dans les Alpes du nord et Prospection thématique*, P. BINTZ (éd.), 7 pages, (inédit).
- BRESSY C. (1998b). Analyse géochimique et provenance du silex, une approche de trois questions sur l'origine du silex dans les sites paléolithiques à néolithiques de Chartreuse et du Vercors (France), *Mémoire de DEA*, Université Aix-Marseille I, 112 p.
- BRESSY C. (1999). les matières premières siliceuses, *In : rapport « Prospections thématiques pluriannuel 1999 »*, P. BINTZ (éd.).
- BRESSY C., BINTZ P., POUPEAU G., BARRAT J. A. et F. KELLER (1998). La caractérisation géochimique des sources de silex dans le massif du Vercors (France). Approche préliminaire, *Cahiers de l'Archéologie Romande*, Actes de la Table ronde « Epipaléolithique et Mésolithique », Lausanne, 21-23 novembre 1997, n° 81, p. 53-58.
- BRESSY C., MALENFANT M. et D. PELLETIER (1999). L'industrie lithique du Col de Porte (Isère, Chartreuse, commune de Sarcenas). Matières premières et étude technologique. Premiers résultats. *Bulletin du Centre de Recherche Préhistorique du Vercors*, 12, Grenoble, p. 3-9.
- BRIDAULT A., CHAIX L., PION G., OBERLIN C., THIEBAULT S. et J. ARGANT (2000). Position chronologique du renne (*Rangifer tarandus* L.) à la fin du Tardiglaciaire dans les Alpes du Nord françaises et le Jura méridional, *In : Le Paléolithique Supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*, Actes de la Table Ronde de Chambéry, G. PION (éd.), *Mémoire XXVIII de la Société Préhistorique Française*, p. 47-57.
- BRISOTTO V. (1998). Quartz et obsidienne dans les séries néolithiques des sites alpins et péri-alpins, *Mémoire de Maîtrise*, Université Grenoble II, 118 p.
- BROCHIER J.-L. (1992). Les grottes de Pellebit-Courtinasse Treschenu-Creyers, Drôme, *Rapport de sondage*, 1992, C.A.P. de Valence, ERA 36 du CRA du CNRS, 20 p.
- BRUIN M. DE (1972). The use of non destructive activation analysis and pattern recognition in the study of flint artefacts, *Archaeometry*, n° 14, p. 53-63.
- BURGER L. R. et F. ASARO (1977). Trace element analysis of obsidian artefacts from the Andes : New perspectives on Pre-Hispanic economic interaction in Peru and Bolivia. *Lawrence Berkeley Laboratory Report*, n° 6343, 1-88 p.
- BURGER L. R., SCHREIBER K. J., GLASCOK M. D. et J. CCENCHO (1998a). The Jampatilla obsidian source : identifying the geological source of Pampas type obsidian artifacts from southern Peru, *Andean Past*, n° 5, p. 225-239.
- BURGER L. R., ASARO F., TRAWICK P. et F. STROSS (1998b). The Alca obsidian source : the origin of raw material for Cuzco type obsidian artifacts, *Andean Past*, n° 5, p. 185-202.
- BURGER L. R., ASARO F., SALAS G. et F. STROSS (1998c). The Chivay obsidian source and the geological origin of Titicaca basin type obsidian artifacts, *Andean Past*, n° 5, p. 203-223.
- BURGER L. R. et M. D. GLASCOK (2000). Locating the Quispisisa obsidian source in the department of Ayacucho, Peru, *Latin American Antiquity*, n° 11, p. 258-268.
- CAKLER P. R., GLASCOCK M. D., NEFF H., ICELAND H., PYBURN K. A., HUDLER D., HESTER T. R. et B. M. CHIARULLI (1999). Chipped stone artefacts, source areas and provenance studies of the Northern Belize chert-bearing zone, *Journal of Archaeological Science*, n° 26, p. 389-397.
- CALVERT S. E. (1971). Composition and origin of North Atlantic deep sea cherts, *Contrib. Mineral. Petrol.*, n° 33, p. 273-288.
- CALVERT S. E. (1983). Sedimentary geochemistry of silicon, *Silicon Geochemistry and Biochemistry*, S. R. ASTON (éd.), p. 143-186.
- CANN J. R. et C. RENFREW (1964). The

BIBLIOGRAPHIE

- characterization of obsidian and its application to the Mediterranean region, *The Prehistoric Society*, n° 30, p. 111-133.
- CANN J. R., DIXON J. E. et C. RENFREW (1969). Obsidian analysis and the obsidian trade, *Science and Archaeology*, Thames and Hudson, England, p. 578-591.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Vif, 1967, n° XXXII-35.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Charpey, 1968, n°XXXI-36.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Chambéry, 1969, n° XXXIII-32.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Domène, 1969, n° XXXIII-34.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Montmélian, 1969, n° XXXIII-33.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille La Chapelle-en-Vercors, 1969, n° XXXII-36.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Luc-en-Diois, 1970, n° XXXII-38.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Voiron, 1970, n° XXXII-33.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Gap, 1971, n° XXXIII-38.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Mens, 1974, n° XXXII-37.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Romans-sur-Isère, 1975, n° XXXI-34.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Grenoble, 1978, n° XXXII-34.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille St Bonnet, 1980, n° XXXII-37.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Annecy-Bonneville, 1986, n° XXXIV-30.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Laragne-Montéglin, 1991, n° XXXIII-39.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Annecy-Ugine, 1992, n° XXXIV-31.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, Feuille Albertville, 1999, n° XXXIV-32.
- CARTER T. (2000). Chipped stone, *In : ÇatalHöyük 2000 Archive Report*, I. HODDER (éd.), http://Çatal.arch.cam.ac.uk/Çatal/Archive_rep00/conten t00.html
- CAUVIN M.-C., BALKAN N., BESNUS Y et F. SAROGLU (1986). Origine de l'obsidienne de Cafer Höyük (Turquie) : premiers résultats, *Paléorient*, n° 12, p. 87-97.
- CAUVIN M.-C., BESNUS Y., TRIPIER J. et R. MONTIGNY (1991). Nouvelles analyses d'obsidiennes du Proche-Orient : modèle de géochimie des magmas utilisés pour la recherche archéologique, *Paléorient*, n° 17, p. 5-19.
- CAUVIN M.-C. et N. BALKAN-ATLI (1996). Rapport sur les recherches sur l'obsidienne en Cappadoce, 1993-1995, *Anatolica Antiqua*, n° 4, p. 249-271.
- CAUVIN M.-C. et C. CHATAIGNER (1998). Distribution de l'obsidienne dans les sites archéologiques du Proche et du Moyen-Orient (par phase chronologique), *In : L'obsidienne au Proche et Moyen-Orient, du Volcan à l'outil*, M.-C. CAUVIN, A. GOURGAUD, B. GRATUZE, N. ARNAUD, G. POUPEAU, J.-L. POIDEVIN et C. CHATAIGNER (éds), *British Archaeological Reports, Series 738*, p. 325-350.
- CAYEUX . L. (1929). Les roches siliceuses, *Mém. Carte Géol. France*, 774 p.
- CHABERT E. (1994). Sondage au Bourg-du-Dessus, Autrans, *Bulletin du Centre de Recherches Préhistoriques du Vercors*, n° 8, p. 3-9.
- CHAFFENET G. et F. CORDIER (1999). L'abri des Corrèardes à Lus-la-Croix-Haute (Drôme), un site de chasse du Néolithique ancien dans la Haute vallée du Buëch, *In : Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire, matériaux pour une étude*, A. BEECHING (éd.), *Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence*, n° 2, p. 359-371.
- CHAMLEY H. (2000). Bases de sédimentologie, 178 p.
- CHAROLLAIS J. et E. DAVAUD (1976). *Microfaciès et ordinateur*, Paris, 225 p.
- CHATAIGNER C. (1998). Sources des artefacts du Proche-Orient d'après leur caractérisation géochimique, *In : L'obsidienne au Proche et Moyen-Orient, du Volcan à l'outil*, M.-C. CAUVIN, A. GOURGAUD, B. GRATUZE, N. ARNAUD, G. POUPEAU, J.-L. POIDEVIN et C. CHATAIGNER (éds), *British Archaeological Reports, Series 738*, p. 273-324.

BIBLIOGRAPHIE

- CHURCH T. (1994). Lithic Resource studies : a sourcebook for archaeologists, *Lithic Technology*, Special Publication, n° 3, 255 p.
- COBEAN R. H., COE M. D., PERRY E. A., TUREKIAN K. K. et D. P. KHARKAR (1971). Obsidian trade at San Lorenzo Tenochtitlan, Mexico, *Science*, n° 174, p. 141-146.
- COJAN I. et M. RENARD (1997). *Sédimentologie*, 418 p.
- COLLECTIF (1995). Chronologies Néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin Rhodanien, *In : Actes du Colloque d'Ambérieu-en-Bugey, XI^e Rencontre sur le Néolithique de la région Rhône-Alpes*, J.-L. VORUZ (éd.), 19-20 septembre 1992, 421 p.
- COLOMBO C., MOREL A. et S. BERNARD-GUELLE (2000). Les niveaux quaternaires du Diois (Alpes du Sud, France) : significations dynamiques, climatiques et relations avec les industries du Paléolithique moyen. *Géologie Alpine*, Mém. H. S., n° 31, p. 21-33.
- CONOLLY J. (1993). Preliminary report on the chipped stone artefacts, *In : ÇatalHöyük 1993 Archive Report*, I. HODDER (éd.), http://Çatal.arch.cam.ac.uk/Çatal/Archive_rep93/content93.html
- CONOLLY J. (1999). Technical strategies and technical change at Neolithic ÇatalHöyük, Turkey, *Antiquity*, n° 73, p. 791-800.
- CONSIGNY S. (1993). Origine des silex archéologiques du Centre-Sud du Bassin Parisien. Etude macroscopique et géochimique, *Mémoire de DEA*, Université Paris I, 109 p.
- CONSIGNY S. (1996). Origine des silex et géochimie : premiers résultats archéologiques, Actes de la Table Ronde de Dijon, 7 et 8 octobre 1995, *Cahiers Archéologiques de Bourgogne*, Yves Pautrat éd., SRA Bourgogne, n° 6, p. 161-168.
- CONSIGNY S. et P. WALTER (1997). Flint origin and ion beam analysis : archaeological results in the Paris Basin, France, *Proceedings of the VIIth International Flint Symposium*, Varsovie, septembre 1995, R. SCHILD et Z. SULGOSTOWSKA (éds), Polish Academy of Sciences, 337-342.
- COURTIN J. (1973). Le problème de l'obsidienne dans le Néolithique du Midi de la France, *In : Hommage à F. Benoît*, *Revue d'Etudes Ligures*, XXXIII^e année, n° 1/3, p. 93-109.
- COUSSERAN S. (1999). Les sites archéologiques de l'Aulp du Seuil, commune de Saint-Bernard-du-Touvet, Chartreuse, Isère. *Rapport de fouille programmée de l'abri n°1*, D. PELLETIER et A. MORIN (éds), p. 31-32.
- COUSSERAN, S. (2000). L'étude des inclusions fluides appliquée au problème de la circulation des quartz archéologiques dans les Alpes occidentales - Acquisition de nouvelles données sur les gîtes primaires. *Revue d'Archéométrie*, n° 24, p. 169-177.
- COUSSERAN S. (2001). Les inclusions fluides, un outil pour la discrimination des quartz archéologiques. Application au problème de circulation du quartz. dans les Alpes occidentales et lombardes. Réalisation d'un premier référentiel de données sur les quartz alpins, *Thèse de 3^e cycle*, Université de Provence, 2 volumes, 367 p.
- COUSSERAN S., PECHER A. et P. BINTZ (1998). Application de l'étude des inclusions fluides aux quartz taillés de quelques sites préhistoriques dans les Alpes du Nord, *Revue d'Archéométrie*, n° 22, p. 103-109.
- DEMARS P.-Y. (1982). L'utilisation du silex au Paléolithique supérieur : choix, approvisionnement, circulation. L'exemple du Bassin de Brive, *Cahier du Quaternaire*, n° 5, éd. CNRS, 256 p.
- DEFLANDRE G. (1935). Technique micropaléontologique appliquée à l'étude des silex, *Bull. Soc. fr. Microsc.*, Paris, n° 5/2, p. 76-79.
- DIXON J. E., CANN J. R. et C. RENFREW (1968). Obsidian and the origins of trade, *Scientific American*, n° 218, p. 132-140.
- DUFRESNE N. (1998). Les silex de la Comté d'Auvergne : pétrographie et approche archéologique, *T.E.R. de Maîtrise*, Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, 25 p.
- DUFRESNE N. (1999). La discrimination des silex tertiaires auvergnats : étude géologique et application archéologique (Magdalénien), *DESS Archéo-Sciences*, Université de Bourgogne, 87 p.
- DUNHAM R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture, *In : Classification of carbonate rocks - Am. Ass. Petrol. Geologists*, W. E. HAM (éd.), Tulsa, Okla., n° 1, p. 108-121.
- DURRANI S. A., KHAN H. A., TAJ M. et C. RENFREW (1971). Obsidian source identification by fission track analysis, *Nature*, n° 223, p. 242-245.
- EDENS C. (1999). Chipped stone, *In : The Amuq Valley project, Tell Kurdu Excavations*, Preliminary Report, YENER K. A. (éd.)

BIBLIOGRAPHIE

- EVIN J. (1995). Les datations radiométriques, dans Les grottes Jean-Pierre 1 et 2 à Saint-Thibaud-de-Couz (Savoie).; Paléoenvironnement et cultures du Tardiglaciaire à l'Holocène dans les Alpes du Nord, 1^e partie : cadre chrono-stratigraphique et paléoenvironnemental, P. BINTZ (éd.), *Gallia Préhistoire*, t. 36, p. 183-188.
- FÉBLOT-AUGUSTINS J. (1997). La circulation des matières premières au Paléolithique, Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, n° 75, 275 p. et un tome d'annexes.
- FOUCAULT A. et J.-F. RAOULT (1988). Dictionnaire de géologie, 3^e édition, Masson, 352 p.
- FOUERE P. (1994). Les industries en silex entre Néolithique moyen et Campaniforme dans le Nord du Bassin aquitain, *Thèse de 3^e cycle*, Université Bordeaux I.
- FRELIN-KHATIB C. et A. THEVENIN (2000). Le Mésolithique du département de l'Ain, In : MESO 97, Actes de la Table ronde "Épipaléolithique et Mésolithique", P. CROTTI (éd.), Lausanne, 21-23 novembre 1997, *Cahiers d'Archéologie Romande*, n° 81, p. 155-164, 7 fig.
- FRÖHLICH F. (1999). Quartz et silice, *Géochronique*, n° 69, p. 11-13.
- GENESTE J.-M. (1988). Systèmes d'approvisionnement en matières premières au Paléolithique moyen et au Paléolithique supérieur en Aquitaine, *L'Homme de Néandertal, La Mutation*, n° 8, Liège, p. 61-70.
- GENESTE J.-M. et J.-P. RIGAUD (1989). Matières premières lithiques et occupation de l'espace, In : Variations des paléomilieus et peuplements préhistoriques, Colloque du Comité français de l'Union internationale pour l'étude du Quaternaire, *Cahiers du Quaternaire*, n° 13, éd. C.N.R.S., p. 205-218.
- GERMAN C. R. et H. ELDERFIELD (1990). Application of the Ce anomaly as a paleoredox indicator : the ground rules, *Paleoceanography*, n° 5/5, p. 823-833.
- GIDON M. (2002). GEOL-ALP, <http://www.geol-alpes.com>
- GORDUS A. A., FINK W. C., HILL M. E., PURDY J. C. et T. R. WILCOX (1967). Identification of the geologic origins of archaeological artifacts : an automated method of Na and Mn neutron activation analysis, *Archaeometry*, n° 10, p. 87-96.
- GOVINDARADJU K. (1994). 1994 compilation of working values and sample description for 383 geostandards, *Geostandards Newsletter*, n° 18, Special Issue, p. 1-158.
- GRATUZE B. (1998). Les méthodes de caractérisation de l'obsidienne, In : *L'obsidienne au Proche et Moyen-Orient, du Volcan à l'outil*, M.-C. Cauvin, A. GOURGAUD, B. GRATUZE, N. ARNAUD, G. POUPEAU, J.-L. POIDEVIN et C. CHATAIGNER (éds), *British Archaeological Reports, Series 738*, p. 31-48.
- GREGOIRE S. (2001). Apports et limites des nouvelles techniques de pétroarchéologie préhistorique, *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, n° 332, p. 479-482.
- GUILBERT R. (2000). Gestion des industries lithiques mésolithiques et néolithiques du Sud-Est de la France, *Thèse de 3^e cycle*, Université de Paris I, 369 p.
- GUTIERREZ COUTIÑO R. (1975). *Contribution à l'étude géologique du Sud-Ouest du Massif des Bauges (Savoie)*, Thèse de 3^e cycle, Université Paris IV, 86 p.
- HAMMOND N. (1972). Obsidian trade routes in the Mayan area, *Science*, n° 178, p. 1092-1093.
- HEATH G. R. (1974). Dissolved silica and deep-sea sediments, In : *Studies in Paleo-Oceanography*, W. W. HAY (éd.), spec. Pub., n° 20, p. 77-93.
- HEATH G. R. et R. MOBERLY (1971). Cherts from the western Pacific, leg. 7, Deep Sea Drilling Project, *Initial Reports D.S.D.P.*, E. L. WINTERER et al. (éds), 7, p. 991-1007.
- HESS S. C. (1996). Chert provenance analysis at the Mack Canyon site, Sherman County, Oregon : an evaluative study, *Geoarcheology*, n° 11/1, p. 51-81.
- HESTER T. R., JACK R. N. et R. F. HEIZER (1971). Technology and geological sources of obsidian from Cerro de las Mesas, Veracruz, Mexico, with observations on Olmec trade, *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*, n° 13, p. 133-141.
- HOARD R. J., BOZELL J. R., HOLEN S. R., GLASCOCK M. D., NEFF H. et J. M. ELAM (1992). Neutron Activation Analysis of stone from the Chardon Formation and a Clovis site on the Great Plains, *Journal of archaeological Science*, n° 19, p. 655-665.
- HOARD R. J., BOZELL J. R., HOLEN S. R., GLASCOCK M. D., NEFF H. et J. M. ELAM (1993). Source determination of White River group silicates

BIBLIOGRAPHIE

- from two archaeological sites in the Great Plains, *American Antiquity*, n° 58, p. 698-710.
- HODDER I. (1999). *Çatalhöyük 1999 Archive Report*, http://Çatal.arch.cam.ac.uk/Çatal/Archive_rep99/content99.html
- INIZAN M.-L., REDURON M., ROCHE H. et J. TIXIER (1995). La matière première, *In : Préhistoire de la pierre taillée 4. Technologie de la pierre taillée*, p. 19-28.
- JONES G. T., BAILEY D. G. et C. BECK (1997). Source provenance of andesite artefacts using non-destructive XRF analysis, *Journal of Archaeological Science*, n° 24, p. 939-943.
- KANEOKA I. et M. SUZUKI (1970). K-Ar and fission track ages of some obsidians from Japan, *Journal of the Geological Society of Japan*, n° 76, p. 309-313.
- KARS H., JANSEN J. B. et S. VRIEND (1990). Petrography and geochemistry of flint from the Lanaye (Rijckolt-St Geertruid), and some other neolithic sources, *In : Le silex de sa genèse à l'outil*, Actes du Ve Colloque International sur le Silex, Bordeaux, Cahiers du Quaternaire, CNRS édit., n° 17, p. 171-179.
- KEENE J. B. et M. KASTNER (1974). Clays of deep-sea chert, *Nature*, n° 249, p. 754-755.
- KELLER J. et SEIFRIED C. (1990). The present status of obsidian source identification in Anatolia and the Near East, *In : Volcanologie et Archéologie*, ALBORE LIVADIE C. et WIDEMAN F. (éds), Pact n° 25, Strasbourg, Conseil de l'Europe, p. 58-87.
- KEMPE D. R. C. et A. P. HARVEY (éds) (1983). *The Petrology of Archeological Artefacts*, Clarendon press, Oxford, 374 p.
- KEY C. (1968). Trace element identification of the source of obsidian in an archaeological site in New Guinea, *Nature*, n° 219, p. 360.
- KING A., HATCH J. W. et B. E. SHEETZ (1997). The chemical composition of Jasper artefacts from New England and the middle Atlantic : implication for the prehistoric exchange of "Pennsylvania Jasper", *Journal of Archaeological Science*, n° 24, p. 793-812.
- LANCELOT Y. (1973). Chert and silica diagenesis in sediments from the central Pacific, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, n° 17, p. 377-405.
- LAST J. (1998). Excavations on the West Mound at Çatalhöyük 1998, *In : Çatalhöyük 1998 Archive Report*, I. HODDER (éd.), http://Çatal.arch.cam.ac.uk/Çatal/Archive_rep98/content98.html
- LUEDTKE B. E. (1978). Chert sources and trace-element analysis, *American Antiquity*, n° 43, p. 413-423.
- LUEDTKE B. E. (1979). The identification of sources artefacts, *American Antiquity*, n° 44, p. 744-756.
- LUEDTKE B. E. (1992). An archaeologist's guide to chert and flint, *Archaeological Research Tools*, n° 7, 156 p.
- MALENFANT M. (1969). Découverte d'un gisement mésolithique au Col de Porte dans le massif de la Grande-Chartreuse (Isère), *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, Série D, n° 268, p. 2403-2405.
- MALENFANT M. (1976). L'industrie chalcolithique de la clairière de Girieu, à Proveysieux (Isère), *In : Livret-guide de l'excursion A9, Néolithique et Ages des métaux dans les Alpes françaises*, A. BOCQUET et C. LAGRAND (éds), IX^e Congrès de l'U.I.S.P.P., 13-18 septembre 1976, Nice, p. 199-201.
- MALENFANT M. (1995). L'Industrie Mésolithique du Col de Porte dans le massif de la Chartreuse (Isère). commune de Sarceas. Grenoble, *Bulletin du Centre de Recherches Préhistoriques du Vercors*, n° 9, p. 22-50.
- MALENFANT M., BRESSY C. et D. PELLETIER (2000). Réexamen de la série lithique du Col de Porte (Isère, Chartreuse, commune de Sarceas) : matières premières et étude technologique. Premiers résultats. *Géologie Alpine*, Mém. H. S., n° 31, p. 179-189.
- MALYK-SELIVANOVA N., ASHLEY M. G., GAL R., GLASCOCK M. D. et H. NEFF (1998). Geological-geochemical approach to sourcing of prehistoric chert artifacts, Northwestern Alaska, *Geoarchaeology*, n° 13, p. 673-708.
- MANDAL S., COONEY G., MEIGHAN I. G. et D. D. JAMISON (1997). Using geochemistry to interpret Porcellanite stone axe production in Ireland, *Journal of Archaeological Science*, n° 24, p. 757-763.
- MARTINETTO P. (1996). Sur la provenance de l'obsidienne de quelques sites archéologiques des IX^e et VIII^e millénaires B.P. de la haute vallée de l'Euphrate, *Mémoire de DEA "Histoire, Civilisation, Archéologie des Mondes Antiques"*, Université de Bordeaux III, 89 p.
- MASSON A. (1981). Pétroarchéologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire, *Thèse de troisième cycle*, Université Lyon I, 111 p.

- MASSON A. (1983). Les territoires et la circulation des silex au Paléolithique supérieur, *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, n° 52/7, p. 207-219.
- MASSON A. (1984). Etudes pétrographiques des silex de Clairvaux III, In : *Groupe de travail pour l'étude des silex de Clairvaux, les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-lès-Lacs (Jura)*. . *Problématique générale. L'exemple de la station III*, n° 1, p. 205-212.
- MASSON A. (1987). L'homme et le matériel lithique et céramique. Pétrographie. Roches siliceuses, In : *Géologie de la Préhistoire*, Paris, p. 841-857.
- MATISKAINEN H., VUORINEN A. et BURMAN O (1989). The provenance of prehistoric flint in Finland, *Archeometry, Proceedings of the 25th International Symposium*, p. 625-643.
- MAUGER M. (1984). L'apport des microfossiles dans l'identification des silex. Exemple du Magdalénien de l'Ile-de-France, *Bull. de la Société Préhistorique Française*, n° 81/7, p. 216-220.
- MAUGER M. (1985). Occupation de l'Ile-de-France au Magdalénien supérieur, origine des silex, notion de territoire, déplacements et mouvements saisonniers, In : *Espace et structuration ethnique. Les groupes et leurs limites*, Actes du séminaire sur les structures d'habitat, Univ. Paris I, p. 63-80.
- MAUGER M. (1985). Les matériaux siliceux utilisés au Paléolithique supérieur en Ile-de-France, Thèse, Université de Paris I, 406 p.
- MCCORRISTON J. (1992). The Halaf environment and human activities in the Khabur drainage, Syria, *Journal of Field Archaeology*, n° 19/3, p. 315-333.
- MELLAART J. (1967). Çatal Hüyük, a Neolithic Town in Anatolia, Thames & Hudson, Londres, 232 p.
- MONIN G. (1997). Approche technologique des assemblages tardiglaciaires des grottes de la Passagère et Colomb, à Méaudre (Vercors, Isère), Mémoire de DEA, 152 p.
- MONIN G. (2000). Apport de la technologie lithique à l'étude des séries anciennes. Les assemblages tardiglaciaires des chasseurs de marmottes des grottes Colomb et de la Passagère à Méaudre (Vercors, Isère), In : *Le Paléolithique Supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*, Actes de la Table Ronde de Chambéry, G. PION (éd.), Mémoire XXVIII de la Société Préhistorique Française, p. 261-270.
- MONIN G. et D. PELLETIER (2000). Note sur les industries mésolithiques et néolithiques ancien de l'abri des Balmettes (St Aupre, Isère), et proposition de chronologie du Mésolithique ancien et de la fin de l'Épipaléolithique au Préboréal entre Alpes françaises du Nord et Jura méridional, *Géologie Alpine*, Mém. H. S., 31, p. 129-141.
- MORIN A. (1997). *Archéologie spatiale en moyenne vallée du Rhône : approche de la Préhistoire des pays de Bourdeaux et Dieulefit (Drôme)*, Mémoire de Maîtrise, Université Grenoble II, 150 p.
- MORIN A. (2000). Etat documentaire sur le Néolithique final dans la zone préalpine : massifs et piedmonts de la Chartreuse, du Vercors et pays du Buëch, *Géologie Alpine*, Mém. H. S., n° 31, p. 211-229.
- MORIN A. et C. BRESSY (1999). Prospection thématique dans le Haut-Buëch : commune de Lus la Croix-Haute (Drôme). In : *Mésolithique dans les Alpes du Nord*. Prospection thématique, rapport intermédiaire, BINTZ P. (éd.), SRA Rhône-Alpes, 1999.
- MORIN A. avec la collab. de C. BRESSY et S. COUSSERAN (2000). Prospection thématique néolithique dans la vallée du Buëch : bassins des torrents de la Maraize et du Déoule. Rapport d'opération, SRA PACA, 66 p.
- MORIN A. et D. PELLETIER (2001). L'abri n°1 de l'Aulp du Seuil (Saint Bernard du Touvet, Isère). : premières données sur le Néolithique final-campaniforme d'un site d'altitude, Actes des Rencontres Méridionales de Nîmes, octobre 2000, sous presse.
- MORROW C. A., ELAM J. M. et M. D. GLASCOCK (1992). The use of blue-gray chert in Midwestern Prehistory, *Midcontinental Journal of Archaeology*, n° 17, p. 167-197.
- MOUHSINE S. (1994). Processus de la silicification sédimentaire. Modèle du Turonien de Touraine, *Thèse de 3^e cycle*, Paris.
- MÜLLER H. (1914), Les stations aziliennes du Vercors. Les chasseurs de marmottes, *Compte rendu des Congrès de l'Association Française pour l'avancement des Sciences*, 1914, session du Havre, p. 642-648.
- MÜLLER H. (1925). La Préhistoire et la Protohistoire des environs de Grenoble. *Association Française pour l'avancement des Sciences*, Congrès de Grenoble, p. 673-684.
- MURRAY R. W., BUCHHOLTZ TEN BRINK M. R., JONES D. L., GERLACH D. C. et G. PRICE RUSS

BIBLIOGRAPHIE

- (1990). Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale, *Geology*, 18, p. 268-271.
- PELEGRIN J. (1994). Etude d'un ensemble lithique provenant de Autrans 1, *Bulletin du Centre de Recherches Préhistoriques du Vercors*, n° 8, p. 10-11.
- PELEGRIN J. (1995). Technologie lithique. Le Châtelperronien de Roc-De-Combe (Lot) et de la Côte (Dordogne), *Cahiers du Quaternaire*, n° 20, éd. C.N.R.S., 297 p.
- PELEGRIN J. et C. RICHE (1999). Un réexamen de la série de Bouvante (Drôme) : matières premières lithiques et composantes technologiques, *In : Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire. Matériaux pour une étude*, A. BEECHING (éd.), Bilan du programme de recherche CIRCALP-1997/1998, Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, n° 2, p. 183-196.
- PELLETIER D. (1996). Les abris sous blocs de l'Aulp du Seuil (Chartreuse) : étude d'industries du Mésolithique et de la transition Mésolithique/Néolithique dans leur contexte stratigraphique. *Mémoire de DEA*, Université de Provence, 198 p.
- PELLETIER D. (1998). Les industries lithiques du Mésolithique et du Néolithique ancien de l'abri n°1 de l'Aulp du Seuil, *In : Les sites archéologiques de l'Aulp du Seuil à St-Bernard-du-Touvet (Chartreuse, Isère), l'abri n°1, rapport scientifique 1998*, BINTZ P. (éd.), p. 51-69.
- PELLETIER D., NATON H.-G., ARGANT J., CHAIX L., THIEBAULT S., BRESSY C., COUSSERAN S. et V. BRISOTTO (2000). L'Abri n°1 de l'Aulp du Seuil (Isère, Chartreuse, St-Bernard-du-Touvet) : synthèse des résultats préliminaires et discussion sur les modalités d'exploitation territoriale au Mésolithique et au Néolithique ancien, *Géologie Alpine*, Mém. H. S., n° 31, p. 165-177.
- PERLES C. (1980). Économie de la matière première et économie du débitage : deux exemples grecs. *In : J. TIXIER (éd.), Préhistoire et Technologie Lithique*, Paris CNRS, Cahiers de l'URA 28, n° 1, p. 37-41.
- PERLES C. (1991). Economie des matières premières et économie du débitage : deux conceptions opposées ?, *In : 25 ans d'études technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives*, XI^e rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, p. 35-47.
- PICAVET R. (1999). Les niveaux du Mésolithique au Néolithique de l'abri de la Grande-Rivoire (Sassenage, Isère, Vercors, France), *In : L'Europe des derniers chasseurs*, Actes du 5^e Colloque international U.I.S.P.P., Grenoble, sept. 1995, p. 617-625.
- PICAVET R. et S. BERNARD-GUELLE (1998). Prospection et inventaire archéologiques de la Réserve Naturelle des Hauts-Plateaux du Vercors, *Rapport d'activités 1998 et bilan scientifique*, 25 p., 30 figures.
- PICAVET R. et S. BERNARD-GUELLE (1999). Réserve Naturelle des Hauts-Plateaux du Vercors, Campagne de sondages archéologiques 1999, *Rapport scientifique*, 85 p.
- PION G. (1994). La séquence mésolithique de l'Aire III de l'abri de la Fru en Savoie. Situation chrono-industrielle et paléoenvironnementale, *In : Actes de la Table Ronde de Chambéry 1992*, Association départementale de Recherche archéologique en Savoie, p. 185-197.
- PION G. (2000). Le Magdalénien des deux Savoie et du Jura méridional : synthèse préliminaire des données accessibles ; proposition d'une chronologie pour les principaux gisements, *In : Le Paléolithique Supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*, Actes de la Table Ronde de Chambéry, G. PION (éd.), Mémoire XXVIII de la Société Préhistorique Française, p. 261-270.
- PION G. avec la coll. de BILLARD M., BINTZ P., CAILLAT B., CATALIOTTI-VALDINA J., DURAND J.-M., GIRARD M. et G. MONJUVENT (1990). L'abri de La Fru à Saint-Christophe-la-Grotte (Savoie), *Gallia Préhistoire*, n° 32, p. 65-123.
- PIRES-FERREIRA J. W. (1973). Formative Mesoamerican exchange networks, *Ph.D. dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan*, 384 p.
- POIDEVIN J.-L. (1998). Les gisements d'obsidienne de Turquie et de Transcaucasie, Géologie, géochimie et chronométrie, *In : L'obsidienne au Proche et Moyen-Orient, du Volcan à l'outil*, M.-C. CAUVIN, A. GOURGAUD, B. GRATUZE, N. ARNAUD, G. POUPEAU, J.-L. POIDEVIN et C. CHATAIGNER (éds), *British Archaeological Reports, Series 738*, p. 105-203.
- PORHAULT B. (1974). Le Crétacé supérieur de la "fosse vocontienne" et des régions limitrophes (France Sud-Est). Micropaléontologie, stratigraphie, paléogéographie, *Thèse de troisième cycle*, Université Claude Bernard-Lyon, 353 p.
- POTTS P. J. (1998). A perspective on the evolution of geoanalytical techniques for silicate rocks, *Geostandards Newsletter*, n° 22, p. 57-68.

BIBLIOGRAPHIE

- POUPEAU G., BELLOT-GURLET L., BRISOTTO V. et O. DORIGHEL (2000). Nouvelles données sur la provenance de l'obsidienne des sites néolithiques du Sud-Est de la France, *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, n° 330, p. 297-303.
- PRADEL L. et C. TOURENCQ (1967). Les matériaux de Fontmaure. Choix des Paléolithiques et mesures des caractères physiques, *Bull. Soc. Préhist. Fran.*, n° 64, p. 81-85.
- RENFREW C., DIXON J. E. et J. R. CANN (1966). Obsidian and early cultural contact in the Near East, *Prehistoric Society*, n° 32, p. 30-72.
- RENFREW C. et J. DIXON (1976). Obsidian in Western Asia : A review, *In : Problems in economic and social archaeology*, Sieveking G de., Longworth I. H. L. et K. E. Wilson éd., Duckworth, Londres, p. 137-150.
- RICHE C. (1998). Les ateliers de silex de Vassieux. Exploitation des gîtes et diffusion des produits, Thèse de troisième cycle, Université Paris X, 476 p.
- RICHE C. (1999). La diffusion des silex dits « blonds », du Grand-Pressigny et des silex rubanés : inventaire dans les séries archéologiques de la vallée du Rhône, du Vercors et de Savoie, *In : Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire – Matériaux pour une étude*. Programme CIRCALP 1997-1998, A. BEECHING (éd.), Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, n° 2, p. 175-181.
- RICHE C. (2001). Une nouvelle découverte sur la diffusion de la production « pressignienne » des ateliers de Vassieux-en-Vercors, *Bulletin du Centre de Recherches Préhistoriques du Vercors*, n° 17, p. 2-4.
- RIO M. (1982). Les accidents siliceux dans le Crétacé du Bassin vocontien (Sud-Est de la France). Contribution à l'étude de la silicification des formations calcaires, *Documents du Laboratoire de Géologie*, Lyon, n° 84, 158 p.
- ROTTLÄNDER R. (1975). The formation of patina on flint, *Archaeometry*, n° 17, p. 106-110.
- SCORZELLI R. B., PETRICK S., ROSSI A. M., POUPEAU G. et G. BIGAZZI (2001). Obsidian archaeological artefacts provenance studies in the Western Mediterranean basin : an approach by Mössbauer spectroscopy and electron paramagnetic resonance, *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, n° 332, p. 769-776.
- SHVOERER M., ROUANET J.F, ARTIGA A. et F. BECHTEL (1979). Datation par thermoluminescence d'une obsidienne provenant de l'Afar, et mise en évidence d'un phénomène d'hypersensibilité des verres naturels). L'irradiation alpha, *Supplément au Bulletin de Minéralogie*, n° 102, p. 25.
- SIEVEKING G. DE G., CRADDOCK P. T., HUGHES M. J., BUSH P. R. et J. FERGUSON (1970). Characterization of flint mine products, *Nature*, n° 228, p. 251-254.
- SIEVEKING G. DE G., BUSH P. R., FERGUSON J., CRADDOCK P. T., HUGHES M. J. et M. R. COWELL (1972). Prehistoric flint mines and their identification as sources of raw material, *Archaeometry*, n° 14, p. 151-176.
- SIMMONET R. (1999). De la Géologie à la Préhistoire : le silex des Prépyrénées, résultats et réflexions sur les perspectives et les limites de l'étude des matières premières, *Paléo*, n° 11, p. 71-88.
- SIMONUCCI C. (2000). Caractérisation des silex lacustres oligocènes du bassin d'Apt-Forcalquier, *Mémoire de D.E.S.S.*, Université de Bourgogne, 101 p.
- STOUVENOT C. (1997). Origine des matières premières minérales, *In : Saint-Antoine à Vitrolles (Hautes-Alpes). un site de plein air du Paléolithique supérieur final*, *Document final de synthèse des fouilles de sauvetage*, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie P.A.C.A., AFAN, ESCOTA, Aix-en-Provence, p. 124-137.
- SUMMERHAYES G. R., BIRD J. R., FULLAGAR R., GOSDEN C., SPECHT J. et R. TORRENCE (1998). Application of PIGXE-PIGME to archaeological analysis of changing patterns of obsidian use in the West New Britain, Papua New Guinea, *In : Archaeological obsidian studies. Method and Theory*, M. STEVEN SHACKLEY (éd.), *Advances in Archaeological and Museum Science* 3, Plenum Press, New York, p. 129-158.
- SUN S. S. et W. F. MCDONAUGH (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes, *In : "Magmatism in the Ocean basins"*, A. D. SAUNDERS et M. J. NORRY (éds), Geological Society (London), Special Publication, n° 42, p. 313-345.
- SURMELY F., BARRIER P., BRACCO J.-P., CHARLY N. et R. LIABEUF (1998). Caractérisation des silex par l'analyse des microfaciès et application au peuplement préhistorique de l'Auvergne (France), *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, n° 326, p. 595-601.
- SUZUKI M. (1973). Chronology of prehistoric human activity in Kanto, Japan, *Journal of the faculty of*

BIBLIOGRAPHIE

- science, the University of Tokyo, n° 5/IV/3-4, p. 241-469.
- TAYLOR S. R. et S. M. MCLENNAN (1985). The continental crust : its composition and evolution. Oxford : Blackwell Scientific Publications.
- THEVENIN A. (1982). Rochedane. L'Azilien, l'Épipaléolithique de l'Est de la France et les civilisations épipaléolithiques de l'Europe occidentale. Mémoires Fac. Sciences Sociales, Ethnologie, Strasbourg, 2 vol.
- THEVENIN A. (1990). Du Dryas III au début de l'Atlantique : pour une approche méthodologique des industries et des territoires dans l'Est de la France (première partie), *Rev. Archéol. de l'Est*, n° 41/2, p. 177-212.
- THEVENIN A. (1998). L'Épipaléolithique et le Mésolithique de l'Est de la France dans le contexte national : cadre d'étude et état des recherches, *In : Les derniers chasseurs-cueilleurs du Massif jurassien et de ses marges (13000-5500 av. J.C.)*, éd. Centre Jurassien du Patrimoine, p. 24-35.
- THEVENIN A. (2000). Les groupes du Mésolithique ancien sur l'axe Rhône-Saône et régions limitrophes, *Géologie Alpine*, Mém. H. S., n° 31, p. 155-164.
- THIRAULT E., SANTALIER D et R. VERA (1999). Les matériaux lithiques polis du Néolithique rhône-alpin, de la caractérisation à l'interprétation archéologique, *In : Circulations et identités culturelles alpines à la fin de la préhistoire – Matériaux pour une étude*. Programme CIRCALP 1997-1998, A. BEECHING (éd.), Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, n° 2, p. 297-313.
- THIRY M. et A. R. MILNES (1991). Pedogenic and groundwater silcretes at Stuart Creek Opal Field, South Australia, *Journal of Sedimentary Petrology*, n° 61/1, p. 111-127.
- THOMPSON M., BUSH P. R. et J. FERGUSON (1986). The analysis of flint by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, as a method of source determination, *In : The scientific study of flint and chert*, SIEVEKING G. et HART M. B. (éds), Cambridge University Press, p. 243-247.
- TILLET T. (1997). Jiboui - Rapport de fouille, 45 p., inédit.
- TOBEY M. H. (1986). *Trace element investigations of Maya cherts from Belize*, Center for Archaeological Research, University of Texas, San Antonio.
- TORTI-ZANNOLI C. (1985). Les matières premières lithiques du Magdalénien ancien et terminal de la grotte du Rond du Barry (Haute-Loire), *Revue Archéologique du Centre de la France*, n° 24/2.
- TRUNCER J., GLASCOCK M. D. et H. NEFF (1998). Steatite source characterization in Eastern North America : new results using instrumental neutron activation analysis, *Archaeometry*, n° 40, p. 23-44.
- TURQ A. (1990). Exploitation des matières premières lithiques dans le Moustérien entre Dordogne et Lot, *In : Le silex de sa genèse à l'Outil*, *Cahiers du Quaternaire*, n° 17/II, p. 415-427.
- VAQUER J. (1990). Néolithisation et échanges, *In : Le Néolithique en Languedoc Occidental*, éd. CNRS, p. 349-373.
- VALDEYRON N. (1994). Le Sauveterrien. Cultures et sociétés mésolithiques dans la France du Sud durant les X^e et IX^e millénaires BP, *Thèse de doctorat*, Université Toulouse-le Mirail, 2 tomes.
- VALENSI L. (1955). Etude micropaléontologique des silex du Magdalénien de Saint-Amand (Cher), *Bull. de la Société Préhistorique Française*, n° 52/9-10, p. 584-597.
- VALENSI L. (1960). De l'origine des silex protomagdaléniens de l'abri Pataud, Les Eyzies, *Bull. de la Société Préhistorique Française*, n° 57/1-2, p. 80-84.
- VILAIN R. (1966). Le gisement de Sous-Balme à Culoz (Ain) et ses industries microlithiques. *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon*, n°13, 219 p.
- VITAL J. et P. BINTZ (1991). Les occupations protohistoriques et historiques des sites de Choranche (Isère), *Gallia Préhistoire*, n° 33, p. 207-267.
- VOLTERRA E., PALMIERI A. M. et F. D'OTTAVIO (1998). Provenance study of prehistoric flint from Gargano mines (Puglia, Italy) : source characterization, Proceedings of 31st International Symposium on Archaeometry, Budapest, mai 1998, Bar Archaeolingua Central European Series, Oxford-Budapest, 7 p., sous presse.
- WALTER P. (1993). Etude du comportement du fluor lors des interactions silice-solutions aqueuses - Applications archéologiques, *Thèse de troisième cycle*, Université Paul Sabatier de Toulouse, 219 p.
- WEIS D. et G. J. WASSERBURG (1987). Rb-Sr and Sm-Nd systematics of cherts and other siliceous

BIBLIOGRAPHIE

deposits, *Geochemica and Cosmochimica Acta*, n° 51, p. 959-971.

WRIGHT G. A. (1969). Obsidian analyses and prehistoric near Eastern trade : 7500 to 3500 B.C., *Anthropological papers. Museum of anthropology, University of Michigan*, n° 37, p. 5-26.

WRIGHT G. A. et A. A. GORDUS (1969). Distribution and utilization of obsidian from Lake Van sources between 7500 and 3500 B.C., *American Journal of Archaeology*, n° 73, p. 75-77.

YENER K. A., EDENS C., CASANA J., DIEBOLD B., EKSTROM H., LOYET M. et R. OZBAL (1999). *The Amuq Valley project, Tell Kurdu Excavations, Preliminary Report*.

LISTE DES FIGURES

PARTIE I

Figure I.1 - Cycle de la silice en mer. Entre parenthèses figurent les valeurs estimées de la silice dissoute (SiO ₂ , 0,1 g/an). D'après Chamley (2000)	18
Figure I.2 - Critères descriptifs utilisés en fonction des rubriques de description macroscopique du silex	24
Figure I.3 - Les principaux types d'ooïdes. D'après Cojan et Renard (1997)	27
Figure I.4 - Pelloïdes. D'après Cojan et Renard (1997)	27
Figure I.5 - Exemple de granoclassement dans une roche sédimentaire (50x environ). D'après Charollais et Davaud (1976)	27
Figure I.6 - Le tri d'une roche sédimentaire : a) bien triée, distribution unimodale. b) moyennement trié, distribution bimodale. c) mal trié, distribution plurimodale. D'après Charollais et Davaud (1976)	28
Figure I.7 - Détermination visuelle de la sphéricité et de l'éroulé. D'après Pettijohn <i>et al.</i> dans Tucker (1982)	28
Figure I.8 - Exemples des morphologies des tests de Foraminifères	29
Figure I.9 - Vue schématique (a) et en lame mince (b) d'une Orbitoline. D'après Foucault et Raoult (1995)	29
Figure I.10 - Vue schématique d'une Orbitoïde, grossissement 25x. D'après Bignot (1988)	29
Figure I.11 - Représentation schématique d'un ostracode actuel (a) et de sa valve droite (b). Grossissement 45x	31
Figure I.12 - Spicules siliceux (a-c) et calcaire (d) de Spongiaires. Grossissement 30x. D'après Bignot (1988)	31
Figure I.13 - Spicules aragonitiques d'Alcyonaire. Grossissement 70x. D'après Bignot (1988)	31
Figure I.14 - Exemples d'Echinodermes. D'après Foucault et Raoult (1995)	31
Figure I.15 - Représentation schématique de quelques Brachiopodes. D'après Foucault et Raoult (1995)	32
Figure I.16 - Représentation schématique de Bryozoaires. D'après Foucault et Raoult (1995)	32
Figure I.17 - Exemples de Bivalves. D'après Foucault et Raoult (1995)	32
Figure I.18 - Quelques exemples de Gastéropodes. D'après Foucault et Raoult (1995)	33
Figure I.19 - Algues calcaires Charophytes. D'après Bignot (1988)	34
Figure I.20 - Exemple de Dascycladale (Cymopolia, Crét.-Actuel). D'après Bignot (1988)	34
Figure I.21 - Exemple de Cyanophyte (Cayeuxia, Jurass.-Crét.). D'après Bignot (1988)	34
Figure I.22 - Exemple de Rhodophycée (Corallina, Eoc.-Actuel). D'après Bignot (1988)	34
Figure I.23 - Situation des massifs subalpins dans le quart sud-est de la France	38
Figure I.24 - Principaux exemples de modes d'affleurement et morphologies de silex associés. Classification des cortex en fonction des contextes d'affleurement	41
Figure I.25 - Localisation des points d'échantillonnage de silex dans le massif des Bornes	43
Figure I.26 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique des Bornes. D'après Gidon (2002)	45
Figure I.27 - Délimitation des formations à silex du massif des Bauges et localisation des points d'échantillonnage. D'après les cartes géologiques de Chambéry (1969), d'Albertville (1999), de Rumilly (1970) et d'Annecy-Ugine (1992)	47
Figure I.28 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique des Bauges. D'après Gidon (2002)	49
Figure I.29 - Carte des formations potentielles à silex et localisation des gîtes cités	52
Figure I.30 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique de Chartreuse. D'après Gidon (2002)	55
Figure I.31 - Localisation des formations à silex potentielles et des gîtes échantillonnés dans le Vercors et la vallée de l'Isère	57
Figure I.32 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique du Vercors. D'après Gidon (2002)	61
Figure I.33 - Formations à silex du Diois et localisation des points d'échantillonnage. D'après Riche (1998)	65

LISTE DES FIGURES

Figure I.34 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique du Diois. D'après Gidon (2002)	68
Figure I.35 - Localisation des gîtes de silex échantillonnés dans le secteur de Lus-la-Croix-Haute dans leur contexte géologique. Extrait de la carte géologique de Mens (1974)	70
Figure I.36 - Bilan de l'échantillonnage en silex du bassin de Maraize	72
Figure I.37 - Formations à silex potentielles du Dévoluy et localisation des points d'échantillonnage. D'après Gidon (2002)	74
Figure I.38 - Représentation des niveaux à silex dans la colonne stratigraphique schématique du Dévoluy. D'après Gidon (2002)	76

PARTIE II

Figure II.1 - Spectres de terres rares normalisées au PAAS des échantillons de Bourg-de-Dessus-0	88
Figure II.2 - Spectres de terres rares normalisées des échantillons archéologiques (série 2, 1998)	91
Figure II.3 - Spectres de terres rares normalisées des échantillons de Jiboui après séparation sur colonne. L'anomalie en Eu a disparu	92
Figure II.4 - Comparaison des teneurs en éléments traces de quatre échantillons issus du nodule CCx Per 10	93
Figure II.5 - Comparaison des teneurs en terres rares de quatre échantillons issus du nodule CCx Per 10 d'après leurs diagrammes normalisés	93
Figure II.6 - Comparaison des teneurs en éléments traces de deux prélèvements issus du nodule Gri 19	94
Figure II.7 - Comparaison des teneurs en terres rares de deux prélèvements issus du nodule Gri 19, d'après leurs spectres normalisés	94
Figure II.8 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex bédoulien de la montagne de Belle Motte	95
Figure II.9 - Les formations à silex de Chartreuse, du Vercors et de leurs marges et localisation des sources ayant livré les échantillons soumis aux analyses géochimiques	96
Figure II.10 - Diagramme binaire, Th en fonction de Y, regroupant les échantillons de sources primaires sénoniennes analysées	98
Figure II.11 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens de : a) La Grande Rivoire ; b) La Conversaria ; c) Les Geymonds	99
Figure II.12 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens de : a) Le Col de la Croix Perrin ; b) Les Griats ; c) Les Girauds	100
Figure II.13 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens de : a) Rovon ; b) Col de la Charmette	101
Figure II.14 - Diagramme binaire, rapport Lan/Cen en fonction de l'anomalie en Ce, regroupant les échantillons de sources primaires sénoniennes analysées. La barre d'erreur correspond à l'écart type des échantillons	102
Figure II.15 - Diagramme binaire, U en fonction de Sr, regroupant les échantillons de sources secondaires sénoniennes analysées	104
Figure II.16 - Diagramme binaire, Nb en fonction de Th, regroupant les échantillons de sources secondaires sénoniennes analysées	105
Figure II.17 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires du Vercors : a) Les Girauds ; b) Les Griats ; c) Fontaine du Renard	106
Figure II.18 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires du Vercors : a) Bourg de Dessus ; b) Col de la Croix Chabaud ; c) Les Roux et Rochetière	107
Figure II.19 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires du Vercors : a) La Conversaria ; b) Col de Roméyère ; c) Rovon	108
Figure II.20 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénonien de sources secondaires de Chartreuse : a) Gerbaix-le-Haut ; b) Le Nantet ; c) Côte Barrier	109
Figure II.21 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des échantillons de silex sénoniens du Col de la Charmette	110

LISTE DES FIGURES

Figure II.22 - Diagramme Lan/Ybn en fonction de Ce/Ce* pour les échantillons de silex de sources secondaires de Chartreuse et du Vercors	111
Figure II.23 - Echantillons de silex sénonien du Vercors et de Chartreuse : Comparaison des moyennes avec maximum et minimum pour 23 éléments analysés. Les traces sont exprimées en ppm et les terres rares en ppb. Echantillons de Chartreuse : n=21 ; échantillons du Vercors : n=42 sauf pour Zr, n=39 et Pb, n=27	112
Figure II.24 - Diagramme binaire Nb (ppm) en fonction de Rb (ppm) pour les échantillons de silex sénonien du Bugey	114
Figure II.25 - Teneurs en éléments terres rares normalisées au PAAS pour les échantillons sénoniens du Bugey	114
Figure II.26 - Comparaison des moyennes avec maximum et minimum pour 23 éléments analysés. Les traces sont exprimées en ppm et les terres rares en ppb. Echantillons de Chartreuse : n=21 ; échantillons du Vercors : n=42 sauf pour Zr, n=39 et Pb, n=27 ; échantillons du Bugey : n=5	115
Figure II.27 - Diagramme binaire Rb en fonction de Ce représentant les échantillons de silex sénonien du Vercors, de la Chartreuse et du Bugey	115
Figure II.28 - Teneurs en éléments terres rares normalisées au PAAS pour les échantillons lacustres tertiaires	116
Figure II.29 - Comparaison des teneurs élémentaires pour les prélèvements patiné et "frais" de l'artefact JbiD6 31	118
Figure II.30 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des artefacts en silex de Jiboui. La trame grisée représente le domaine compositionnel des silex bédouliens de la montagne de Belle Motte	119
Figure II.31 - Spectres de teneurs en terres rares normalisées au PAAS des artefacts en silex de la Grande Rivoire. La trame grisée représente le domaine compositionnel des silex sénoniens de la source de la Grande Rivoire (types 1 et 2)	122
Figure II.32 - Spectres de terres rares normalisées de deux artefacts de la Grande Rivoire et des échantillons géologiques des Griats (position primaire)	123
Figure II.33 - Diagramme binaire Ce/Ce* en fonction de La/Ce représentant les artefacts de la Grande Rivoire et les échantillons sénoniens du Vercors	123
Figure II.34 - Localisation des gisements majeurs d'obsidienne de Turquie et des aires géo-culturelles	128
Figure II.35 - Localisation des aires fouillées à Çatal Höyük. D'après Hodder, 1999	129
Figure II.36 - Pourcentage par niveau d'éclats et de lames par pression. D'après Conolly (1999)	130
Figure II.37 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 100 échantillons de Çatal Höyük analysés	134
Figure II.38 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 55 échantillons du groupe compositionnel 1 et neuf échantillons géologiques du Göllü Dag-Est	134
Figure II.39 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 45 échantillons du groupe compositionnel 2 et un échantillon géologique du Nenezi Dag	135
Figure II.40 - Comparaison des types de support en fonction de l'origine de l'obsidienne	135
Figure II.41 - Localisation des principaux gisements d'obsidienne de Turquie et de Çatal Höyük	137
Figure II.42 - Vue générale du site de Tell Kurdu (Turquie) et localisation des tranchées dont le matériel analysé est issu.	139
Figure II.43 - Diagramme de teneurs normalisées des neuf échantillons de Tell Kurdu analysés	141
Figure II.44 - Diagramme de teneurs normalisées de trois échantillons de Tell Kurdu et de neuf échantillons géologiques du groupe compositionnel Göllü Dag Est	141
Figure II.45 - Diagramme de teneurs normalisées de trois échantillons de Tell Kurdu et de sept échantillons géologiques du groupe compositionnel Bingöl A	142
Figure II.46 - Diagramme binaire (CaO+Na ₂ O+K ₂ O)/Al ₂ O ₃ vs. (Na ₂ O+K ₂ O)/Al ₂ O ₃ pour les trois artefacts peralcalins de Tell Kurdu et les échantillons géologiques du groupe compositionnel Bingöl A	142
Figure II.47 - Diagramme de teneurs normalisées d'un échantillon de Tell Kurdu et de deux échantillons géologiques du groupe compositionnel Bingöl B	143
Figure II.48 - Teneurs relatives en éléments traces pour l'échantillon TK 4082 et un échantillon de la source de Pasinler. D'après les données de Gratuze, dans Poidevin (1998)	143
Figure II.49 - Localisation des gisements majeurs d'obsidienne de Turquie, des sources identifiées par les analyses et des sites mis en parallèle avec Tell Kurdu	145
Figure II.50 - Diagramme binaire représentant Eu en fonction de U (ppm) pour les 35 échantillons péruviens analysés	147

LISTE DES FIGURES

Figure II.51 - Diagramme de teneurs normalisées pour les 29 échantillons archéologiques péruviens _____	147
Figure II.52 - Diagramme de teneurs normalisées pour les six échantillons géologiques péruviens _____	148
Figure II.53 - Diagramme de teneurs normalisées pour 26 échantillons archéologiques péruviens et un échantillon de la source de Quispisisa _____	148
Figure II.54 - Diagramme de teneurs normalisées pour trois échantillons archéologiques péruviens et un échantillon géologique "tipo Ayacucho" _____	149

PARTIE III

Figure III.1 - Séquences chronoculturelles dans les Alpes du Nord françaises d'après les principaux sites stratifiés	156
Figure III.2 - Localisation des sites mésolithiques et néolithiques des Alpes du Nord françaises mentionnés dans le texte _____	158-159
Figure III.3 - Localisation des sites préhistoriques ayant fait l'objet d'études sur les matières premières _____	166
Figure III.4 - Comparaison des schémas d'approvisionnement entre le Magdalénien et l'Azilien pour les sites de Saint-Thibaud-de-Couz (Chartreuse) et de Méaudre (Vercors). D'après Bintz (2000) _____	167
Figure III.5 - Pourcentages de matières premières au Pas-de-la-Charmente. D'après Bevilacqua, dans Bintz (2001)	170
Figure III.6 - Le secteur de Fontaine de la Baume : localisation des sondages _____	179
Figure III.7 - Comparaison des types de silex identifiés en fonction de la dimension des pièces (inférieures ou supérieures à 1cm) _____	182
Figure III.8 - Représentation schématique des origines des matières premières identifiées à Fontaine de la Baume _____	185
Figure III.9 - Aires des provenances définies par rapport à l'ensemble de l'industrie de Fontaine de la Baume _____	186
Figure III.10 - Secteur Pas de l'Aiguille/Chevalière : schéma géomorphologique et situation des sondages _____	187
Figure III.11 - Distribution globale par famille de silex de l'industrie étudiée au Pas de l'Aiguille _____	188
Figure III.12 - Distribution de la série du Pas de l'Aiguille par type de silex _____	190
Figure III.13 - Représentation des pièces corticales par rapport à l'ensemble de l'industrie du Pas de l'Aiguille _____	192
Figure III.14 - Représentation schématique des origines des matières premières identifiées au Pas de l'Aiguille _____	195
Figure III.15 - Le secteur du Col de Porte/Col de la Charmette : préhistoire et formations siliceuses _____	198
Figure III.16 - Zones d'approvisionnement en silex identifiées pour le site de plein air du Col de Porte _____	202
Figure III.17 - Le vallon de l'Aulp du Seuil : localisation des gisements archéologiques _____	206
Figure III.18 - Aulp du Seuil, abri n°1, coupe sagittale F/G. D'après Bintz <i>et al.</i> (1997) _____	207
Figure III.19 - Aulp du Seuil abri n°3, coupe stratigraphique de sondage 1 (1994). D'après Pelletier (1996) _____	208
Figure III.20 - Carte des formations potentielles à silex et zones d'approvisionnement identifiées pour le Néolithique final et ancien à l'Aulp du Seuil (abri n°1) _____	211
Figure III.21 - Localisation des sites de Belledonne et du Taillefer. D'après la carte IGN "Top 100" n°54 _____	218

PARTIE IV

Figure IV.1 - Restitution hypothétique des voies de circulation vers le Vercors et à l'intérieur du massif privilégiées au Mésolithique. Les gîtes représentés sont uniquement ceux dont les matériaux ont été formellement identifiés sur les sites. D'après la carte IGN du Vercors en relief _____	228
Figure IV.2 - Restitution hypothétique des voies de circulation pour la Chartreuse et les massifs cristallins privilégiées au Mésolithique. Les gîtes représentés sont uniquement ceux dont les matériaux ont été formellement identifiés sur les sites. Image générée par Vista pro _____	229

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE I

Tableau I.1 - Relation entre la classification texturale et l'hydrodynamisme	27
Tableau I.2 - Ensembles bionomiques et zonation paléogéographique	36
Tableau I.3 - Présence et absence de silicifications dans les différents niveaux géologiques des secteurs considérés	77

PARTIE II

Tableau II.1 - Eléments mesurés par ICP-AES	86
Tableau II.2 - Isotopes utilisés en ICP-MS pour le dosage des éléments traces	86
Tableau II.3 - Valeurs obtenues sur les géostandards RGM-1, BIR-1 et BHVO-1 par ICP-MS et ICP-AES. Valeurs recommandés : Govindaradju (1994), les valeurs entre parenthèses sont indicatives	87
Tableau II.4 - Coefficients de variations obtenus après 16 passages de l'échantillon Bourg-de-Dessus-0 au cours de huit séries d'analyses	88
Tableau II.5 - Détermination des limites de détection par la mesure d'un blanc analytique. Mise en relation avec les teneurs d'un échantillon de silex sénonien du Vercors (ND : non dosé)	89
Tableau II.6 - Comparaison des teneurs en éléments majeurs entre les échantillons barrémo-bédouliens et sénoniens	89
Tableau II.7 - Composition moyenne de la source de Belle Motte et coefficients de variation. σ : écart type	95
Tableau II.8 - Moyenne et écart type des rapports La_n/Ce_n et Ce/Ce^* pour les 11 échantillons de la source bédoulienne de Belle Motte	92
Tableau II.9 - Composition moyenne de la source de la Grande Rivoire, par type, et coefficients de variation. σ : écart type	98
Tableau II.10 - Comparaison de la valeur de l'anomalie en Ce selon les sources sénoniennes primaires analysées et par type	101
Tableau II.11 - Répartition des échantillons de silex de sources secondaires de Chartreuse et du Vercors en fonction de leur anomalie en Ce	111
Tableau II.12 - Résultats de l'anomalie en Ce pour les cinq échantillons du Bugey analysés	113
Tableau II.13 - Possibilités de discrimination à différents niveaux (étage, massif, source) des silex analysés. En italique sont indiquées les tendances observées	117
Tableau II.14 - Comparaison des teneurs élémentaires des artefacts de Jiboui avec celles des silex bédouliens de la montagne de Belle Motte. σ : écart type	119
Tableau II.15 - Descriptions macroscopiques et pétrographiques des artefacts de la Grande Rivoire analysés	120
Tableau II.16 - Comparaison des teneurs élémentaires des artefacts de la Grande Rivoire avec celles des silex sénoniens du gîte du même nom. σ : écart type	121
Tableau II.17 - Valeurs de l'anomalie en Ce pour deux artefacts de la Grande Rivoire comparées à celle de la source primaire des Griats	124
Tableau II.18 - Tableau chrono-culturel de la Néolithisation et du Chalcolithique au Proche-Orient	127
Tableau II.19 - Liste des échantillons de Çatal Höyük analysés en 1999	132
Tableau II.20 - Liste des échantillons de Çatal Höyük analysés en 2000	133
Tableau II.21-Détail des provenances des 100 échantillons d'obsidienne analysés pour Çatal Höyük	136
Tableau II.22 - Liste des échantillons en obsidienne analysés	140
Tableau II.23 - Attribution de provenance par échantillon	144
Tableau II.24 - Comparaison des résultats obtenus sur Ta pour le groupe compositionnel Quispisisa	146
Tableau II.25 - Comparaison des teneurs en quatre terres rares entre les échantillons du groupe compositionnel Quispisisa et les échantillons de Casa Vieja	149
Tableau II.26 - Comparaison entre la composition de la source de la Grande Rivoire pour ses deux types et celle du groupe compositionnel du Göllü Dag Est (échantillons archéologiques de Çatal Höyük), pour un nombre équivalent d'échantillons	151

PARTIE III

Tableau III.1 - Datations radiocarbone obtenues pour les sites concernés par les études de matières premières, pour les couches étudiées. R = Représentation archéologique ; E : excellent ; B: bon ; O : oui ; N : non.	
--	--

LISTE DES TABLEAUX

D'après Evin (1995) ; Bintz <i>et al.</i> (1995b) ; Bridault <i>et al.</i> (2000)	168
Tableau III.2 - Décompte des pièces selon leur origine géologique pour le site du Pas-de-la-Charmate, Vercors occidental.	169
Tableau III.3 - Décompte des pièces selon leur origine géologique pour le site du Pas de l'Echelle, Vercors nord-occidental	171
Tableau III.4 - Décompte par couches des pièces selon leur origine géologique et géographique pour le site de la Grande-Rivoire, Vercors Nord	171
Tableau III.5 - Décompte global des pièces selon leur origine géologique et géographique pour le site de la Grande-Rivoire, Vercors Nord	171
Tableau III.6 - Décompte des pièces selon leur origine géologique et géographique pour le site de Bouvante, Vercors occidental. D'après les données de Riche et Pelegrin (1999)	172
Tableau III.7 - Décompte des pièces selon leur origine géologique pour le site de Saint-Laurent-en-Royans	173
Tableau III.8 - Inventaire des silex blonds, du Grand-Pressigny et de Forcalquier dans les séries du Mésolithique et du Néolithique des sites des massifs subalpins. D'après les résultats de Riche (1999). Gris clair : silex blond = Vaucluse ou autre ; GP et F = présence possible / Gris foncé : silex blond = Vaucluse ; GP et F : présence	175
Tableau III.9 - Répartition globale des familles de silex de l'industrie de Fontaine de la Baume	180
Tableau III.10 - Description des types de silex identifiés dans l'industrie de Fontaine de la Baume	181
Tableau III.11 - Proportion de pièces brûlées dans la série de Fontaine de la Baume, par types de matière première et sur l'ensemble des pièces	182
Tableau III.12 - Proportion de pièces corticales dans la série de Fontaine de la Baume, par types de matière première, sur l'ensemble des pièces	183
Tableau III.13 - Classification par types de matière première des armatures, des pièces techniques et des nucléus	184
Tableau III.14 - Décompte des matières premières du Pas de l'Aiguille	188
Tableau III.15 - Description des types de silex identifiés au Pas de l'Aiguille	189
Tableau III.16 - Détail des du décompte des pièces corticales par type de silex	193
Tableau III.17 - Classification par types de matière première du fond commun, des armatures et des pièces techniques	194
Tableau III.18 - Répartition globale par famille de matière première de l'industrie du Col de Porte	200
Tableau III.19 - Description des types de silex identifiés dans l'industrie du Col de Porte	201
Tableau III.20 - Description des classes de nucléus du Col de Porte	204
Tableau III.21 - Distribution des classes de nucléus du Col de Porte par type de matière première	204
Tableau III.22 - Classement des microlithes du Col de Porte par types de matière première	204
Tableau III.23 - Résultats des datations radiocarbone de l'Abri Alp 1. D'après Bintz <i>et al.</i> (1998)	207
Tableau III.24 - Résultats des datations radiocarbone de l'abri Alp 3	209
Tableau III.25 - Distribution des familles de matières premières du débitage par couches pour l'abri Alp 1 de l'Aulp du Seuil	211
Tableau III.26 - Distribution des nucléus de l'abri Alp 1 par familles de matière première et par couches	211
Tableau III.27 - Distribution des familles de matières premières de l'outillage par couches pour l'abri Alp 1 de l'Aulp du Seuil	212
Tableau III.28 - Distribution des familles de silex au sein de la série étudiée, avec indications sur la proportion de pièces corticales, patinées et chauffées. Aulp du Seuil, abri n°1	213
Tableau III.29 - Détermination des familles de matières premières par niveau culturel et proportion des pièces corticales, patinées ou chauffées pour chacun de ces types. Aulp du Seuil, abri n°1	213
Tableau III.30 - Distribution des familles de matières premières du débitage par couches pour l'abri Alp 3 de l'Aulp du Seuil	216
Tableau III.31 - Décompte de l'industrie en silex et en quartz recueillie aux lacs Robert	217
Tableau III.32 - Décompte des types de silex en fonction de la dimension des pièces pour la série des lacs Robert	219

ANNEXE 1

Fiche de caractérisation du silex : échantillon géologique

Fiche de caractérisation du SILEX : échantillon géologique

A remplir par l'archéologue

N° Ech

Lieu de dépôt

Récolteur

Date

Localisation du gîte

Localisation

Commune

Pays

Secteur

Coordonnées

X

Carte IGN

Y

Z

A remplir par le pétrographe

Contexte géologique

Carte géologique

Milieu

Faciès

Position

Étage géologique

Roche encaissante

A remplir par l'archéologue

Gîtologie

Conditions de gisement

Abondance

Dimensions

X

X

en cm

Fracturation

Forme

Caractères macroscopiques

Auteur

Date

Cortex

Couleur

Patine

Éclat

Cassure

Zonation

Grain

Litage

Homogénéité

Rubannement

Toucher

Éléments

Remarques particulières

— *A remplir par le pétrographe* — **Caractères microscopiques** —

— **Binoculaire** —

Auteur

Date

Grossissement

Texture sédimentaire

Éléments figurés	Taille	%	Formes	Nature	Fossiles
Bioclastes					Autres éléments
Intraclastes					
Oolithes					
Pellets					
Non carbonatés					
Total					

Structures sédimentaires

— **Microscope polarisant** —

Auteur

N° lame

Date

Phase de liaison

Texture minéralogique

Descriptions des
phases minérales

Compléments
paléontologiques

— *A remplir par l'archéologue* — **Analyses complémentaires** —

— **Documents associés** —

Photos

Bibliographies

Autres

— **Occurrences archéologiques** —

ANNEXE 2

Stratigraphie : divisions des temps géologiques du Secondaire au Quaternaire

M. a.	ERE	SYST. PER.	SOUS-SYST. EPOQUE	Etages	Sous-étages et autres dénominations	
QUATERNAIRE						
1,64	CENOZOIQUE TERTIAIRE	NEOGENE	PLIOCENE	Plaisancien	Villafranchien inf.	
3,4				Tabianien		
5,2			MIOCENE	Sup.		Messinien
6,7						Tortonien
10,4				Moy.		Serravallien
14,2						Langhien
16,3			Inf.	Burdigalien		
21,5				Aquitaniien		
23,3		PALEOGENE	OLIGO-CENE	Chattien		
29,3				Stampien		
35,4			EOCENE	S.	Priabonien	
38,6					Bartonien (s. str.)	
42,1				Moy.	Lutétien	
50,0			PALEO-CENE	I.	Yprésien	
56,5					Thanétien	
60,5					Montien	
65,0	SECONDAIRE = MESOZOIQUE					
74,0	JURASSIQUE	CRETACE	SUP.	Sénonien	Maastrichtien	
83,0					Campanien	
86,6					Santonien	
88,5					Coniacien	
90,4					Turonien	
97,0			INF.	Néocmien	Cénomaniien	
112,0					Albien	
124,5					Aptien	Gargasien
131,8					Barrémien	Bédoulien
135,0					Hauteriviien	Urgonien
140,7		JURASSIQUE	SUP.	Malm	Valanginiien	
145,6					Berriasiien	
152,1					Portlandien	Tithonique
154,7					Kimméridgiiien	
157,1					Oxfordien	
161,3			MOY.	Dogger	Calloviien	
166,1					Bathonien	
173,5					Bajociien	
178,0					Aaléniien	
187,0					Toarciien	
194,5	INF.	Lias	Pliensbachien	Dommériien		
203,5			Sinemuriien	Carixien		
208,0			Hettangiien	Lotharingien		
209,5			SUP.	Trias alpin	Rhétien	Infralias
223,4					Norien	
235,0	Carnien					
239,5	MOY.	Ladiniien				
241,1		Anisien				
245,0	INF.	Werféniien				

Simplifié d'après Foucault et Raoult (1988)

ANNEXE 3

Liste descriptive des gîtes de silex représentés dans la lithothèque de Grenoble pour les massifs subalpins

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
<i>La Balme-de-Thuy</i>	Bornes			Annecy-Bonneville	Valanginien	Valanginien	1	1	partielle
<i>Fier-Thône</i>	Bornes			Annecy-Ugine	Quaternaire (alluvions)	Valanginien	1	1	
<i>Lac Thuy</i>	Bornes			Annecy-Ugine	Quaternaire (alluvions)	Valanginien	7	1	
<i>Plateau des Auges (Entremont)</i>	Bornes			Annecy-Bonneville	Sénonien	Sénonien	10	1	
Le Grand-Bornand, Maroli d'en bas	Bornes	922,175	2116,625	Cluses	Sinémurien	Sinémurien	3	1	
Dingy-St-Clair, Alluvions du Fier	Bornes	902,68	2107,1	Annecy-Bonneville	Quaternaire (alluvions)	Valanginien	2	2	
Le Grand-Bornand, Col de la Colombière	Bornes	919,8	2117,8	Annecy-Bonneville	Sinémurien	Sinémurien	8	0	X
La Balme de Thuy, GR 96, la Vieille Eglise	Bornes	906,125-906,55	2107,9-2107,95	Annecy-Bonneville	Valanginien	Valanginien	3	2	X
La Balme de Thuy, Lac de Thuy	Bornes	907,8	2107,175	Annecy-Ugine	Quaternaire (alluvions)	Sénonien	1	1	X
Syncl. de Thônes - Plateau des Glières	Bornes	911,7-912,3	2114,8-2115,5	Annecy-Bonneville	Sénonien	Sénonien	8	0	X
Mornex	Haute-Savoie				Poudingues		18	2	
Bassy-Vautrins	Haute-Savoie				Molasse Burdigalienne		17	4	
La Féclaz	Bauges			Chambéry	?	Valanginien	3	1	
La Féclaz	Bauges			Chambéry	?	Sénonien	2	1	
Aillon le jeune (Scierie)	Bauges	892,3-892,45	2075,150-2075,4	Chambéry	Sénonien	Sénonien	2	2	X
Thoiry, Les Chavonnettes	Bauges	889,5-889,7	2071,4	Chambéry	Valanginien	Valanginien	2	1	X
Aillon-le-Jeune, Scierie du Martinet	Bauges	892,3-892,45	2075,150-2075,4	Chambéry	Sénonien	Sénonien	8	2	X
La Féclaz, Fornay (Les Déserts)	Bauges	884,0-884,25	2077,55-2077,95	Chambéry	Eocène	Sénonien / Valanginien	6	3	X
Passage du Croc	Bauges	882,65-882,7	2077,25-2077,30	Chambéry	Valanginien	Valanginien	8	2	X
Les Roux, La Féclaz	Bauges	883,65	2077,4	Chambéry	Crétacé inférieur	Crétacé inférieur	2	2	
Plateau de l'Arclusaz-Arcalod	Bauges	899,7-900,4	2073,5-2075,1	Alberville	Quaternaire (éboulis)	Crétacé supérieur	17	1	X

Remarque

Les gîtes en italique correspondent à ceux échantillonnés avant 1996 par C. Grünwald et P. Bintz. Différentes informations à leur sujet font défaut.

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Col de la Vache	Chartreuse			Grenoble	?	Valanginien et sénonien	6	3	
Val de Couz	Chartreuse			Voiron	?	Sénonien	8	2	
St Thibaud de Couz	Chartreuse			Voiron	Quaternaire (éboulis)	Sénonien / Valanginien	5	4	X
Charmant Som	Chartreuse			Domène	?	Sénonien	15	1	
Gorges du Guiers, St Pierre-de-Chartreuse	Chartreuse	868-868,1	3344,9-3345	Montmélian	?	Valanginien	4	2	X
Le Ratz (Saint-Julien-de-Ratz)	Chartreuse			Grenoble	Eocène ?	Sénonien	9	1	partielle
Col du Mollard, Entremont-le-Vieux	Chartreuse			Grenoble	Oligocène	Sénonien	13	4	partielle
Val Frou (St Pierre d'Entremont)	Chartreuse	871,5-872,5	2052,6-2053,2	Montmélian	Valanginien	Valanginien	1	1	X
Bergerie du Charmant Som	Chartreuse			Domène	Sénonien	Sénonien	1	1	
Le Désert d'Entremont	Chartreuse	876,2-876,4	2055,5-2056	Montmélian	Sénonien et Oligocène	Sénonien	2	1	partielle
Torrent du Guiers	Chartreuse		2053-2055	Montmélian	Quaternaire (alluvions)	Sénonien	1	1	partielle
Ste Marie du Mont, Col de l'Alpe	Chartreuse	880,5-881,5	2052-2053	Montmélian	Quaternaire (éboulis)	Valanginien	1	1	X
La Ruchère	Chartreuse	869,5-870,5	2049-2050	Montmélian	Oligocène	Sénonien	9	5	partielle
Pied du Corbeley, Saint Thibaud de Couz	Chartreuse	875,35-875,63	2062-2063	Montmélian	Quaternaire (éboulis)	Valanginien	1	1	X
Col du Planet (STC)	Chartreuse	876	2061,5	Montmélian	Quaternaire (éboulis)	Valanginien	5	1	partielle
Montecôte, Mont grêle (STC)	Chartreuse	872,5	2063,2	Montmélian	Quaternaire (éboulis)	Valanginien	1	1	partielle
Col de Bellefond	Chartreuse	877,4	2044,1	Montmélian	Quaternaire (éboulis)	Crétacé sup.	4	2	partielle
Col de la Charmette, Proveysieux	Chartreuse	866,85-866,95	341,1-342,15	Montmélian	Sénonien et Quaternaire	Sénonien	6	4	X
Le Nantet	Chartreuse	875-875,5	2057-2078	Montmélian	Oligocène	Sénonien	9	3	
St Christophe/Guiers, Côte Barrier	Chartreuse	871,5-872,5	2056,5-2057,5	Montmélian	Eocène	Sénonien	5	2	X
Le Nantet	Chartreuse	875,2	357,325	Montmélian	Oligocène et Miocène	Sénonien	8	4	X
Gerbaix le Haut (St Christophe)	Chartreuse	871,35	355,1	Montmélian	Miocène (conglomérat)	Sénonien	9	3	X
Les Raviers, St-Laurent-du-Pont	Chartreuse	864,4	348	Voiron	Quaternaire	Sénonien/Valanginien	10	3	X

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Est Mezelier, Fontanil	Chartreuse			Grenoble	Valanginien	Valanginien	5	1	
Plateau de l'Alpe	Chartreuse			Montmélian	?	Aptien ?	2	1	
Les Curialets 1	Chartreuse	876,25	2056,125	Montmélian	Sénonien	Sénonien	3	1	X
Les Curialets 1-2	Chartreuse	876,25	2056,125	Montmélian	Sénonien	Sénonien	7	2	X
Les Curialets 2	Chartreuse	876,375	2055,675	Montmélian	Quaternaire	Sénonien	6	4	
Clairière de Girieu 1	Chartreuse	866,3 et 866,45	3338,5 et 3338,6	Grenoble	Miocène (molasse)	Sénonien	4	4	
Clairière de Girieu 2	Chartreuse	866,45-866,5	3338,75-3338,8	Grenoble	Quaternaire	Sénonien	15	5	
Le Croz, Sarcenas	Chartreuse	867,9	3337,15	Montmélian	Valanginien	Valanginien	1	1	X
Route des Egaux (Corbel)	Chartreuse	872,15	353,9	Montmélian	Miocène (conglomérat)	Sénonien	4	3	X
Néron	Chartreuse			Grenoble	?	?	4	3	
Le Fournel, St-Pierre-de-Chartreuse	Chartreuse	867,45-867,55	3340,8-3340,85	Grenoble	Eocène	Sénonien	13	3	
Le Croz 2, Sarcenas	Chartreuse	867,9	3337,15	Montmélian	Quaternaire (colluvions)	Valanginien	30	2	
Habert du Col de Porte, Sarcenas	Chartreuse	868,7	3338,625	Domène	Quaternaire (éboulis)	Valanginien	5	1	
Le Fournel 2, St-Pierre-de-Chartreuse	Chartreuse	867,45-867,55	3340,8-3340,85	Grenoble	Poche éocène	Sénonien	5	3	
Marié Blanche, Apremont	Chartreuse	882,625	2061,875	Montmélian	Quaternaire	Valanginien	2	1	
Autrans	Vercors nord			Vif	?	Sénonien	4	4	
Méaudre	Vercors nord			Vif	?	Sénonien	6	6	
Val de Lans	Vercors nord			Vif	?	Sénonien	2	1	
Méaudre	Vercors nord			Vif	?	Sénonien	8	5	
La Côte	Vercors nord			Vif	?	Sénonien	5	3	
Autrans	Vercors nord			Vif	?	Sénonien	2	2	
Autrans, Andrévières	Vercors nord	851-852	2024-2024,8	Vif	Miocène (molasse)	Sénonien	4	1	partielle

ANNEXE 3

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Corrençon-en Vercors, Crêt du Peuil	Vercors nord	851-853	2012,5-2013,4	Vif	?	Crétacé supérieur	1	1	partielle
Rencurel, Col de Romeyère	Vercors nord			Vif	Quaternaire	Sénonien	2	1	X
Noyarey, La Sure	Vercors nord	856	2031,3	Vif	?	Sénonien	2	1	partielle
Villard-de-Lans, Meillarot	Vercors nord	851,5-852,5	2014,5-2015,5	Vif	Sénonien	Sénonien	1	1	partielle
Méaudre, Le trou qui souffle	Vercors nord	850	2020,5	Vif	Sénonien	Sénonien	3	2	partielle
Autrans, les Prud'hommes	Vercors nord	854,1	2015,4	Vif	?	Sénonien	3	2	partielle
La Conversaria, les Mourets, Villard-de-Lans	Vercors nord	854,5-855,5	2012,5-2013,4	Vif	Sénonien et Miocène	Sénonien	20	6	X
Villard-de-Lans, Val Molière, Les Geymonds	Vercors nord	853,2	2014,8	Vif	Sénonien	Sénonien	8	3	X
Autrans, Col de la Croix Perrin I	Vercors nord	853,6	3318,85	Vif	Sénonien	Sénonien	3	2	X
Autrans, Bourg-de-dessus	Vercors nord	852,3	2025,8	Grenoble	Quaternaire	Sénonien	16	5	X
Les Vouillants, Fontaine	Vercors nord	862,7	2026	Vif	Sénonien	Sénonien	3	3	partielle
Abri Bison, Pas de l'Echelle, Rovon	Vercors nord	847-848	2023,5-2024,5	Vif	Sénonien et Quaternaire (p.)	Sénonien	2	1	X
La Grande-Rivoire, Sassenage	Vercors nord	859,5	2028,4	Grenoble	Sénonien et Quaternaire	Sénonien	3	2	X
Col de la Croix Perrin II, Autrans	Vercors nord	853,55	3319,5	Vif	Sénonien et Quaternaire	Sénonien	10	3	
Fontaine du Renard, Villard de Lans	Vercors nord	853,5	2011,5	Vif	Quaternaire	Sénonien et Valanginien	6	3	
Les Girauds, Méaudre	Vercors nord	852,5	2018,5	Vif	Sénonien et Miocène	Sénonien	15	7	X
La Croix Chabaud	Vercors nord	852,8	2017,5	Vif	Quaternaire	Sénonien	7	3	
Les Roux, Saint-Nizier-du-Moucherotte	Vercors nord	859,5	2026,1	Grenoble	Quaternaire	Sénonien	7	2	partielle
Col de Romeyère, Rencurel	Vercors nord	846,2	2020,6	Vif	Quaternaire (éboulis)	Sénonien	9	3	X
Les Griats, Méaudre	Vercors nord	853	2022	Vif	Sénonien et Miocène	Sénonien	13	5	X

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du sillex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Rochetière, Saint-Nizier-du-Moucherotte	Vercors nord	859,4	2025,4	Grenoble	Quaternaire (moraines)	Sénonien	25	6	X
Route des Ecouges, Rovon	Vercors nord	847,7	2024,2	Vif	Valanginien	Valanginien	3	1	X
La Passagère, Méaudre	Vercors nord	853,375	2021,75	Vif	Sénonien	Sénonien	5	1	X
Montaud	Vercors nord			Grenoble	Quaternaire (moraines)	Sénonien	1	1	
Izeron, Château-Pillard	Isère (Vallée de)	839-840	2019-2020	Romans-sur-Isère	Sénonien	Sénonien	9	1	partielle
Albenc-le-Bivan	Isère (Vallée de)	845-846	2028,5-2029	Grenoble	Quaternaire (alluvions)	?	1	1	partielle
Izeron, Château-Pillard Montchardon	Isère (Vallée de)	839-840	2019-2020	Romans-sur-Isère	Sénonien	Sénonien	7	1	partielle
Chalamand	Isère (Vallée de)				?	?	3	3	
Saint Nazaire en Royans	Isère (Vallée de)	829,5	3311,3	Romans-sur-Isère	Oligocène	Oligocène	6	2	partielle
Saint Hilaire du Rosier	Isère (Vallée de)			Romans-sur-Isère	Oligocène	Oligocène	6	2	X
Le Moulin, Saint Laurent en Royans	Royans	833,6	3309,1	Romans-sur-Isère	Quaternaire (terrasse)	?	14	3	partielle
Notre Dame de l'Osier	Isère (Vallée de)	842-842,125	3329,125-3330	Grenoble	Quaternaire (alluvions)	?	3	3	X
L'Albenc	Isère (Vallée de)	844,625-844,9	3330-3330,25	Grenoble	Quaternaire	Oligocène (1), Sénonien?	4	3	X
La Rivière, Bouvatière	Isère (Vallée de)	849,15	3330,25	Grenoble	Valanginien	Valanginien	4	2	X
Le Béchat 1 (Hostun)	Isère (Vallée de)	830,45	3309,3	Romans-sur-Isère	Oligocène	Indéterminé	4	1	X
Le Béchat 2 (Hostun)	Isère (Vallée de)	830,4	3309,35	Romans-sur-Isère	Oligocène	Indéterminé	9	3	X
Proposeur (Hostun)	Isère (Vallée de)	829,75	3309,6	Romans-sur-Isère	Quaternaire (alluvions)	Indéterminé	1	1	X
Les Chaumates 1 et 2 (Rochechinard)	Isère (Vallée de)	830,175-830,3	3308,95-3308,975	Romans-sur-Isère	Oligocène	Indéterminé	10	7	X
Saint Hilaire du Rosier 1	Isère (Vallée de)	829,625	3311,625	Romans-sur-Isère	Oligocène	Oligocène	3	1	X
Saint Hilaire du Rosier 2	Isère (Vallée de)	829,5	3311,65	Romans-sur-Isère	Oligocène	Oligocène	11	3	X
St-Nazaire en Royans, Roche Brune 1	Royans	829,375	3311,25	Romans-sur-Isère	Oligocène	Oligocène	3	1	X
St-Nazaire en Royans, Roche Brune 2	Royans	830,375	3311,625	Romans-sur-Isère	Oligocène	Oligocène	3	3	X

ANNEXE 3

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Col de Chironne	Vercors sud	840,9-841,1	1987-1987,2	Charpey	Barrémien	Barrémien	7	2	X
Col du Rousset	Vercors sud	841,4	286	Charpey	Barrémien	Barrémien	21	5	X
Les Faures St-Agnan-en-Vercors	Vercors sud	834,5	1993,5	Charpey	Sénonien	Sénonien	10	2	X
Léoncel	Vercors sud	825,7	1993	Charpey	Ludien - Sidérolithique	Barrémien, Sénonien	6	2	X
Bouvante, Saint Martin le colonel, Usine	Vercors sud	830,8	2002,1	Charpey	?	Sénonien	6	1	X
Ambel 1	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	11	2	X
Ambel 2	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	3	1	X
Ambel 3	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	6	1	X
Ambel 4	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	5	1	X
Ambel 5	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	6	1	X
Ambel 5 bis	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	6	1	X
Ambel 6	Vercors sud	829-834	1988-1992	Charpey	Quaternaire	Urgonien	1	1	X
Ambel Tubanet	Vercors sud	829-835	1988-1993	Charpey	Quaternaire	Urgonien	8	2	X
Couffin 2, Choranche	Vercors sud			Romans-sur-Isère	Barrémien	Barrémien	1	1	partielle
Font d'Urles	Vercors sud			Charpey	Barrémien	Barrémien	3	1	X
Essaure	Vercors sud			Mens	Quaternaire	Barrémien	4	0	partielle
Vassieux-en-Vercors	Vercors sud			Charpey	Quaternaire	Barrémien	170	4	
Chamousset Essaure	Vercors sud	855-856	3281-3282	Mens	Quaternaire	Barrémien	10	2	X
Chamousset Creusot	Vercors sud	854-855	3281-3282	Mens	Quaternaire	Barrémien	4	1	X
Pré Peyret	Vercors sud	848-849	3285-3286	Mens	Quaternaire	Barrémien	16	2	X

ANNEXE 3

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Gorges des Escharis	Diois	834,45	263,6	Die	Tithonique	Tithonique	4	1	
Mensac	Diois	852,65	269,15	Mens	?	Barrémien	33	2	
Pas de la Roche	Diois	840	1981	Crest	Tithonique	Tithonique		1	X
Les Bayles	Diois	834-835	1986-1987	Charpey	Quaternaire (éboulis)	Valanginien		1	X
Plan de Baix	Diois	823,55	282,5	Die	Bédoulien	Bédoulien	7	2	X
Glandage	Diois	858,78	270,75	Mens	Albien	Albien	5	1	
Montagne de la Varaine	Diois	860,3-861,2	3265,2-3266	Luc-en-Diois	Barrémien	Barrémien	1	1	X
Le Bes	Diois			Mens	Quaternaire (alluvions)	Barrémien	2	2	
Lesches-en-Diois	Diois	855,35	257,25	Luc-en-Diois	?	Barrémo-Bédoulien	5	2	
Le Pihon	Diois	858,5-859,5	3259,5-3260,5	Luc-en-Diois	?	Barrémien	8	2	X
Le Pihon, Montagne Chauvet	Diois	859,1	259,75	Luc-en-Diois	Turonien	Turonien	8	3	X
Menglon	Diois			Mens	?	Barrémien	11	6	non
Glandage-La Revolte	Diois	858,5-859,5	1970,5-1971,5	Mens	Bédoulien	Bédoulien	7	1	X
Les Combes, Glandage	Diois	860,65	1971,75	Mens	?	Tithonique	4	1	X
Les Combes, Glandage	Diois	859,9	1971,8	Mens	?	Valanginien	2	1	X
Glandage	Diois	858,78	1970,75	Mens	?	Barrémien	1	1	X
Glandage	Diois			Mens	?	Gargasien-Albien	5	1	X
Belle Motte	Diois	859,625	3276,5	Mens	Bédoulien	Bédoulien	9	1	X
Pente Belle Motte	Diois	859,6-859,7	3276,35-3276,65	Mens	Quaternaire, Eboulis	Bédoulien	7	1	X
Montagne de Belle Motte	Diois	859,6-859,7	3276,35-3276,65	Mens	Bédoulien	Bédoulien	3	1	X

ANNEXE 3

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Grimone	Diois	864,5	1971	Mens	Tithonique	Tithonique	7	2	X
Défilé des Gâts	Diois			Mens	Barrémien	Barrémien	3	2	X
Escharis	Diois	834,45	263,6	Die	Tithonique	Tithonique	1	1	
Bes, aval Chatillon	Diois			Mens	Quaternaire (alluvions)	Barrémien	5	3	X
Bes	Diois				Quaternaire (alluvions)	Barrémien	4	4	
Rocher de l'Aigle, Gigors et Lozeron	Diois	817,4	282	Die	Bédoulien	Bédoulien	7	1	X
Rocher de l'Aigle, Gigors et Lozeron	Diois	817,4	282	Die	?	Valanginien ?	2	1	X
Lesches en Diois	Diois	853,9-855,3	3259,750-3260	Luc-en-Diois	Quaternaire et Barrémien	Barrémo-Bédoulien	6	4	X
Pellebit	Diois	853,825	3271,1	Mens	Quaternaire (Karst) + Barrémien	Barrémien		4	X
Maumuy	Diois	842,4-842,7	3269,8-3270,1	Mens	Quaternaire (terrasses)	Barrémien	3	2	X
Craponne	Diois			Mens	Quaternaire (terrasses)	Barrémien	2	2	
Vachères	Diois	856,25-856,55	3269-3269,2	Mens	Barrémien	Barrémien	12	4	X
Boulc, Souvestrière	Diois	860,975	3264,025	Luc-en-Diois	Valanginien	Valanginien	4	1	X
Boulc, Souvestrière	Diois			Luc-en-Diois	Oligocène	en partie Turonien ?	11	4	
La Faurie	Hautes Alpes			Luc-en-Diois	?	Portlandien	2	1	
La Faurie	Hautes Alpes	868,5	258,1	Luc-en-Diois	?	Tithonique	3	2	
La Chaudière, les Jardons, Chastel Arnaud	Hautes Alpes				?	Barrémien	6	2	

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Sigottier	Buëch	867,35	244,5	Serres	Hauterivien	Hauterivien	10	2	
Lus la Croix Haute, vers "Vallaurie"	Buëch			Mens	Eocène	Sénonien ?	1	1	
Lus La Croix Haute, La Bessée	Buëch	868,7-868,9	3267-3267,25	Mens	Oligocène (conglomérat)	Sénonien ?	8	5	
Les Buis, Lus-la-Croix-Haute	Buëch	868,9-869,1	3267,55-3267,65	Mens	Quaternaire (terrasse)	Sénonien ?	13	3	partielle
La Croix Haute, Lus-La-Croix-Haute	Buëch			Mens	Oligocène	Oligocène-calcaire lacustre	2	1	partielle
Trabuech, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	869,125	3267,875	Mens	Eocène	Eocène ?	2	2	X
Corréardes, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	869,125	3268,25	Mens	Eocène	Eocène (croûte siliceuse) et autre	3	3	X
Mas Rebuffat, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	868,625	3269,25	Mens	Eocène	Sénonien ?	7	4	X
Les Miellons, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,125	3270,875	Mens	Quaternaire (alluvions)	Sénonien ?	4	2	X
La Fay, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,125	3271,75	Mens	Eocène	Eocène/Sénonien	5	3	X
Grisail, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,875-866,95	3270,125-3270,25	Mens	Quaternaire	Sénonien (?)	2	2	
Combe jaunisse 1, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,1	3272,85	Mens	Quaternaire (éboulis)	Barrémien	1	1	X
Combe jaunisse 2, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,075	3272,725	Mens	Eboulis	Sénonien	4	1	X
Combe jaunisse 3, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866	3272,8	Mens	Quaternaire (éboulis)	Sénonien	8	1	X
Serre Lazare bergerie, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,25	3273,25	Mens	Quaternaire	Sénonien	4	1	X
Le Rognon Cote Belle, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,475	3275,125	Mens	?	Sénonien ?	4	2	
Le Rognon, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	866,5	3272,3	Mens	?	Sénonien ?	4	1	
Combe jaunisse grotte, Lus-La-Croix-Haute	Buëch	865,95	3272,85	Mens	Sénonien	Sénonien	4	2	X
Petit Pénas, Le Saix	Buëch	878,825	3247,825	Gap	Hauterivien	Hauterivien	2	1	X
Tré Maroua, Le Saix	Buëch	877,8	3246,5	Gap	Hauterivien	Hauterivien	7	2	X
Le Prieuré, Le Saix	Buëch	875,2-875,3	3247,5-3247,55	Gap	Quaternaire (alluvions)	Hauterivien ?	1	1	X
Col de la Saulce	Buëch	858,1-858,45	3240,2-3240,375	Serres	Quaternaire (éboulis)	Hauterivien	1	1	X

Localisation	Secteur	Coordonnées X	Coordonnées Y	Carte géologique	Etage géologique du gîte	Formation d'origine du silex	Nbr. éch.	Nbr de types	Fiche de caractérisation
Col des Aurias	Dévoluy			St-Bonnet	Barrémien	Barrémien	1	1	
Col de la Croix, Tréminis	Dévoluy	873,2	3272,7	Mens	Quaternaire (éboulis)	Valanginien-Hauterivien	dizaines	1	X
Treminis-Col de la Croix	Dévoluy	873,2	3272,7	Mens	Tithonique	Tithonique	1	1	
La Cluse, Vallon des Aiguilles	Dévoluy	873,825	3269,9	St-Bonnet	Barrémien	Barrémien	2	1	X
La Cluse, Vallon des Aiguilles	Dévoluy	876,7	3269,2	St-Bonnet	Sénonien	Sénonien	4	1	X
La Cluse, Le Martinet	Dévoluy	879,1	3262,5	Gap	Barrémien	Barrémien	1	1	X
La Cluse, Le Vallon des Aiguilles	Dévoluy			St-Bonnet	P. secondaire	divers	25	3	
Obiou (sommets)	Dévoluy			St-Bonnet	Quaternaire (éboulis)	Sénonien	6	2	
Grotte d'Aurouze	Dévoluy	884,3	264,68	Gap	Sénonien	Sénonien	6	1	
Col du Tat 1	Dévoluy	883,5	3271,275	St-Bonnet	Quaternaire (éboulis)	?	2	1	
Col du Tat 2	Dévoluy	883,575	3371,4	St-Bonnet	Quaternaire (éboulis)	Sénonien ?	1	1	
Pélourenq	Dévoluy	883,3	3268,55	St-Bonnet	Quaternaire (éboulis)	?	1	1	
Pra de l'Aup	Dévoluy	879,225	3274,6	St-Bonnet	Quaternaire	Sénonien	2	1	
Baume de France	Dévoluy	878	3273,525	St-Bonnet	Sénonien	Sénonien	2	2	
Cascade de l'Aure, cabane de la Rama	Dévoluy	877,05	3269,45	St-Bonnet	Sénonien	Sénonien	2	1	
Serre Long	Dévoluy	879,1	3273,4	St-Bonnet	Sénonien	Sénonien	1	1	
Vallon du Fleyrard 1	Dévoluy	874,7	3271,95	St-Bonnet	Quaternaire (éboulis)	Valanginien-Hauterivien	1	1	X
Vallon du Fleyrard 2	Dévoluy	874,55	3271,9	St-Bonnet	Kimmeridgien	Kimmeridgien	2	1	X
Vallon du Fleyrard 3	Dévoluy	874,3	3271,95	St-Bonnet	Barrémien	Barrémien	1	1	X
Vallon du Fleyrard 4	Dévoluy	874,45	3271,9	St-Bonnet	Sénonien	Sénonien	1	1	X
Col de l'Aup	Dévoluy	884,7	3279,15	St-Bonnet	Sénonien	Sénonien	1	1	X
Catherine	Dévoluy	871,3	3272,3	Mens	Tithonique	Tithonique	1	1	

ANNEXE 4

Fiches de caractérisation de 135 types géologiques de silex des massifs subalpins français
Support : CD-Rom

ANNEXE 5

Illustrations photographiques de silex des massifs subalpins français
Support : CD-Rom

Réalisation C. Brunet, CRI, UPMF, clichés C. Bressy.

Remarques

Le numéro des photos correspond à celui qu'on retrouve dans le texte du chapitre 3 de la partie I. Il suffit de cliquer sur la vignette pour agrandir l'image.

Le numéro de fiche indiqué correspond à celui des fiches de l'annexe 4.

Selon les grossissements, le champ photographié correspond à :

- environ 5 mm en x16
- environ 2 mm en x40

ANNEXE 7

Description du protocole d'analyse par ICP-AES/-MS

Méthodes

Les analyses géochimiques ont été effectuées à l'Institut Dolomieu (Grenoble) sur deux spectromètres associés à des plasmas couplés par induction (ICP : *Inductively Coupled Plasma*). Cette source plasma peut être reliée soit à un spectromètre de masse, on parle alors d'ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) soit à un spectromètre d'émission atomique (ICP-AES, *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*). Chacun de ces appareils a permis l'analyse d'éléments différents.

Dans les deux cas, les plasmas couplés par induction servent à exciter par la chaleur la solution-échantillon et ioniser ses composants afin que, conduits sous forme d'ions jusqu'au spectromètre, soient déterminés qualitativement et quantitativement les éléments présents dans l'échantillon analysé.

Description des parties communes

Introduction de l'échantillon

L'échantillon, mis en solution, est entraîné par une pompe péristaltique au moyen d'un tube capillaire flexible vers un nébulisateur. Ce dernier va disperser l'échantillon en fines gouttelettes qui passent, avant leur transfert vers une torche à plasma, par une chambre à spray (fig. 1). Son rôle consiste à n'autoriser le passage qu'aux gouttelettes de diamètre inférieur à huit microns. Un courant de gaz injecte ces dernières dans le plasma. A la sortie de la chambre à spray, seul 1% de l'échantillon initialement pompé est introduit dans la torche.

La source de plasma couplée par induction

Un plasma est un volume de gaz fortement ionisé. L'argon est le plus couramment utilisé en raison de ses propriétés optiques (transparence), de son inertie thermique (pas de réaction avec les échantillons) et de sa faible conductivité thermique (la chaleur est maintenue au coeur du plasma). Des tubes de cuivre enroulés au sommet de torches et parcourus par des courants électriques oscillant dans les radiofréquences produisent un champ magnétique qui maintient le gaz dans un faible volume. C'est ce qu'on appelle le «couplage par induction». Les ions d'argon, ainsi confinés et soumis aux oscillations du champ magnétique, entrent alors en collision et la résistance à leur mouvement entraîne le chauffage ohmique du courant de gaz. Les fortes énergies ainsi produites au centre du plasma sont utilisées pour ioniser les atomes de l'échantillon à analyser.

Les torches

Le plasma est maintenu au sommet de torches constituées de trois tubes de quartz concentriques. L'échantillon est injecté au coeur de la torche, dans le tube central. Le tube externe renferme un flux d'argon refroidissant. Il permet de prévenir tout risque de fonte des parois de la torche et crée, par son introduction tangentielle, un tourbillon qui stabilise le plasma au centre de la torche (fig. 2). Les températures atteintes dans cette partie de la torche, appelée région «chaude» ou d'«induction», sont de l'ordre de 10.000 K. C'est à ce niveau que l'échantillon, issu de la chambre à spray sous la forme d'un aérosol, va être

vaporisé au niveau moléculaire et dissocié en atomes dont certains vont être ionisés.

A partir de l'ionisation de l'échantillon, il est possible de déterminer la quantité d'éléments chimiques qu'il contient. Cette détermination s'effectue au niveau du spectromètre utilisé. Le principe de fonctionnement de l'ICP-AES et l'ICP-MS diffère.

ICP-AES : Spectrométrie d'émission atomique

Les ions créés dans le plasma reviennent à leur état fondamental dans la queue de la flamme en émettant des rayonnements correspondant au réarrangement du cortège électronique et qui sont caractéristiques d'un type d'élément. Cette émission est mesurée par le spectromètre optique de l'ICP-AES. Le spectromètre est capable de séparer les différentes longueurs d'onde qui composent cette émission. L'intensité lumineuse de chaque longueur d'onde caractéristique peut être mesurée par différents types de montages en faisant appel à un système de fentes, de miroirs, de réseaux et de photomultiplicateurs.

Les spectromètres peuvent comporter des montages polychromateurs ou monochromateurs (fig. 3). Le premier type, à montage polychromateur, est composé de plusieurs photomultiplicateurs fixes. Leur position prédéterminée va conduire à la réflexion sur chacun d'eux d'un type de raie, correspondant à un élément déterminé. Il faut préciser que chaque raie, ayant un angle de réfraction différent et connu, va avoir un parcours différent et heurter un photomultiplicateur spécifique. Ce système présente l'avantage de détecter et mesurer simultanément plusieurs éléments pour un temps de comptage inférieur à deux minutes.

Les mesures d'éléments majeurs effectuées à l'Institut Dolomieu ont été réalisées sur un second type de dispositif, faisant appel à un seul photomultiplicateur. Celui-ci est combiné à un réseau mobile, rotatif. Il fonctionne de manière séquentielle par sélection d'une longueur d'onde. La lenteur des analyses est compensée par la simplicité d'utilisation et de conception de cet appareil. Nous avons effectué nos mesures sur une ICP-AES Jobin Yvon JY 24.

Limitations

Deux types de problèmes sont inhérents à ces systèmes. Le premier concerne les phénomènes de «masquage» des éléments présents en faibles proportions par ceux aux teneurs élevées. Il faut alors procéder à la séparation chimique des éléments. Le second problème est la superposition éventuelle des raies d'émissions atomiques d'éléments différents. Il peut lui aussi être résolu par la sélection d'une autre raie caractérisant le même élément.

ICP-MS : Spectrométrie de masse

A la différence de l'ICP-AES ce sont les ions générés par l'ICP qui vont être physiquement extraits du plasma et entraînés vers un spectromètre pour être séparés selon leur masse. Ils seront alors mesurés par un détecteur d'ion.

La figure 4 illustre ce type d'appareillage.

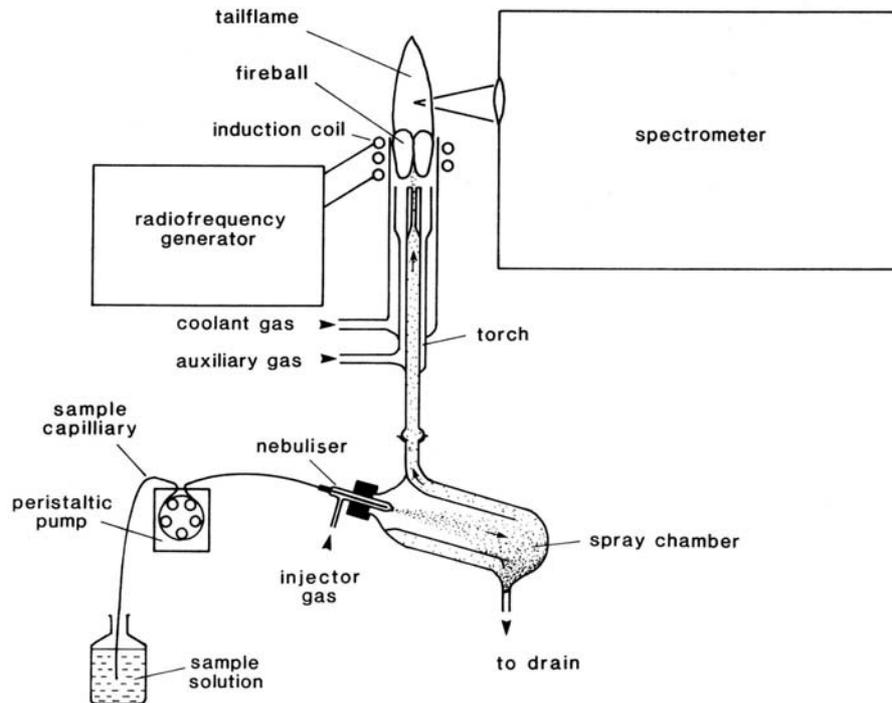


Figure 1 - Système d'introduction des échantillons en mode liquide utilisé dans les appareillages de spectrométrie ICP. D'après Jarvis et Jarvis (1992).

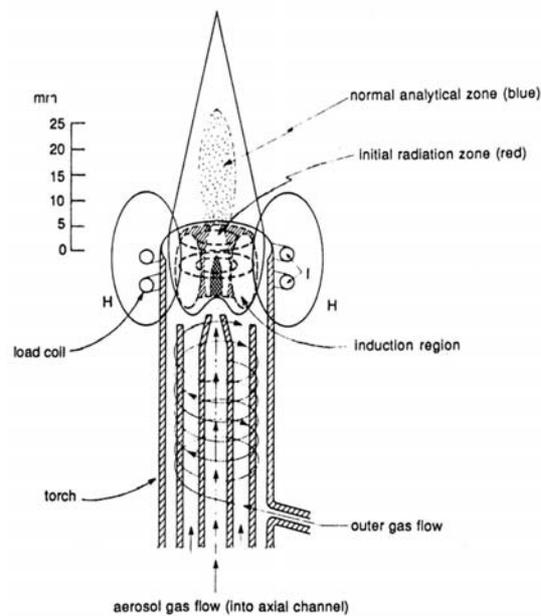


Figure 2 - Schéma d'une torche à plasma couplée par induction, des courants de gaz et du champ magnétique. D'après Jarvis *et al.* (1992).

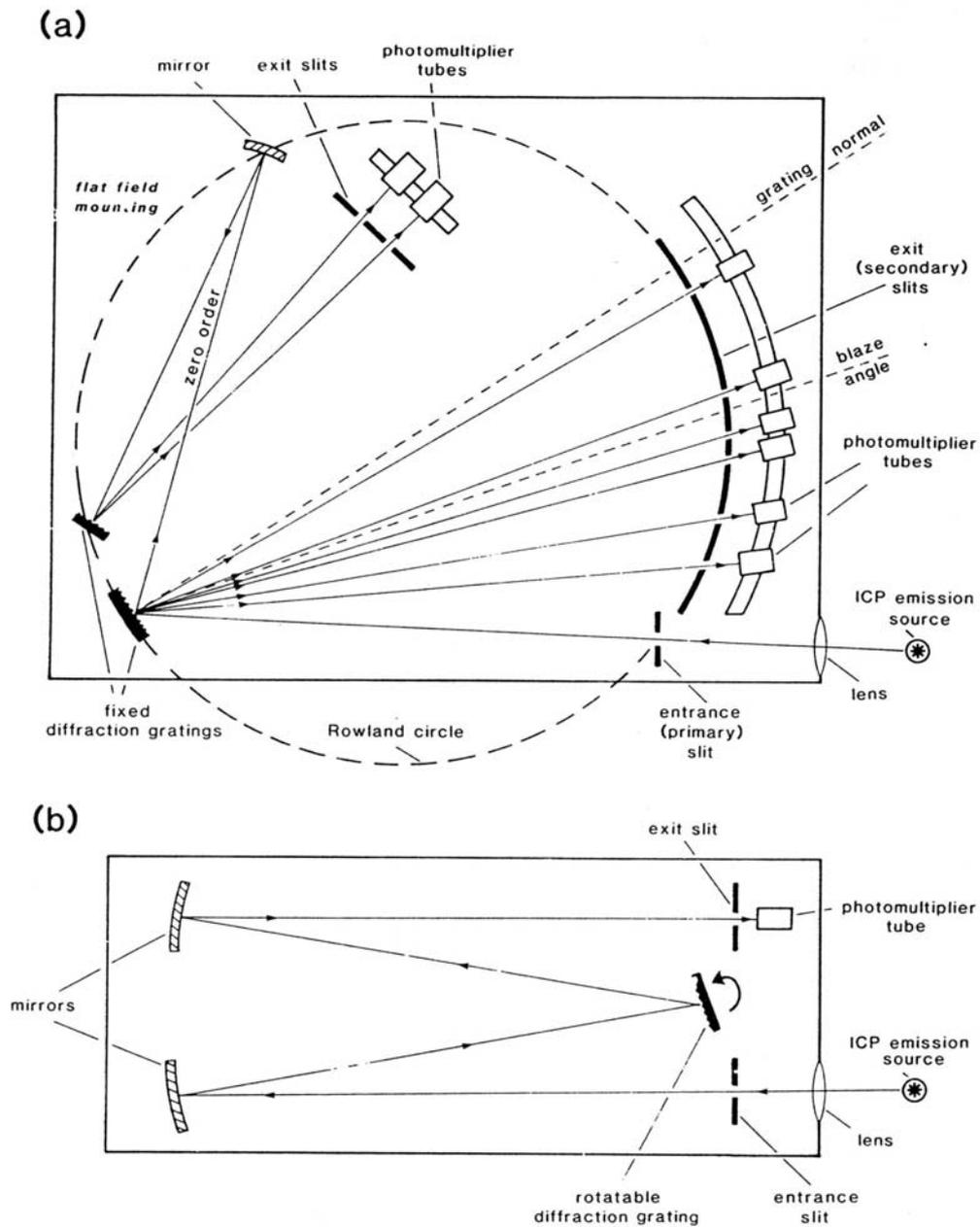


Figure 3 - Représentation des deux types de spectromètres utilisés pour l'analyse des émissions atomiques produites dans un plasma couplé par induction (ICP-AES). a) montage polychromateur ; b) montage monochromateur. . D'après Jarvis et Jarvis (1992).

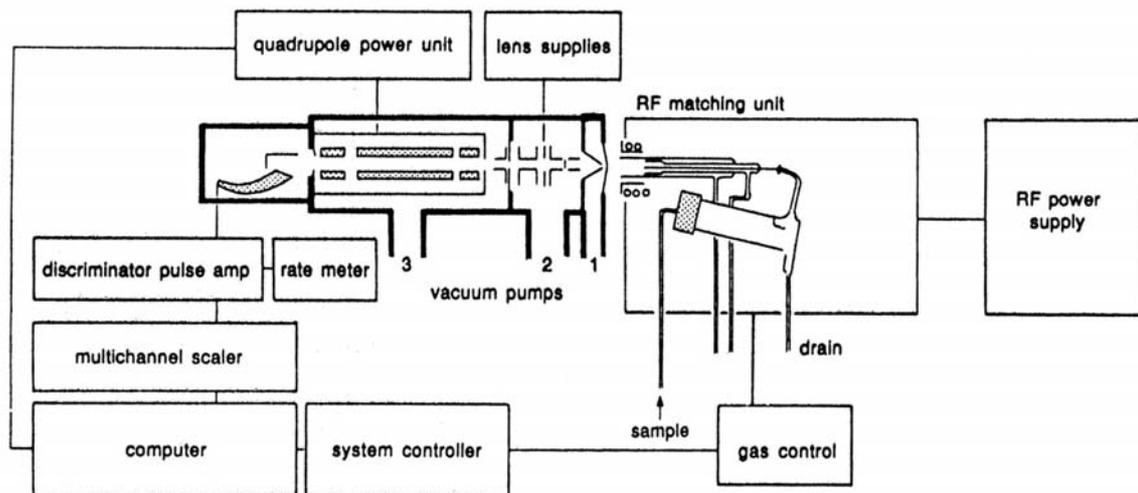


Figure 4 - Représentation générale d'une ICP-MS. D'après Jarvis *et al.* (1992).

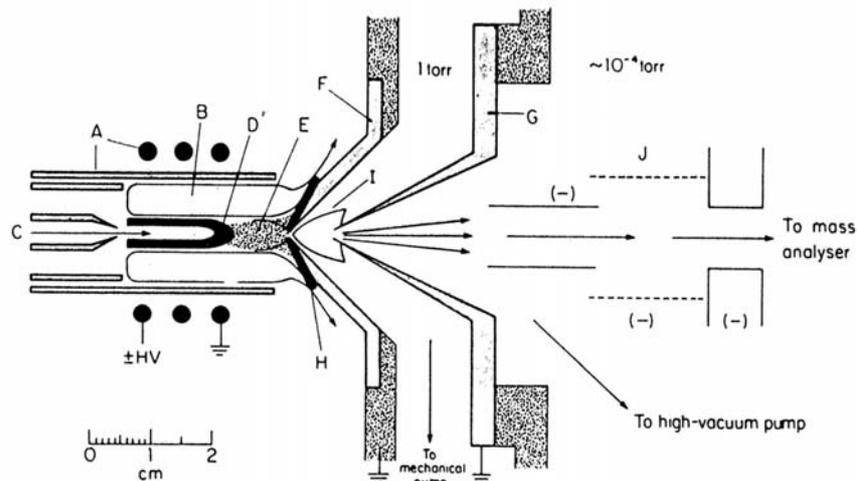


Figure 5 - Interface d'échantillonnage d'une ICP-MS. A : torche et enroulement inductif ; B : région où règne l'induction ; C : flux de gaz transportant l'échantillon sous forme d'aérosol ; D : zone de radiation initiales ; E : zone d'analyse normale ; F : cône échantillonneur ; G : (écumoire ou skimmer) ; H : couche frontière du gaz ICP "déflecté" hors du cône échantillonneur ; I : jet supersonique ; J : lentilles électromagnétiques. D'après Jarvis *et al.* (1992).

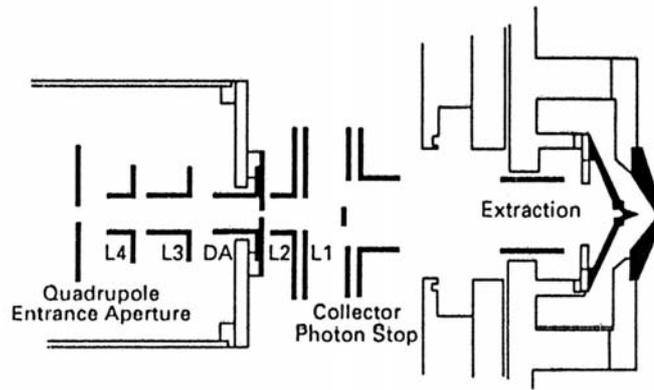


Figure 6 - Dispositif de lentilles électromagnétiques destiné à la focalisation du faisceau d'ions issu du système d'extraction. D'après Jarvis *et al.* (1992).

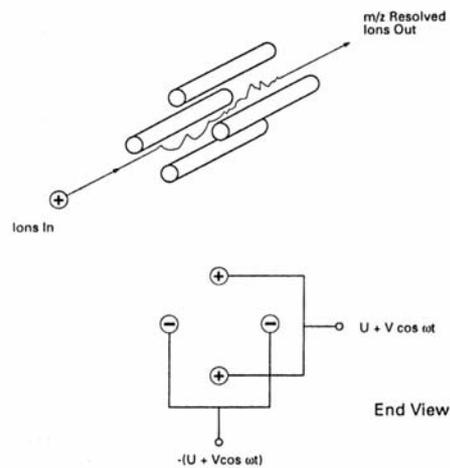


Figure 7 - Représentation des quatre tiges polarisées d'un spectromètre de masse à quadrupôle, montrant la trajectoire de l'ion le traversant. Une vue en coupe indique les tensions appliquées à chaque tige. D'après Jarvis *et al.* (1992).

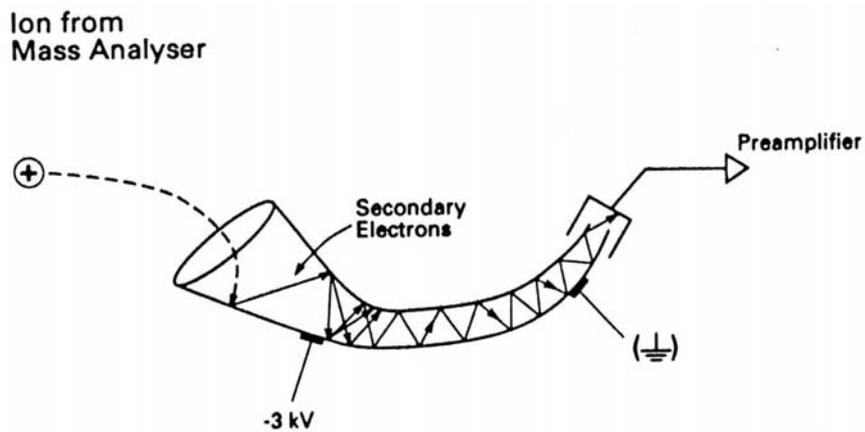


Figure 8 - Principe de fonctionnement d'un photomultiplicateur d'électron "channeltron". D'après Jarvis *et al.* (1992).

Extraction des ions

A l'interface entre la torche à plasma et le spectromètre se trouvent deux éléments clés, deux cônes en nickel qui vont permettre le transfert de l'échantillon entre le plasma et le spectromètre (fig. 5). Les ions passent dans un premier temps au travers du cône échantillonneur. Celui-ci les fait accéder à une chambre où règne un vide primaire dans laquelle le gaz, en se détendant, crée un jet supersonique qui entraîne les ions vers le second cône, l'«écumoire», en quelques microsecondes. Sur une si courte durée, la nature et la proportion entre les ions n'ont pas eu le temps de se modifier.

Le diamètre des deux cônes est inférieur à 1 mm afin d'empêcher le passage d'oxydes qui ont pu se former par interaction entre plasma et cône.

Les lentilles électrostatiques

A la sortie du second cône, le faisceau d'ions est focalisé vers l'ouverture du spectromètre de masse par un jeu de lentilles électromagnétiques (fig. 6). Le dispositif comprend un disque central destiné à stopper les photons produits dans le cœur du plasma, dans le but d'éviter qu'ils n'atteignent le détecteur d'ions qu'ils risqueraient d'endommager.

Spectromètre de masse

Il s'agit d'un spectromètre à quadrupôle qui agit comme un filtre de masse. Le quadrupôle (fig. 7) est constitué de quatre baguettes de métal parallèles, à équidistance d'un axe. Les tiges diamétralement opposées sont interconnectées électriquement. L'une des paires est parcourue par des tensions continues opposées (U) et la seconde par des tensions alternatives (V), en opposition de phase. La possibilité de faire varier le champ électrique ainsi créé permet de sélectionner les ions qui vont pouvoir traverser en ayant un chemin stable. En effet, chaque ion peut être défini par un rapport masse sur charge (m/Z) particulier. En choisissant la tension qui parcourt les baguettes, les ions de rapport m/Z voulu seront maintenus en équilibre dans le champ magnétique et conduits vers l'autre extrémité du quadrupôle. Les autres ions seront déviés et perdus.

La détermination des ions s'opère donc de façon séquentielle : les masses sont choisies les unes après les autres en faisant varier les tensions. Cette opération s'effectue rapidement, avec un temps de 0,01 s par m/Z analysé. Les balayages sont répétés sur les régions de m/Z choisies afin de vérifier la reproductibilité et d'augmenter la précision de l'analyse.

Détection et comptage des ions

La détection des ions se fait à l'aide d'un multiplicateur d'électrons «Channeltron» (fig. 8) placé à la sortie du quadrupôle. Il se présente sous la forme d'un tube de verre s'ouvrant en cône à l'une de ses extrémités. L'intérieur de ce tube est métallisé avec un oxyde de plomb semi-conducteur. Afin de détecter les ions positifs, le cône est polarisé avec un fort potentiel négatif (-3 kV). Ce système permet d'attirer les ions sur le cône.

Afin de comptabiliser les ions qui sortent du quadrupôle, il est nécessaire d'amplifier le signal de l'ion qui heurte le cône. Cette amplification est produite par des électrons. En effet, lorsque l'ion touche l'intérieur du tube, plusieurs électrons secondaires sont libérés. Ceux-ci vont à leur tour heurter les parois du tube et d'autres électrons secondaires

seront émis. Le phénomène se répète jusqu'à ce que les électrons sortent du tube.

Ainsi, pour chaque ion frappant l'entrée du détecteur est obtenu un pulse produit par quelques milliers d'électrons à la sortie du collecteur. Ce pulse sera traité puis enregistré. Seuls les signaux d'amplitude supérieure à un certain seuil sont pris en compte afin de ne pas comptabiliser ceux qui proviennent d'effets parasites.

Les mesures ont été réalisées à l'Institut Dolomieu, sur une ICP-MS Fisons Plasma Quad turbo 2+. Afin d'éviter toute contamination des solutions, l'appareil est installé dans une salle propre (air filtré, surpressurisé, avec un accès via un sas).

Préparation des échantillons pour les ICP*Sciage*

Chacun des échantillons de silex choisis a été scié de façon à en extraire un fragment central. Il s'agissait de retirer toutes les zones superficielles du silex, exposées aux agents atmosphériques, patinées ou corticales, afin de disposer pour l'analyse d'une partie siliceuse non altérée, à la composition en éléments chimiques a priori non modifiée.

Les échantillons ont été découpés à l'aide d'une scie diamantée, sous un flux d'eau continu. Le silex se révèle plutôt imprévisible au sciage en raison des diaclases quelquefois présentes dans le silex.

Une partie des nodules sur lesquels ont été prélevés les échantillons a été conservée afin de servir à la confection d'éventuelles lames-minces.

Le volume des fragments sciés est resté réduit (quelques cm³) en raison de la très faible quantité qui devait être récupérée pour les analyses. Les morceaux ont été rincés à l'eau afin d'enlever une partie des particules indésirables qui se seraient déposées au cours du sciage.

Un échantillon d'environ 100 g a également été prélevé sur un nodule de silex (Bourg-de-Dessus n°0) pour être broyé en fine poudre (d'une granulométrie d'environ 40 microns) dans un mortier en agate. Cette poudre, analysée plusieurs fois, a servi à vérifier la reproductibilité et la dispersion des valeurs obtenues au cours des différentes séries de manipulations sur l'ICP-MS et l'ICP-AES.

Broyage et tri

La phase du broyage intervient à la suite du rinçage. Pour ce travail une masse et une enclume ont été utilisées. L'échantillon scié est enroulé dans plusieurs couches de papier de manière à d'une part éviter tout contact contaminant entre le silex et la masse, et d'autre part à ne pas éparpiller les grains. Le silex est broyé jusqu'à obtention d'une quantité de grains millimétriques suffisante pour permettre le prélèvement de 200 mg de silex. La contamination produite par le sciage étant importante, les grains de silex ont été triés sous la loupe binoculaire. Ainsi, seuls les grains dont les facettes ne présentent pas de traces de sciage sont récupérés. Lors de la manipulation des grains, des outils en plastique ont été préférés à des pinces en fer, qui aurait laissées des traces sur le silex. Les «poudres» ainsi obtenues, constituées de grains d'un ou deux millimètres, sont conservées dans des boîtes en plastique. L'ensemble des échantillons a suivi ce protocole de préparation.

Faisant suite à ce travail de préparation des échantillons, la phase de mise en solution a pu être entamée.

Mise en solution

Les échantillons ont été enregistrés sous un numéro de laboratoire. Pour chacun d'entre eux, 100 mg ont été mis en solution. La même quantité de matière a été pesée pour la poudre de silix standard qui a constitué deux échantillons à chaque série d'analyse. Dans chaque série d'analyse sont inclus trois à quatre échantillons d'étalons internationaux (BHVO-1, RGM-1, BIR-1, WSE). Les concentrations obtenues sur ces standards (Govindaradju, 1994) ont servi à vérifier la précision des analyses. Un «blanc» d'acide est également préparé et joint aux autres échantillons. Il sera le témoin de la composition chimique des acides ayant servi à dissoudre les poudres de silix. Sa composition sera déduite lors des calculs de concentration finaux.

L'ensemble des étapes de préparation chimique est effectué en salle propre afin d'éviter toute contamination des solutions.

Les échantillons ont ensuite subi une attaque perchloro-fluorhydrique. Dans chaque flacon en Téflon a été versé l'équivalent d'un doigt d'acide fluorhydrique (HF) et dix gouttes d'acide perchlorhydrique (HClO₄). Le premier attaque les silicates. La dissolution s'opère durant 48 h, les tubes ayant été placés sur une plaque chauffante réglée à la température de 100/120°C. Durant ce temps, la silice forme avec le fluor une molécule, du fluorure de silicium (SiF₄), volatil, qui sera évaporé lors de l'ouverture des flacons. L'évaporation à sec, effectuée sur plaque chauffante, dure environ 24 h. Le résidu solide alors obtenu est repris avec du HCl 6N jusqu'à l'obtention de 30 mg de solution, transférée dans des tubes plastique neufs. Une goutte d'HF servant à stabiliser la solution et éviter la réprécipitation de certaines phases est ajoutée.

Cette solution constitue la solution-mère. Elle sera par la suite utilisée pour chacune des analyses conduisant à la détermination des éléments traces et des éléments majeurs.

A chaque étape du processus expérimental, les solutions et les tubes les contenant ont été pesés afin de connaître la masse de l'échantillon qui intervient dans les calculs finaux.

Déroulement des analyses

Le protocole expérimental a été mis au point par Jean-Alix Barrat (Maître de conférence, Angers). Il permet d'obtenir en un seul passage des données pour tous les éléments traces, REE inclus, sans séparation sur colonnes (Barrat *et al.*, 1996).

La détermination en ICP-MS des éléments traces a demandé le prélèvement d'une partie de la solution-mère, appelée aliquote, qui correspond à 20 mg environ de l'échantillon initial auquel est ajouté 5 ml de solution de Thulium (Tm). Il s'agit de «spiker» ou doper l'échantillon avec une quantité connue de solution de Tm, élément chimique appartenant au groupe des REE. Elle est versée dans un bécher en Téflon. Ce dernier est placé sur une plaque chauffante réglée à 120°C pour quelques heures. Le résidu obtenu après cette évaporation à sec est repris avec 5 gouttes d'acide nitrique (HNO₃) et 5 ml d'eau bidistillée, ajoutés avec une seringue. Le taux de dilution est extrêmement faible en raison de la très petite quantité d'éléments traces contenus dans les silix. Cette solution peut alors être analysée en ICP-MS. Trois runs (passages) de 50 secondes par échantillon suffisent à la détermination de tous les éléments sélectionnés. Un gain de temps considérable est apporté par cette méthode. Un des standards internationaux mis en solution, BHVO 1, qui n'est pas spiké, est mesuré tous les 4 échantillons. Il sert à corriger les dérives analytiques.

Les teneurs en éléments traces seront ensuite calculées en utilisant le montant de Tm ajouté. Le taux de Tm provenant de l'échantillon peut être obtenu par calcul. Les concentrations des autres éléments traces, REE compris, sont obtenues en dérivant leur signal par rapport à celui du Tm, en faisant intervenir la masse du spike. Ainsi, en «dopant» l'échantillon avec une solution de REE, Tm en l'occurrence, la précision des résultats pour les REE est augmentée.

Les analyses en ICP-AES ont été effectuées uniquement pour trois séries d'échantillons mesurées avant 1998, le début de la Thèse. Ce sont les solutions-mères, concentrées, dont le facteur de dilution est inférieur à 300 qui ont été analysées. Lorsque nous obtenions des teneurs élevées pour certains échantillons, nous analysions à nouveau les solutions diluées de ces mêmes échantillons. Pour ces dernières, l'aliquote prélevée (équivalente à 20 mg d'échantillon) est diluée à l'eau distillée. Le facteur de dilution est inférieur à 1000.

Ainsi, si le passage à l'ICP est rapide, la phase de préparation des échantillons (broyage, tri, mise en solution) est par contre relativement longue.

ANNEXE 8

Données analytiques : résultats des analyses d'échantillons géologiques et archéologiques de silex par ICP-AES/MS

SOURCES DE SILEX SENONNIEN - VERCORS															
	GR 1	GR 2	GR 3	La Conv. 4	La Conv. 5	La Conv. 6	La Conv. 7	La Conv. 8	La Conv. 9	Les Gey. 10	Les Gey. 11	Les Gey. 12	FdR 13	FdR 14	Les Gir. 15
	953	954	407	45	97	SLD	86	82	184	143	77	281	127	31	138
P ₂ O ₅	1127	1067	934	343	305	721	751	371	432	631	332	349	406	486	310
Fe ₂ O ₃	121	88	26	45	31	26	55	15	26	26	52	26	56	72	26
TiO ₂	2181	1572	1327	1134	806	1103	1434	403	1760	877	930	1017	1365	1123	915
Al ₂ O ₃	140543	203998	3724	99037	89992	1192	29360	2586	1432	816	423	591	470	356	538
CaO	527	464	282	210	182	243	425	39	103	207	74	177	278	235	100
Na ₂ O	1000	912	354	380	374	341	361	300	456	427	325	877	357	400	895
K ₂ O	0,82	0,64	0,19	0,53	0,50	0,07	0,26	0,10	0,15	0,31	0,13	0,05	0,14	0,17	0,05
Co	2,62	2,29	0,98	0,81	0,60	0,55	0,75	0,25	1,73	0,89	0,59	0,66	0,39	0,46	0,66
Rb	160,15	350,10	12,31	137,18	104,76	5,28	48,06	27,34	30,05	16,58	45,52	35,35	4,01	3,56	59,89
Sr	4,37	5,12	2,58	1,08	0,68	0,24	0,39	0,36	0,48	0,33	0,42	0,50	0,63	0,23	0,37
Y	1,23	2,96	1,51	1,31	0,17	1,42	0,70	SLD	1,86	1,74	0,49	0,78	0,80	1,55	4,69
Zr	0,15	0,27	0,21	0,11	0,05	0,14	0,12	0,02	0,19	0,17	0,09	0,10	0,18	0,18	0,12
Nb	8,34	5,70	4,25	13,51	10,99	9,83	9,28	174,33	94,57	22,77	17,19	14,52	28,13	10,78	14,78
Ba	-	0,06	0,03	-	-	0,04	-	-	0,05	0,03	-	0,02	-	-	0,16
Hf	-	0,01	0,01	-	-	0,01	-	-	0,03	0,00	-	0,00	-	-	0,00
Ta	0,46	-	-	0,24	0,21	-	0,68	0,32	-	-	0,32	-	1,13	0,57	-
Pb	0,21	0,17	0,11	0,10	0,11	0,14	0,15	0,06	2,66	0,19	0,11	0,15	0,14	0,13	0,17
Th	6,08	27,46	4,58	0,32	0,64	10,13	5,10	1,75	8,93	7,47	0,94	0,91	1,94	0,68	0,63
U	2729,57	2744,38	1188,77	599,75	453,93	199,32	460,73	258,32	324,06	172,25	294,27	361,13	439,14	258,24	273,07
La	2239,32	2143,09	1160,92	591,93	596,10	538,25	648,18	377,18	631,71	363,96	510,42	616,64	578,25	570,69	586,62
Ce	531,09	552,11	291,16	110,03	90,92	52,41	86,14	58,05	80,59	42,71	75,08	103,74	101,78	57,37	77,76
Pr	2137,72	2146,50	1191,48	433,03	340,82	195,90	314,35	230,68	304,54	167,96	286,07	404,97	404,35	206,25	294,38
Nd	388,99	410,18	227,26	82,06	64,27	37,79	56,70	46,79	61,46	35,94	58,20	83,50	80,36	37,55	61,33
Sm	92,13	91,20	51,56	21,45	13,96	6,27	10,94	23,51	13,98	7,67	14,07	17,08	19,55	7,01	11,43
Eu	458,29	444,15	236,71	100,27	66,31	30,65	56,02	48,39	54,38	33,13	58,41	69,10	80,21	36,09	45,77
Gd	68,96	69,04	36,17	15,95	10,04	4,75	8,24	6,95	8,77	5,44	8,81	10,65	11,86	5,78	7,54
Tb	428,15	447,74	220,95	98,29	59,87	29,83	48,00	43,16	56,69	40,13	52,47	68,51	68,39	34,99	46,75
Dy	94,76	101,01	45,97	22,92	13,55	6,14	10,00	9,25	11,87	8,53	10,89	13,53	14,38	7,37	9,62
Ho	257,55	271,28	119,90	66,87	38,04	15,75	26,86	26,42	34,32	24,72	29,94	36,24	40,31	21,11	25,62
Er	193,84	212,51	87,05	54,02	29,28	17,93	23,98	22,10	30,87	24,19	25,24	29,05	31,40	22,08	25,31
Yb	29,64	32,64	13,00	8,89	4,70	2,96	3,47	3,78	5,09	3,48	3,91	4,41	4,67	3,31	4,29
Lu															

Remarque

Les teneurs en éléments analysés par ICP-AES et en éléments traces sont exprimées en ppm (partie par million) et les teneurs en éléments terres rares en ppb (partie par billion).

SOURCES DE SILEX SENONIEN - VERCORS															
	Les Gir. 16	Les Gir. 17	Les Gir. 18	Les Gir. 19j	Les Gir. 19n	Les Gri. 20	Les Gri. 21	Les Gri. 22	Les Gri. 23	BdD 24	BdD 25	BdD 26	Cx Ch. 27	Cx Ch. 28	Cx Ch. 29
	71	70	76	277	1309	10	109	41	75	SLD	264	223	90	186	63
P ₂ O ₅	139	358	453	552	2826	324	969	470	339	198	458	488	304	330	454
Fe ₂ O ₃	8	31	77	26	26	28	25	26	26	26	26	26	26	26	26
TiO ₂	336	809	1640	687	560	674	586	751	378	420	261	673	765	546	760
Al ₂ O ₃	271	1101	1032	34461	11427	302	565	2079	583	440	518	352	458	486	553
CaO	73	74	225	100	100	91	73	100	100	100	100	100	100	100	100
Na ₂ O	306	325	412	630	554	336	254	495	554	549	743	504	936	568	501
K ₂ O	0,19	0,19	0,14	0,44	4,31	0,09	0,43	0,13	0,09	0,04	0,15	0,05	0,01	0,05	0,03
Co	0,15	0,40	0,97	0,37	0,24	0,35	0,35	0,84	0,33	0,37	0,28	0,62	0,63	0,48	0,54
Rb	4,87	26,69	32,54	17,99	17,93	3,41	5,03	5,33	2,53	2,05	1,08	6,03	28,46	21,66	20,66
Sr	0,21	0,28	0,28	0,77	1,30	0,09	0,18	0,26	0,24	0,03	0,22	0,16	0,55	0,50	0,75
Y	-	-	1,07	0,61	0,87	0,39	0,13	0,65	0,50	1,00	1,00	1,56	0,63	1,17	1,04
Zr	0,03	0,06	0,13	0,06	0,08	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,09	0,11	0,08	0,11
Nb	10,22	11,05	21,59	15,39	9,49	6,99	5,77	5,49	4,53	5,93	3,50	4,40	6,38	8,56	8,67
Ba	-	-	-	0,01	0,02	-	-	0,01	0,01	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02
Hf	-	-	-	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ta	0,29	0,26	0,21	-	-	0,27	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,04	0,09	0,15	0,04	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,12	0,06	0,06	0,09	0,06	0,09
Th	1,72	0,62	2,80	1,38	3,19	2,51	0,87	0,98	0,57	2,80	2,70	2,06	2,30	1,12	1,27
U	136,03	245,61	263,84	407,11	431,13	69,92	171,64	125,70	128,09	320,11	138,69	139,57	276,78	228,99	370,00
La	175,57	496,89	504,54	420,16	416,64	154,51	241,17	186,86	187,50	586,56	278,77	180,02	460,74	362,39	525,01
Ce	35,07	61,21	66,58	81,11	77,69	16,46	48,81	41,13	40,73	77,69	37,50	41,86	68,29	59,04	94,26
Pr	147,75	225,17	261,10	304,45	319,59	61,12	179,52	167,23	171,16	292,70	152,21	144,00	281,14	235,11	386,60
Nd	28,89	44,98	49,91	57,18	65,25	11,77	38,55	36,48	36,06	51,12	29,92	28,24	55,95	47,28	73,50
Sm	6,73	9,68	10,57	13,90	14,43	2,73	7,90	8,23	8,42	5,93	6,45	5,55	12,55	10,47	16,57
Eu	29,54	41,91	46,68	58,76	75,62	11,02	34,05	32,26	32,01	40,98	30,86	20,93	50,31	45,14	68,19
Gd	4,11	6,80	6,84	9,46	11,86	1,76	5,24	4,94	5,21	6,11	4,34	3,63	7,82	7,07	11,32
Tb	23,83	38,08	36,85	62,21	81,89	10,59	27,69	29,62	27,78	35,79	26,26	22,80	49,66	46,27	73,40
Dy	5,05	8,49	8,01	14,62	20,34	2,31	5,20	5,93	5,74	7,16	5,41	4,70	11,00	9,96	15,47
Ho	12,56	22,16	22,41	39,39	57,92	7,33	14,07	13,42	13,38	16,69	12,76	13,67	28,28	26,53	40,85
Er	9,29	19,55	20,31	32,59	49,75	7,58	13,77	11,60	10,04	12,13	10,58	16,57	21,51	22,36	31,83
Yb	1,57	3,13	3,11	5,33	8,29	1,18	2,17	1,65	1,52	1,87	1,47	2,67	3,03	3,30	4,93
Lu															

	Les Roux 1	Roch. 2	Roch. 3	Roch. 4	Roch. 5	Roch. 6	Roch. 7	Roch. 8	CCXP 10	CCXP 10a	CCXP 10b	CCXP 10c	CCXP 11	CdRom. 12	CdRom. 13	CdRom. 14	CdRom. 15	Revon 16	Revon 18
Co	0,23	0,35	0,23	0,10	0,04	0,07	0,08	0,12	0,23	0,11	0,12	0,10	0,06	0,04	0,06	0,22	0,12	0,33	0,10
Rb	0,66	0,54	0,34	0,25	0,47	0,17	0,30	0,65	0,38	0,60	0,27	0,57	0,31	0,19	0,34	0,25	0,35	0,46	0,33
Sr	15,85	18,96	16,38	1,32	8,89	3,53	9,78	12,34	3,66	2,30	2,61	2,07	2,19	0,59	1,18	7,60	5,16	1,48	2,34
Y	0,18	0,54	0,17	0,37	0,26	7,89	7,40	0,18	0,84	0,68	0,82	0,62	0,22	0,14	0,38	0,57	1,80	0,22	1,43
Zr	1,53	0,85	0,90	0,94	1,31	0,49	1,93	0,99	0,33	0,47	0,70	0,62	1,73	0,12	0,05	0,10	0,62	0,28	0,56
Nb	0,10	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,09	0,05	0,06	0,01	0,01	0,02	0,08	0,04	0,05
Ba	3,22	3,63	29,37	1,49	6,74	1,38	2,30	31,42	6,36	4,15	4,29	2,84	3,26	0,81	1,11	0,50	8,07	4,52	2,01
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,29	0,76	0,35	0,29	0,49	1,43	0,39	0,23	0,41	0,12	0,28	0,11	0,11	0,21	0,38	0,14	0,11	0,28	0,14
Th	0,12	0,11	0,07	0,05	0,11	0,06	0,09	0,10	0,08	0,08	0,13	0,07	0,08	0,03	0,04	0,05	0,11	0,07	0,08
U	0,74	0,53	1,32	0,75	0,36	0,59	0,37	0,30	1,17	0,99	1,09	1,19	0,89	2,49	2,81	1,65	0,61	1,24	0,91
La	224,41	239,21	112,62	91,62	430,67	1989,83	2546,00	138,95	529,37	390,71	559,22	359,51	134,60	100,71	237,88	365,92	185,84	154,92	1354,89
Ce	426,60	316,16	203,81	120,23	706,49	564,85	694,04	221,60	523,56	439,92	669,21	416,67	281,32	185,21	338,80	349,00	321,16	351,97	683,43
Pr	51,68	75,05	26,53	21,29	110,53	462,09	554,71	33,96	118,11	92,44	125,09	87,95	40,42	24,18	54,93	65,56	51,47	44,44	201,06
Nd	190,83	290,96	103,91	85,56	401,14	2004,58	2400,29	130,47	472,61	401,39	519,38	373,91	167,87	95,23	218,53	245,15	221,50	177,03	756,42
Sm	37,00	74,47	21,74	20,85	71,19	430,89	542,34	25,50	89,77	81,10	98,08	75,04	33,79	18,87	44,68	47,63	61,13	38,24	131,98
Eu	6,62	15,52	4,72	4,79	12,19	92,67	131,52	6,48	19,11	17,56	19,75	16,24	7,38	3,98	10,24	10,35	8,81	7,82	27,96
Gd	30,97	75,25	20,66	25,73	53,73	593,91	698,38	26,17	97,10	88,39	102,17	80,01	31,37	19,25	47,57	54,92	107,73	35,46	152,51
Tb	4,47	14,41	3,11	5,05	7,60	95,01	105,13	3,95	14,35	13,60	16,00	12,79	4,87	2,87	7,12	8,07	25,94	5,41	21,07
Dy	24,28	88,14	19,45	34,15	38,64	624,35	634,50	23,55	83,94	84,34	96,00	77,61	27,99	15,87	41,30	48,55	212,23	31,08	120,53
Ho	4,69	16,87	4,23	7,43	7,13	136,11	134,35	5,19	18,25	17,92	20,98	16,10	5,78	3,21	8,71	10,42	49,86	5,94	25,13
Er	12,57	49,05	11,63	21,89	18,19	356,50	348,83	15,37	46,63	46,82	55,71	43,14	16,13	8,85	21,86	26,23	147,26	15,68	65,46
Yb	14,70	57,12	12,13	20,22	17,49	224,65	224,69	14,73	33,27	32,33	40,20	29,66	15,85	9,02	20,59	21,15	110,73	14,69	42,68
Lu	2,14	8,67	1,80	2,90	2,57	31,45	33,08	2,46	4,84	4,55	5,69	4,37	2,69	1,43	3,19	3,33	14,80	2,28	6,48

	LA GRANDE-RIVOIRE - SOURCE												
	GR991	GR992	GR993	GR994	GR995	GR996	GR997	GR998	GR999	GR9910	GR9911	GR9912	GR9913
Co	1,15	0,94	0,82	0,23	0,33	0,22	0,25	0,27	0,31	0,77	1,07	0,96	0,82
Rb	2,47	2,42	2,71	0,68	1,24	1,03	1,28	0,62	0,84	2,45	1,90	2,99	1,80
Sr	262,79	151,72	126,29	11,56	23,55	10,56	11,61	10,12	15,60	134,48	243,71	126,69	107,26
Y	5,28	4,96	5,21	2,42	2,49	2,44	2,29	1,88	2,38	4,26	4,28	4,38	3,03
Zr	2,77	2,80	3,21	1,36	1,98	1,26	1,52	1,26	1,67	2,83	1,75	3,20	2,01
Nb	0,33	0,28	0,28	0,13	0,17	0,14	0,17	0,14	0,19	0,28	0,22	0,29	0,19
Ba	6,85	5,85	8,76	2,70	8,14	2,26	2,49	3,12	6,31	9,16	7,01	9,28	4,18
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	0,22	0,25	0,20	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,13	0,19	0,16	0,24	0,15
U	6,18	10,19	27,92	1,38	1,77	2,33	2,12	2,24	2,22	27,92	20,51	19,15	3,13
La	3614,85	3383,42	3238,11	1561,75	1528,64	1523,47	1400,96	1192,30	1384,13	2648,06	2698,53	2910,11	1915,09
Ce	2800,02	2994,02	2549,49	1309,60	1314,62	1335,15	1210,98	1039,14	1165,23	2241,27	2047,72	2556,03	1606,55
Pr	713,10	698,13	650,66	328,58	320,32	323,17	292,46	262,56	307,17	547,54	519,78	608,73	410,14
Nd	2773,65	2741,28	2567,18	1326,85	1290,90	1305,97	1200,74	1070,40	1257,02	2150,61	2001,21	2372,92	1626,54
Sm	521,15	511,31	477,09	247,05	240,15	246,39	223,80	201,47	240,82	401,81	373,04	442,57	305,60
Eu	118,32	110,93	110,78	57,20	55,60	56,52	51,54	46,83	56,17	93,27	85,98	100,99	70,08
Gd	520,48	507,73	500,53	257,07	248,47	257,28	238,96	206,66	251,93	414,66	383,32	452,51	309,14
Tb	83,34	79,38	77,43	39,61	37,78	39,35	36,82	32,13	38,75	65,54	61,29	70,49	48,42
Dy	535,83	494,15	496,13	246,66	237,70	243,61	231,65	197,27	243,44	414,47	397,10	446,81	306,65
Ho	120,44	108,79	109,01	54,09	52,39	53,52	50,88	42,89	53,34	90,79	89,50	97,85	66,10
Er	331,26	293,46	298,34	144,04	140,37	142,07	136,22	114,68	143,76	249,01	252,57	259,39	177,41
Yb	250,08	211,14	212,36	104,77	98,73	101,58	98,35	84,42	103,34	175,94	192,59	192,42	126,24
Lu	38,42	32,02	32,28	15,74	15,17	15,50	15,01	12,92	15,74	26,53	29,62	28,91	19,02

SOURCES DE SILEX SENONIEN - CHARTREUSE													
	GxH 1	GxH 2	GxH 3	GxH 7	GxH 9	CIB B2	CIB E2	CIB F1	RdE A	LNa II A3	LNa II B2	LNa I A1	LNa I B4
Co	0,11	0,04	0,18	0,11	0,13	0,07	0,08	0,03	0,04	0,02	0,01	0,04	0,03
Rb	0,75	0,53	0,35	0,26	0,28	0,38	0,36	0,59	0,38	0,30	0,58	0,32	0,42
Sr	4,33	4,79	3,09	3,35	3,99	15,78	5,37	6,77	4,73	9,08	4,57	4,48	3,63
Y	1,98	1,38	0,51	0,05	0,65	2,41	0,52	0,52	0,87	0,27	0,26	0,20	0,75
Zr	0,99	0,64	0,51	0,66	0,58	1,28	0,56	2,65	0,61	1,26	1,40	0,89	0,54
Nb	0,17	0,09	3,02	0,09	0,08	0,17	0,10	0,20	0,10	0,10	0,07	0,10	0,04
Ba	7,33	11,73	2,90	2,63	3,11	1,85	10,46	17,54	7,78	11,18	15,94	15,74	6,53
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,23	0,19	0,56	0,42	0,42	0,25	1,01	0,60	0,91	0,29	0,53	0,20	0,09
Th	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,09	0,04	0,09	0,10	0,09	0,06
U	0,38	0,37	1,06	1,55	1,68	0,68	0,65	0,93	0,77	0,44	0,11	0,44	0,16
La	673,19	222,26	606,36	632,64	961,48	155,89	264,23	305,18	738,53	136,35	533,70	156,14	360,84
Ce	666,50	280,54	823,30	636,71	873,26	194,57	SLD	442,97	1457,25	375,06	487,28	238,23	427,57
Pr	134,60	79,83	250,33	205,50	284,78	60,91	80,71	69,71	346,79	38,96	96,93	34,54	88,02
Nd	496,43	333,66	1069,39	750,62	1051,96	269,67	344,37	254,70	1248,99	152,79	345,10	142,26	392,01
Sm	98,60	83,47	245,82	129,72	181,72	83,14	98,81	53,15	237,02	34,70	63,54	27,36	80,91
Eu	20,74	15,56	63,25	21,17	30,62	20,17	21,19	8,39	41,12	7,50	12,06	5,09	17,64
Gd	134,92	93,05	254,97	80,11	112,44	127,04	98,42	52,59	131,95	32,59	46,68	23,70	91,89
Tb	24,96	17,16	45,00	12,78	17,59	25,63	14,44	9,80	21,57	6,40	7,48	4,04	13,75
Dy	178,61	113,15	305,04	74,17	90,69	178,37	78,78	65,56	122,38	43,25	41,41	25,67	83,31
Ho	44,04	25,48	64,83	15,06	16,88	42,01	15,08	13,91	22,99	9,29	8,02	5,69	17,97
Er	126,35	66,12	179,27	39,21	44,47	124,51	35,97	37,17	60,05	28,43	21,79	15,91	46,91
Yb	103,27	42,64	144,06	38,78	39,12	107,88	29,54	35,31	52,02	29,84	19,44	14,27	31,22
Lu	16,21	6,77	21,24	5,84	5,73	16,25	4,00	5,64	7,50	4,74	3,00	2,37	4,85

SOURCES DE SILEX SENONIEN - CHARTREUSE												
	CCHII 1.12	CCHII 2.13	CCHII 3.14	CCHII 4.15	CCHII 6.17	CCHII 7.18	CCHII 9.20	CCHII 10.21				
	ND	ND	ND	ND	ND							
P ₂ O ₅	110	190	200	780	80	60	170	120				
Fe ₂ O ₃	ND											
TiO ₂	530	920	580	790	520	850	650	980				
Al ₂ O ₃	650	290	210	300	230	260	220	290				
CaO	80	160	70	100	60	180	70	80				
Na ₂ O	60	70	ND	ND	ND	50	ND	80				
K ₂ O	0,02	0,05	0,02	0,08	0,01	0,03	0,04	0,02				
Co	0,54	0,39	0,22	0,33	0,16	0,30	0,31	0,30				
Rb	5,13	4,11	2,05	1,82	1,96	2,16	2,19	3,29				
Sr	0,12	0,36	2,35	0,28	0,36	0,15	0,23	0,43				
Y	0,42	0,78	1,62	0,69	0,64	0,49	0,53	0,99				
Zr	0,04	0,13	0,18	0,07	0,10	0,09	0,08	0,12				
Nb	12,89	5,03	3,31	5,49	3,30	6,42	5,32	9,32				
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-				
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-				
Ta	0,11	0,23	0,41	0,88	0,20	0,36	0,37	0,32				
Pb	0,06	0,08	0,09	0,05	0,05	0,02	0,21	0,06				
Th	0,11	0,99	0,72	0,40	0,32	0,18	0,64	0,33				
U	105,96	208,87	1906,72	150,07	797,63	65,87	676,91	689,30				
La	192,68	352,53	1658,96	195,24	423,14	131,20	1043,79	362,62				
Ce	26,84	66,71	587,99	40,26	200,58	21,69	146,61	141,36				
Pr	135,94	287,09	2294,40	154,07	681,50	80,11	516,59	512,68				
Nd	19,27	65,16	387,97	33,90	108,34	17,18	93,77	89,32				
Sm	3,78	14,11	75,67	7,40	19,58	3,43	10,83	21,31				
Eu	19,90	64,64	334,72	33,90	72,81	15,43	70,91	74,43				
Gd	2,33	8,99	44,95	6,02	9,49	3,09	9,02	10,80				
Tb	16,00	48,43	247,01	38,23	49,68	20,74	42,23	57,97				
Dy	3,12	9,23	49,85	8,06	8,92	4,58	7,30	11,34				
Ho	7,65	22,84	124,13	23,07	21,43	13,27	17,20	28,28				
Er	5,65	17,50	73,30	20,24	16,40	14,19	15,04	21,10				
Yb	0,90	2,64	10,70	2,99	2,28	2,25	2,22	3,25				
Lu												

SOURCES DE SILEX BARREMIEN - SUD VERCORS															
	BM97 23	BM97 24	BM 13 10.1	BM 13 10.2	BM 13 10 c.3	BM 12.2.5	BM 16.3.6	BM 13.9.7	BM 13.4.9	BM 18.2.10	BM 18.3.11	Les Chauv	PLUB 12.3	PLUB 12.3	PLUB 12 c
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
P ₂ O ₅	-	-	830	1180	630	390	860	980	1210	2040	890	-	-	-	-
Fe ₂ O ₃	-	-	110	140	110	130	380	90	380	230	130	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	2130	2950	1770	2010	3820	1490	6220	4630	2760	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	-	-	2490	3770	670	480	1400	620	1290	1160	1280	-	-	-	-
CaO	-	-	300	410	260	310	590	240	860	740	330	-	-	-	-
Na ₂ O	-	-	160	470	130	150	520	120	960	610	180	-	-	-	-
K ₂ O	-	-	0,16	0,10	0,07	0,14	0,05	0,23	0,10	0,21	0,14	0,07	0,18	0,16	0,16
Co	0,25	1,29	1,12	1,30	0,81	1,11	0,88	0,82	2,30	1,31	1,33	0,62	0,32	0,49	0,49
Rb	16,78	8,04	8,49	13,26	5,23	9,49	10,25	4,48	13,51	10,65	11,10	2,13	1,57	5,67	5,67
Y	0,45	0,49	0,32	0,35	0,28	0,23	0,22	0,22	0,64	0,36	0,32	0,39	0,22	0,84	0,84
Zr	3,22	3,59	2,47	2,76	3,02	3,87	2,17	2,01	5,49	3,50	3,30	1,88	1,63	1,95	1,95
Nb	0,41	0,34	0,29	0,30	0,27	0,64	0,21	0,24	0,51	0,33	0,32	0,12	0,08	0,17	0,17
Ba	6,96	7,63	6,16	10,42	4,01	6,31	31,32	4,36	14,17	16,94	14,64	7,46	7,77	5,40	5,40
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,65	0,59	0,76	0,71	SLD	0,57	0,55	0,45	0,72	0,66	0,59	0,18	0,14	0,31	0,31
Th	0,25	0,22	0,27	0,26	0,02	0,18	0,14	0,12	0,35	0,21	0,22	0,08	0,07	0,13	0,13
U	0,82	0,93	0,75	0,77	0,01	1,00	0,51	1,47	1,01	0,77	0,92	0,37	1,10	0,78	0,78
La	415,60	324,53	324,24	314,18	252,16	209,10	168,56	156,60	669,30	377,68	378,97	266,30	94,10	1024,57	1024,57
Ce	788,06	625,08	621,84	600,69	515,95	399,83	316,35	286,34	1376,14	750,58	720,10	266,78	129,77	847,07	847,07
Pr	113,67	79,89	78,46	76,14	64,52	49,89	40,36	39,68	194,88	91,74	88,40	67,97	20,56	171,64	171,64
Nd	433,20	296,31	291,08	283,02	248,34	187,05	152,24	147,51	749,35	336,09	322,04	278,15	83,20	638,74	638,74
Sm	90,20	58,72	52,31	54,04	48,76	35,33	30,26	29,38	151,46	62,42	58,61	69,70	18,03	114,84	114,84
Eu	16,76	11,51	10,29	11,38	9,87	6,80	6,76	6,14	27,52	12,82	11,26	14,81	3,68	23,34	23,34
Gd	80,43	55,50	48,00	51,97	42,92	30,27	27,32	28,58	121,32	53,55	49,63	59,76	21,15	112,54	112,54
Tb	11,97	9,82	8,14	8,59	7,35	5,24	4,75	4,75	17,77	8,87	8,06	11,21	4,27	19,88	19,88
Dy	66,44	68,67	47,83	51,85	43,33	32,57	29,84	30,22	100,42	53,29	49,79	71,46	28,13	117,51	117,51
Ho	13,23	14,60	10,43	11,39	9,29	7,55	6,92	7,05	20,47	11,32	10,47	14,04	6,21	24,99	24,99
Er	37,52	44,06	29,67	33,62	25,94	23,55	20,39	19,77	57,45	34,33	29,92	39,92	19,67	68,35	68,35
Yb	36,15	44,73	29,90	34,16	26,65	29,17	20,69	22,74	58,46	34,29	32,07	37,91	18,49	56,64	56,64
Lu	5,55	7,03	4,75	5,36	4,39	4,59	3,32	3,72	9,42	5,29	5,04	5,61	3,03	8,54	8,54

	JIBOUI															
	JBIC5 52	JBIC3 45	JBIC5 409	JBIC5 1	JBIC4 1023	JBID6 31N	JBID6 31B	JBID5 22	JBID2 170	JBIC3 507	JBID4 10	JBIC4 68	JBIC3 189	JBIC3 514	JBID4 27	
Co	0,04	0,12	0,05	0,11	0,04	0,04	0,00	0,33	0,17	0,22	0,44	0,21	0,10	0,16	0,17	
Rb	0,31	0,96	0,60	0,66	0,61	0,33	0,50	2,24	0,93	1,05	0,72	0,97	0,91	1,04	1,12	
Sr	3,41	7,56	4,04	9,80	8,53	8,33	6,40	30,88	19,35	22,04	66,51	13,02	9,72	10,50	8,50	
Y	0,27	0,45	0,48	0,43	0,20	0,20	0,22	0,85	0,30	0,54	0,45	0,28	0,46	1,00	0,48	
Zr	1,01	5,12	1,97	2,05	1,89	2,46	1,61	7,10	2,40	3,90	10,00	2,56	3,40	2,96	3,49	
Nb	0,09	0,31	0,15	0,12	0,10	0,09	0,12	0,72	0,26	0,39	0,34	0,31	0,30	0,33	0,43	
Ba	1,30	5,97	3,86	3,75	11,51	1,59	1,30	18,53	21,25	23,57	12,09	12,88	10,32	10,17	10,25	
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pb	0,32	0,52	0,33	0,33	0,42	0,20	0,39	1,03	0,84	0,51	0,83	0,56	0,45	0,53	0,59	
Th	0,08	0,17	0,11	0,13	0,08	0,06	0,09	0,24	0,08	0,10	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12	
U	0,48	0,65	1,10	0,89	0,33	0,40	0,34	1,71	1,40	0,77	0,13	0,67	1,58	1,06	0,88	
La	159,13	287,00	326,40	366,94	136,86	131,83	186,81	324,83	352,54	390,51	298,68	327,19	465,63	838,92	470,68	
Ce	223,13	563,98	522,64	545,61	236,52	208,37	249,90	611,09	578,96	620,71	526,22	601,73	780,23	1376,12	918,87	
Pr	39,04	75,34	86,45	90,62	32,45	30,45	46,23	86,90	84,58	104,03	62,83	77,17	118,00	259,91	139,21	
Nd	158,45	294,83	363,55	359,64	126,06	117,55	187,46	338,96	323,90	415,41	222,50	295,91	476,92	1077,05	552,92	
Sm	32,41	58,26	77,51	72,68	24,91	23,44	37,25	72,69	64,57	89,94	40,78	57,01	120,36	251,71	121,79	
Eu	6,74	11,47	15,37	15,18	4,97	4,78	7,72	14,25	13,31	18,77	8,71	11,71	19,67	49,28	23,97	
Gd	33,44	54,77	75,31	63,87	23,59	21,95	33,30	67,07	59,87	84,69	43,27	47,64	84,53	209,83	100,37	
Tb	5,71	10,32	11,89	10,68	4,34	3,95	5,71	11,32	8,77	12,24	7,62	6,43	11,58	28,76	16,52	
Dy	37,86	66,30	68,29	65,69	28,49	26,11	35,41	58,25	51,74	71,45	51,16	38,98	65,95	152,32	83,63	
Ho	8,13	14,33	14,03	13,98	6,19	5,88	7,19	11,91	10,68	14,62	11,51	8,14	13,28	29,16	16,79	
Er	23,69	41,68	37,20	40,26	18,96	18,18	21,95	34,90	29,76	40,76	34,47	24,03	37,39	76,41	46,25	
Yb	21,54	44,33	31,54	41,08	20,23	20,15	21,65	35,40	27,62	39,62	33,54	24,13	35,51	64,06	48,65	
Lu	3,23	7,17	4,85	6,49	3,19	3,36	3,52	5,76	4,11	5,84	5,13	3,90	5,30	9,45	7,56	

<i>SILEX TERTIAIRE</i>				<i>SILEX SENONIEN DU BUGEY</i>					<i>VALANGINIEN</i>																																																																				
Co	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Hf	Ta	Pb	Th	U	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Val. 19																																																			
0,24	1,09	21,33	1,22	18,98	0,80	0,10	5,12	0,44	0,002	3,33	1,28	0,92	2590	6790	791,70	2931,08	544,58	104,04	386,08	50,44	234,54	37,47	83,58	63,05	8,40	0,40	1,67	16,56	0,70	9,03	0,54	-	9,11	-	-	1,60	1,27	0,21	735,87	1461,20	216,70	854,94	169,85	33,86	143,20	20,79	109,12	22,24	62,50	59,31	9,44																										
0,24	1,09	21,33	1,22	18,98	0,80	0,10	5,12	0,44	0,002	3,33	1,28	0,92	2590	6790	791,70	2931,08	544,58	104,04	386,08	50,44	234,54	37,47	83,58	63,05	8,40	0,21	0,97	4,14	1,40	1,37	0,12	0,05	7,61	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,18	1,05	8,14	1,03	2,08	0,18	0,04	481,09	0,05	0,0004	0,70	0,20	0,58	790,9	1035	200,5	808,0	167,4	46,47	202	21,70	125	24,75	63,04	51,31	7,50
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	802	154	36,62	173	20,45	119	25,01	68,51	61,19	9,20	0,21	0,13	0,97	0,65	1,57	0,17	0,04	6,92	0,03	0,0006	0,40	0,19	0,21	921,7	1205	198,2	760	133	28,03	127	18,60	110	23,87	67,81	58,77	8,85	0,54	1,15	23,37	0,65	1,57	0,17	0,04	7,61	0,04	0,0007	1,17	0,19	0,24	852,0	1103	201,0	790,3	155,0	31,42	132	17,95	101	19,25	51,23	51,14	7,59
0,21	1,68	9,41	0,90	2,19	0,21	0,07	242,80	0,05	0,0016	0,54	0,21	0,43	857	1274	209,7	8																																																													

LA GRANDE-RIVOIRE - SITE ARCHEOLOGIQUE													
	GR 97 20	GR 97 21	GR 97 22	GR9914	GR9915	GR9916	GR9917	GR9918	GR9919	GR9920	GR9921	GR9922	GR9923
Co	0,86	0,14	0,91	0,09	0,07	0,09	0,07	SLD	0,05	0,11	1,69	1,17	0,14
Rb	3,45	0,18	2,20	0,24	0,26	0,72	0,53	0,66	0,44	0,88	2,64	2,37	0,26
Sr	120,13	6,22	131,56	8,28	7,27	5,04	3,98	4,59	2,58	6,77	104,19	192,02	6,32
Y	5,63	0,82	4,79	0,22	0,24	0,16	0,18	0,41	0,38	0,30	4,33	4,37	0,57
Zr	2,23	0,29	3,37	0,45	0,64	2,01	2,45	0,72	0,48	2,46	3,88	1,42	0,62
Nb	0,32	0,05	0,30	0,06	0,07	0,20	0,21	0,09	0,05	0,22	0,29	0,22	0,07
Ba	6,20	1,09	5,74	6,99	8,04	4,28	13,09	8,70	1,48	3,25	7,48	8,23	3,82
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	0,41	0,11	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	0,27	0,04	0,20	0,06	0,06	0,16	0,10	0,06	0,04	0,15	0,25	0,17	0,04
U	15,24	2,06	20,07	2,00	2,30	0,69	0,76	0,42	2,15	0,75	23,16	3,29	1,05
La	3332,21	548,84	2703,16	183,75	181,30	277,37	176,67	298,72	253,64	272,83	2873,81	2958,78	333,51
Ce	2637,35	558,69	2066,94	377,78	303,93	582,78	326,28	419,85	401,83	740,98	2579,07	2287,09	384,85
Pr	685,09	116,07	548,39	49,75	51,07	73,66	46,08	69,78	61,86	101,59	604,43	570,20	74,77
Nd	2702,20	453,91	2139,46	198,56	202,61	286,40	173,31	267,75	246,47	403,51	2361,98	2189,55	297,19
Sm	501,16	83,07	391,44	40,57	45,20	53,09	34,53	50,80	47,75	79,17	439,09	401,51	55,98
Eu	111,47	18,13	90,26	9,64	10,65	5,58	8,10	12,29	10,75	14,29	97,18	92,32	13,08
Gd	592,39	94,90	460,94	34,30	37,86	39,03	28,29	50,30	46,16	53,20	440,45	411,77	57,20
Tb	87,48	14,51	69,66	5,20	6,03	5,39	4,68	7,87	7,41	7,71	68,75	66,02	9,13
Dy	528,65	89,13	434,94	29,24	35,79	30,24	26,59	51,93	44,95	45,28	433,34	422,15	57,67
Ho	116,71	19,22	97,07	5,94	7,24	5,61	6,04	11,21	9,80	10,13	94,94	94,93	13,10
Er	311,24	51,09	260,32	15,36	18,76	15,59	16,73	32,03	25,19	32,20	256,36	264,94	35,98
Yb	213,76	38,02	186,33	12,61	17,86	14,89	15,60	26,46	17,12	34,03	181,66	195,69	26,59
Lu	32,83	5,69	28,08	2,08	2,87	2,45	2,41	4,15	2,61	5,29	27,29	30,18	3,97

ANNEXE 9

Données analytiques : résultats des analyses d'échantillons géologiques et archéologiques d'obsidienne par ICP-AES/MS

	OB 99 1	OB 99 6	OB 99 7	OB 99 8	OB 99 9	OB 99 10	OB 99 11	OB 99 12	OB 99 13	OB 99 14	OB 99 16	OB 99 18	OB 99 19	OB 99 20	OB 99 23	OB 99 30	OB 99 31	OB 99 32	OB 99 33	OB 99 34
Al ₂ O ₃	13,07	12,96	12,86	12,87	12,69	12,60	12,59	12,58	12,65	12,89	12,65	12,68	12,41	12,54	12,50	12,49	12,68	12,57	12,60	12,58
Fe ₂ O ₃	0,78	0,73	0,73	0,73	0,76	0,72	0,71	0,73	0,73	0,74	0,75	0,73	0,72	0,75	0,75	0,77	0,76	0,76	0,73	0,75
MnO	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
MgO	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
CaO	0,56	0,59	0,58	0,55	0,59	0,58	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57	0,56	0,60	0,55	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,55
Na ₂ O	3,59	3,50	3,63	3,65	3,56	3,54	4,13	4,15	4,12	4,15	4,10	3,97	3,92	3,96	3,93	3,97	3,92	3,87	3,93	4,18
K ₂ O	4,25	4,35	4,19	4,23	4,31	4,25	4,52	4,28	4,20	4,63	4,42	4,44	4,51	4,33	4,48	5,31	4,53	4,46	4,27	4,40
TiO ₂	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Co	0,20	0,17	0,19	0,17	0,18	0,19	0,18	0,19	0,21	0,19	0,16	0,16	0,24	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15	0,21	0,13
Rb	179,73	177,36	184,54	185,36	175,00	177,54	181,36	178,51	174,58	179,10	175,80	169,67	178,46	182,53	177,23	177,49	171,21	171,70	177,28	176,57
Sr	12,72	12,15	12,91	14,51	12,37	11,42	12,27	12,81	12,31	12,75	12,47	12,43	13,20	10,44	12,95	12,74	10,63	12,27	9,81	12,81
Y	22,46	22,57	23,05	23,08	21,91	22,48	22,66	22,46	22,12	22,47	22,80	21,95	23,41	24,51	23,01	23,16	22,46	22,21	23,21	22,31
Zr	78,08	76,15	78,68	78,95	75,80	75,97	76,72	77,14	76,05	75,60	77,17	75,78	77,79	77,64	77,44	78,24	74,57	76,66	74,39	75,62
Nb	23,57	23,89	25,44	25,42	23,81	22,89	24,62	24,15	24,12	23,08	24,97	23,70	25,66	26,87	24,13	25,66	24,59	24,42	25,48	23,63
Cs	8,06	8,01	8,27	8,38	7,81	8,03	8,02	8,00	7,92	8,21	7,86	7,66	7,27	7,62	7,31	7,32	7,10	7,07	7,48	7,25
Ba	169,55	157,23	173,01	175,78	165,25	138,94	157,77	167,07	161,44	169,64	161,87	163,70	166,73	112,99	174,24	165,54	128,25	164,47	101,77	169,94
Hf	3,17	3,17	3,12	3,11	3,05	3,04	3,14	3,17	3,14	3,03	3,08	3,08	3,12	3,22	3,12	3,19	3,04	3,04	3,12	2,97
Ta	2,07	2,27	2,35	2,33	2,15	1,98	2,30	2,23	2,27	1,73	2,30	2,22	2,38	2,51	1,92	2,44	2,33	2,44	2,44	1,90
W	3,35	3,51	3,64	3,60	3,30	3,18	3,42	3,51	3,58	3,03	3,31	3,17	3,46	3,62	3,03	3,57	3,46	3,43	3,61	2,82
Pb	21,81	21,32	22,42	22,68	21,42	21,41	21,97	22,09	21,63	22,67	21,64	21,22	21,98	22,12	22,75	22,45	20,64	21,22	21,37	21,62
Th	20,60	20,68	20,77	21,08	19,87	19,59	19,95	20,32	20,23	19,84	19,38	19,18	19,82	19,71	19,63	19,97	19,29	19,60	19,47	19,29
U	7,86	7,86	7,95	7,97	7,80	7,95	7,95	7,78	7,77	7,79	7,73	7,57	7,86	8,17	8,00	7,90	7,48	7,43	7,89	7,60
La	22,53	21,70	22,90	23,45	21,72	21,45	22,28	22,08	21,60	22,95	22,22	21,62	22,77	22,46	23,47	23,09	21,33	22,16	20,97	22,87
Ce	43,33	41,96	44,39	45,18	42,31	42,33	43,67	42,91	41,79	44,90	43,47	42,29	44,04	43,99	46,41	44,92	41,29	42,93	41,49	44,80
Pr	4,33	4,23	4,43	4,50	4,24	4,19	4,31	4,27	4,25	4,53	4,31	4,20	4,36	4,44	4,58	4,45	4,18	4,28	4,19	4,48
Nd	13,14	12,96	13,44	13,72	12,74	12,80	13,01	12,83	12,89	13,59	13,30	12,81	13,37	13,56	13,97	13,45	12,80	13,16	12,99	13,65
Sm	2,69	2,64	2,69	2,76	2,53	2,55	2,57	2,63	2,63	2,70	2,64	2,58	2,75	2,79	2,79	2,75	2,54	2,67	2,62	2,71
Eu	0,16	0,15	0,15	0,16	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,13	0,16	0,16	0,13	0,15	0,12	0,17
Gd	2,59	2,58	2,62	2,65	2,55	2,61	2,62	2,65	2,62	2,71	2,70	2,63	2,70	2,70	2,73	2,68	2,59	2,68	2,68	2,67
Tb	0,49	0,48	0,50	0,50	0,49	0,49	0,50	0,49	0,48	0,49	0,50	0,48	0,49	0,52	0,50	0,50	0,48	0,47	0,49	0,49
Dy	3,03	2,99	3,00	3,02	2,93	2,97	2,94	2,95	2,94	3,01	3,03	2,93	3,07	3,17	3,09	3,05	3,01	2,91	3,06	2,91
Ho	0,66	0,66	0,66	0,65	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,64	0,65	0,63	0,66	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,68	0,64
Er	1,96	2,00	1,96	1,99	1,93	2,01	1,97	1,93	1,94	1,87	1,96	1,90	1,97	2,05	1,99	2,03	1,90	1,91	1,98	1,88
Yb	2,19	2,15	2,18	2,16	2,17	2,18	2,19	2,15	2,20	2,17	2,15	2,10	2,26	2,35	2,22	2,24	2,17	2,14	2,24	2,16
Lu	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,36	0,37	0,36	0,36	0,34	0,34	0,35	0,34

Remarque

Les teneurs en éléments majeurs sont exprimées en % et les teneurs en éléments traces et terres rares en ppm (partie par million).

Catal Höyük-Göllü Dag Est

	OB 99.35	OB 99.36	OB 99.37	OB 99.41	OB 99.51	OB 99.67	OB 99.72	OB 99.73	OB 99.78	OB 99.80	OB 99.81	OB 99.88	OB 99.89	OB 99.99	OB 00.3	OB 00.4	OB 00.5	OB 00.6	OB 00.8	OB 00.9	OB 00.10
Al ₂ O ₃	12,64	11,59	12,61	12,65	12,82	12,76	12,80	12,89	13,00	12,63	12,45	12,25	12,63	12,50	12,44	12,67	10,17	11,66	12,73	12,82	
Fe ₂ O ₃	0,74	0,68	0,73	0,87	0,79	0,81	0,78	0,81	0,79	0,81	0,82	0,77	0,81	0,72	0,66	0,66	0,66	0,64	0,80	0,74	
MnO	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,06	
MgO	0,06	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	
CaO	0,59	0,52	0,58	0,56	0,54	0,57	0,55	0,56	0,56	0,55	0,53	0,53	0,56	0,50	0,57	0,50	0,50	0,64	0,79	0,69	
Na ₂ O	4,07	3,19	3,41	5,04	4,38	4,36	4,41	4,43	4,33	4,39	4,37	4,34	4,32	4,28	3,96	3,89	3,02	3,66	3,84	3,95	
K ₂ O	4,47	3,97	3,92	4,84	4,32	4,67	4,75	4,45	4,63	4,46	4,39	4,42	4,77	4,20	4,35	4,40	3,14	3,37	4,32	3,82	
TiO ₂	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	
Co	0,17	0,14	0,11	0,18	0,15	0,22	0,15	0,16	0,17	0,20	0,31	0,19	0,27	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,13	
Rb	177,33	184,30	186,19	190,16	191,80	199,56	190,28	184,71	198,54	184,53	183,43	171,49	176,89	182,50	177,45	181,39	181,30	185,17	189,56	181,57	
Sr	12,83	9,57	9,96	11,59	9,74	13,59	9,58	12,87	9,85	11,95	13,64	11,82	13,35	9,15	11,75	12,23	12,26	10,28	10,73	9,16	
Y	23,20	24,19	24,09	21,89	22,81	22,66	22,36	21,61	24,62	23,39	22,69	21,86	21,95	22,71	21,75	22,21	21,84	22,53	23,52	22,56	
Zr	78,67	75,83	74,08	77,24	74,34	81,27	73,68	78,11	77,56	79,05	80,15	73,34	77,85	75,66	77,33	78,99	78,21	76,84	75,32	73,09	
Nb	25,30	26,17	24,76	24,55	25,01	25,02	24,41	23,82	26,14	25,59	25,08	23,51	24,57	25,24	24,09	24,69	24,48	24,82	25,99	24,97	
Cs	7,63	8,08	8,13	8,26	7,77	8,17	7,47	7,14	8,24	7,40	7,09	8,20	8,29	7,63	7,31	7,49	7,52	7,70	8,17	7,67	
Ba	167,71	98,33	103,19	143,41	104,65	181,08	103,75	174,32	84,63	108,32	176,23	152,41	170,87	103,70	161,18	167,68	171,18	130,38	77,99	98,14	
Hf	3,14	3,16	3,13	3,14	3,11	3,07	3,10	3,07	3,00	3,10	2,99	2,95	2,97	3,07	3,04	3,03	3,03	3,04	3,05	3,02	
Ta	2,29	2,39	2,02	2,25	2,40	2,22	2,39	2,27	2,15	2,33	2,19	2,16	2,21	2,41	2,25	2,27	2,25	2,32	2,48	2,39	
W	3,48	3,58	3,03	3,55	3,27	3,83	3,77	3,60	2,98	3,28	3,10	3,24	3,29	3,50	3,35	3,37	3,35	3,49	3,66	3,46	
Pb	22,11	22,00	22,50	22,48	22,76	21,40	22,31	22,47	22,91	23,20	22,89	22,47	22,63	22,06	21,98	21,94	21,97	21,52	21,65	21,78	
Th	20,42	20,02	19,80	20,74	20,25	20,51	19,79	20,28	19,32	19,41	19,54	19,66	19,71	22,77	23,39	22,92	23,02	22,69	22,76	22,02	
U	7,88	8,27	8,47	8,11	8,36	7,76	8,50	8,10	8,20	7,95	7,51	7,55	7,55	8,48	8,08	8,01	8,01	8,09	8,54	8,39	
La	22,83	22,05	22,43	22,85	22,26	23,84	21,57	22,69	22,51	22,19	22,92	22,20	22,49	22,06	23,46	23,57	23,44	22,77	22,25	21,60	
Ce	44,14	43,00	44,93	43,97	43,42	46,06	42,06	43,56	43,74	43,16	44,27	41,87	43,15	42,00	43,78	43,89	43,89	42,89	42,69	41,11	
Pr	4,38	4,33	4,50	4,42	4,35	4,53	4,25	4,35	4,34	4,32	4,39	4,29	4,30	4,30	4,45	4,44	4,44	4,35	4,35	4,23	
Nd	13,35	13,33	13,87	13,44	13,33	13,58	13,11	13,24	13,33	13,15	13,19	12,93	13,12	13,35	13,71	13,68	13,72	13,54	13,52	13,13	
Sm	2,65	2,66	2,75	2,70	2,67	2,68	2,69	2,58	2,76	2,71	2,62	2,61	2,63	2,83	2,77	2,79	2,78	2,85	2,90	2,77	
Eu	0,16	0,12	0,13	0,15	0,14	0,17	0,14	0,17	0,12	0,14	0,18	0,16	0,18	0,14	0,16	0,17	0,16	0,15	0,13	0,13	
Gd	2,78	2,80	2,86	3,04	3,20	3,12	3,15	3,05	3,16	3,13	3,04	3,06	2,98	2,76	2,73	2,77	2,79	2,80	2,86	2,83	
Tb	0,49	0,51	0,52	0,48	0,51	0,49	0,50	0,48	0,52	0,52	0,50	0,51	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,50	0,52	0,51	
Dy	2,96	3,14	3,22	2,99	3,07	2,98	3,10	2,96	3,06	3,08	2,92	2,97	2,88	3,11	3,00	3,01	3,00	3,11	3,22	3,13	
Ho	0,65	0,69	0,69	0,64	0,66	0,64	0,66	0,64	0,67	0,66	0,63	0,64	0,62	0,68	0,65	0,64	0,65	0,67	0,70	0,69	
Er	1,97	2,07	2,07	1,96	2,02	1,90	2,01	1,94	1,97	1,97	1,86	1,89	1,82	2,00	2,00	2,03	2,02	2,05	2,17	2,11	
Yb	2,23	2,36	2,37	2,21	2,28	2,19	2,29	2,21	2,26	2,26	2,15	2,18	2,14	2,34	2,24	2,24	2,24	2,26	2,37	2,28	
Lu	0,35	0,37	0,37	0,35	0,35	0,34	0,35	0,35	0,36	0,34	0,33	0,34	0,34	0,36	0,34	0,34	0,34	0,35	0,36	0,35	

	<i>Çatal Höyük-Göllü Dag Est</i>																	<i>Çatal Höyük-Nenezi Dag</i>																											
	OB 00	11	OB 00	12	OB 00	13	OB 00	14	OB 00	16	OB 00	17	OB 00	18	OB 00	20	OB 00	26	OB 00	29	OB 00	40	OB 00	42	OB 00	44	OB 00	45	OB 00	50	OB15	OB17	OB 99	39	OB 99	40	OB 99	44							
Al ₂ O ₃	12,68	12,52	12,40	12,63	12,66	12,64	12,45	12,54	12,61	12,50	12,58	12,61	12,70	12,70	13,15	12,71	13,68	13,72	13,80	13,95	14,04	12,61	12,58	12,61	12,70	12,70	13,15	12,71	13,68	13,72	13,80	13,95	14,04	13,68	13,72	13,80	13,95	14,04							
Fe ₂ O ₃	0,70	0,77	0,78	0,78	0,89	0,68	0,80	0,85	0,68	0,67	0,69	0,70	0,80	0,80	0,78	0,76	1,15	1,16	1,28	1,28	1,32	0,70	0,77	0,78	0,80	0,80	0,78	0,76	1,15	1,16	1,28	1,28	1,32	1,15	1,16	1,28	1,28	1,32							
MnO	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06						
MgO	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18							
CaO	0,61	0,63	0,65	0,49	0,50	0,49	0,50	0,52	0,50	0,52	0,49	0,49	0,49	0,49	0,50	0,49	1,15	1,14	1,15	1,22	1,23	0,61	0,63	0,65	0,49	0,49	0,50	0,49	1,15	1,14	1,15	1,22	1,23	1,15	1,14	1,15	1,22	1,23							
Na ₂ O	3,79	3,93	4,02	4,05	4,11	4,02	4,06	4,00	3,47	4,19	4,09	4,10	4,12	4,08	4,00	4,23	4,41	4,41	5,32	5,19	5,07	3,79	3,93	4,02	4,06	4,06	4,12	4,08	4,23	4,41	4,41	5,32	5,19	5,07	4,41	4,41	5,32	5,19	5,07						
K ₂ O	4,50	3,47	4,52	4,22	3,82	4,23	3,81	4,10	4,38	3,83	3,96	4,06	3,43	4,25	3,40	4,45	4,26	4,81	4,63	4,60	4,60	4,50	3,47	4,52	4,22	3,83	3,96	4,06	4,45	4,26	4,81	4,63	4,60	4,45	4,26	4,81	4,63	4,60							
TiO ₂	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,12	0,12	0,12	0,14	0,15	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,12	0,12	0,12	0,14	0,15	0,12	0,12	0,12	0,14	0,15								
Co	0,10	0,09	0,09	0,19	0,09	0,15	0,18	0,17	0,17	0,16	0,11	0,14	0,14	0,14	0,10	0,11	0,62	0,63	0,71	0,68	0,66	0,10	0,09	0,09	0,18	0,17	0,16	0,11	0,62	0,63	0,71	0,68	0,66	0,62	0,63	0,71	0,68	0,66							
Rb	177,23	182,05	180,36	195,50	180,69	174,12	174,70	187,39	190,92	185,38	184,83	182,50	179,02	185,32	178,93	148,12	151,10	187,87	164,79	165,26	177,23	182,05	180,36	174,12	174,70	185,38	178,93	148,12	151,10	187,87	164,79	165,26	148,12	151,10	187,87	164,79	165,26								
Sr	12,00	10,81	8,68	12,92	12,10	11,20	10,80	12,47	10,18	12,38	12,05	12,60	11,80	12,10	10,79	91,15	92,38	108,34	95,28	95,75	12,00	10,81	8,68	12,92	12,10	12,38	12,05	12,60	11,80	12,10	10,79	91,15	92,38	108,34	95,28	95,75	91,15	92,38	108,34	95,28	95,75				
Y	21,73	22,08	22,32	22,62	20,41	20,66	20,07	22,25	22,89	21,97	22,05	21,73	21,12	22,03	21,39	20,11	20,39	22,70	19,79	20,01	21,73	22,08	22,32	22,62	20,66	21,97	22,05	21,73	21,12	22,03	21,39	20,11	20,39	22,70	19,79	20,01	20,11	20,39	22,70	19,79	20,01				
Zr	77,57	75,27	73,65	81,41	73,67	73,45	73,75	80,19	76,81	78,21	78,22	76,71	75,83	78,46	74,31	136,67	139,72	157,98	141,96	143,77	77,57	75,27	73,65	81,41	73,67	78,21	78,22	76,71	75,83	78,46	74,31	136,67	139,72	157,98	141,96	143,77	136,67	139,72	157,98	141,96	143,77				
Nb	24,03	24,48	25,07	25,92	23,19	23,68	23,99	25,59	25,81	25,25	24,74	24,10	23,97	24,73	24,11	19,94	19,87	22,39	20,33	19,88	24,03	24,48	25,07	25,92	23,68	25,25	24,74	24,10	23,97	24,73	24,11	19,94	19,87	22,39	20,33	19,88	19,94	19,87	22,39	20,33	19,88				
Cs	7,33	7,57	7,98	8,27	7,38	7,12	7,17	7,42	7,87	7,60	7,74	7,73	7,23	7,37	6,91	6,46	6,61	7,47	6,29	6,29	7,33	7,57	7,98	8,27	7,38	7,60	7,74	7,73	7,23	7,37	6,91	6,46	6,61	7,47	6,29	6,29	6,46	6,61	7,47	6,29	6,29				
Ba	167,06	127,76	97,85	178,78	171,31	159,28	160,24	175,81	124,54	169,64	169,47	166,90	170,08	171,21	140,51	526,44	531,79	596,65	555,53	566,74	167,06	127,76	97,85	178,78	171,31	169,64	169,47	166,90	170,08	171,21	140,51	526,44	531,79	596,65	555,53	566,74	526,44	531,79	596,65	555,53	566,74				
Hf	2,95	2,96	3,02	3,03	3,01	3,01	2,93	3,10	3,15	3,10	3,05	2,99	3,02	3,09	3,00	4,08	4,19	4,08	4,32	4,27	2,95	2,96	3,02	3,03	3,01	3,10	3,05	2,99	3,02	3,09	3,00	4,08	4,19	4,08	4,32	4,27	4,08	4,19	4,08	4,32	4,27				
Ta	2,23	2,30	2,42	2,22	1,97	2,29	2,24	2,30	2,36	2,35	2,17	2,16	2,27	2,26	2,29	1,77	1,75	1,62	1,83	1,80	2,23	2,30	2,42	2,22	2,29	2,36	2,35	2,17	2,27	2,26	2,29	1,77	1,75	1,62	1,83	1,80	1,77	1,75	1,62	1,83	1,80				
W	3,34	3,38	3,45	4,01	3,48	3,62	3,62	3,74	4,11	4,03	3,51	3,41	3,53	3,62	3,72	2,91	2,85	2,84	3,25	3,29	3,34	3,38	3,45	4,01	3,48	4,03	3,51	3,41	3,53	3,62	3,72	2,91	2,85	2,84	3,25	3,29	2,91	2,85	2,84	3,25	3,29				
Pb	21,50	21,50	22,01	21,70	23,57	22,18	21,75	21,66	22,85	22,92	22,73	22,48	21,57	21,92	21,28	25,76	25,69	28,43	27,70	27,62	21,50	21,50	22,01	21,70	23,57	22,18	21,75	21,66	22,85	22,92	22,73	22,48	21,57	21,92	25,76	25,69	28,43	27,70	27,62	25,76	25,69	28,43	27,70	27,62	
Th	23,38	22,20	22,61	20,83	22,96	22,16	21,56	20,36	21,38	22,05	21,04	20,98	20,84	20,74	20,66	22,83	23,07	25,10	24,46	24,46	23,38	22,20	22,61	20,83	22,96	22,16	21,56	20,36	21,38	22,05	21,04	20,98	20,84	20,74	20,66	22,83	23,07	25,10	24,46	24,46	22,83	23,07	25,10	24,46	24,46
U	7,91	8,04	8,54	7,61	8,75	8,20	8,30	7,53	8,37	8,21	8,08	7,99	7,85	7,86	7,84	6,73	6,77	6,95	7,09	7,26	7,91	8,04	8,54	7,61	8,75	8,20	8,30	7,53	8,37	8,21	8,08	7,99	7,85	7,86	7,84	6,73	6,77	6,95	7,09	7,26	6,73	6,77	6,95	7,09	7,26
La	24,44	22,34	21,77	23,83	22,72	22,46	21,10	23,38	22,62	23,54	23,32	22,96	22,99	23,43	22,19	36,23	36,41	41,81	38,45	38,45	24,44	22,34	21,77	23,83	22,72	22,46	21,10	23,38	22,62	23,54	23,32	22,96	22,99	23,43	22,19	36,23	36,41	41,81	38,45	38,45	36,23	36,41	41,81	38,45	38,45
Ce	45,34	42,08	41,42	44,76	43,75	42,43	41,98	43,90	43,13	44,32	43,87	43,16	43,18	44,06	41,74	63,32	64,00	71,56	66,67	66,75	45,34	42,08	41,42	44,76	43,75	42,43	41,98	43,90	43,13	44,32	43,87	43,16	43,18	44,06	41,74	63,32	64,00	71,56	66,67	66,75	63,32	64,00	71,56	66,67	66,75
Pr	4,56	4,28	4,23	4,49	4,36	4,27	4,04	4,43	4,42	4,48	4,41	4,32	4,39	4,42	4,27	6,07	6,09	6,69	6,43	6,31	4,56	4,28	4,23	4,49	4,36	4,27	4,04	4,43	4,42	4,48	4,41	4,32	4,39	4,42	4,27	6,07	6,09	6,69	6,43	6,31	6,07	6,09	6,69	6,43	6,31
Nd	13,88	13,15	13,15	13,61	13,19	13,18	12,38	13,59	13,57	13,76	13,51	13,28	13,37	13,51	13,31	18,52	18,50	20,07	19,40	19,21	13,88	13,15	13,15	13,61	13,19	13,18	12,38	13,59	13,57	13,76	13,51	13,28	13,37	13,51	13,31	18,52	18,50	20,07	19,40	19,21	18,52	18,50	20,07	19,40	19,21
Sm	2,77	2,73	2,79	2,77	2,71	2,68	2,55	2,77	2,86	2,81	2,72	2,70	2,74	2,79	2,77	2,92	2,89	3,13	3,02	3,01	2,77	2,73	2,79	2,77	2,71	2,68	2,55	2,77	2,86	2,81	2,72	2,70	2,74	2,79	2,77	2,92	2,89	3,13	3,02	3,01	2,92	2,89	3,13	3,02	3,01
Eu	0,17	0,14	0,13	0,16	0,16	0,15	0,15	0,17	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,53	0,53	0,60	0,58	0,59	0,17	0,14	0,13	0,16	0,16	0,15	0,15	0,17	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,53	0,53	0,60	0,58	0,59	0,53	0,53	0,60	0,58	0,59	
Gd	2,77	2,77	2,78	2,70	2,56	2,67	2,53	2,75	2,91	2,73	2,71	2,72	2,57	2,63	2,54	3,10	3,14	3,39	3,29	3,43	2,77	2,77	2,78	2,70	2,56	2,67	2,53	2,75	2,91	2,73	2,71	2,72	2,57	2,63	2,54	3,10	3,14	3,39	3,29	3,43	3,10	3,14	3,39	3,29	3,43
Tb	0,48	0,49	0,50	0,47																																									

	<i>Catal Hüyük - Nenezi Dag</i>																			
	OB 00 24	OB 00 25	OB 00 27	OB 00 28	OB 00 30	OB 00 31	OB 00 32	OB 00 33	OB 00 34	OB 00 35	OB 00 36	OB 00 37	OB 00 38	OB 00 39	OB 00 41	OB 00 43	OB 00 46	OB 00 47	OB 00 48	OB 00 49
Al ₂ O ₃	13,61	13,63	13,77	13,86	13,78	13,34	12,95	13,15	12,77	13,65	13,45	13,53	13,29	14,05	13,56	14,09	13,84	13,71	13,76	13,60
Fe ₂ O ₃	1,21	1,04	1,14	1,08	1,04	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,02	1,12	1,06	1,13	1,20	1,05	1,17	1,17	1,10
MnO	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
MgO	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16
CaO	1,17	1,14	1,16	1,22	1,15	1,16	1,24	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18	1,20	1,20	1,17	1,13	1,13	1,16	1,12	1,16
Na ₂ O	3,98	3,89	4,43	4,37	4,40	4,40	4,48	4,44	4,48	4,44	4,45	4,40	4,41	4,34	4,36	4,24	4,51	4,56	4,37	4,39
K ₂ O	3,85	4,00	4,22	3,99	3,49	3,86	3,92	3,93	3,83	3,80	4,01	3,94	3,98	4,00	4,01	3,28	3,84	4,28	3,76	3,83
TiO ₂	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13
Co	0,73	0,75	0,74	0,79	0,72	0,65	0,61	0,67	0,67	0,62	0,59	0,65	0,64	0,68	0,66	0,65	0,63	0,60	0,65	0,71
Rb	160,27	162,18	166,45	164,92	164,11	162,01	167,42	155,17	160,61	155,38	159,72	157,94	155,86	168,26	166,36	176,29	162,38	161,62	164,21	170,17
Sr	94,10	95,29	97,02	96,99	95,87	93,51	95,82	90,52	92,59	90,22	91,48	91,26	90,33	96,97	95,66	99,95	94,41	94,51	95,96	99,69
Y	19,90	20,53	20,61	20,33	20,42	20,30	20,45	19,45	19,88	19,37	19,70	19,69	19,37	20,62	20,46	20,80	20,31	20,26	20,34	21,07
Zr	144,10	147,03	148,94	148,77	147,32	146,59	148,75	139,94	142,70	138,97	141,47	141,16	139,43	148,62	147,38	150,28	146,73	145,05	146,54	152,26
Nb	20,69	20,82	21,54	21,63	21,52	21,25	21,57	20,32	20,46	19,79	20,26	20,20	19,85	21,64	21,03	21,76	20,65	20,59	20,97	21,53
Cs	6,18	6,26	6,58	6,60	6,20	6,68	6,95	6,29	6,42	6,30	6,64	6,57	6,57	6,81	6,76	7,03	6,34	6,31	6,37	6,54
Ba	565,23	570,72	580,37	584,02	579,95	564,06	582,03	556,45	565,18	555,35	557,59	553,14	553,13	586,07	578,70	589,78	567,64	560,22	570,04	579,11
Hf	4,21	4,22	4,29	4,26	4,18	4,13	4,13	4,17	4,17	4,18	4,21	4,20	4,22	4,20	4,26	4,01	4,19	4,20	4,06	4,18
Ta	1,81	1,78	1,85	1,87	1,84	1,85	1,81	1,82	1,80	1,80	1,77	1,79	1,78	1,84	1,82	1,82	1,81	1,75	1,78	1,79
W	3,53	3,46	3,64	3,73	3,71	3,24	3,19	3,28	3,17	3,14	3,18	3,19	3,20	3,32	3,28	3,40	3,32	3,20	3,26	3,26
Pb	28,18	27,31	27,80	28,45	27,46	26,92	27,73	28,40	27,93	27,87	27,77	27,78	27,39	28,06	28,09	26,96	27,20	27,21	27,51	27,23
Th	26,44	26,13	25,93	26,77	26,13	26,38	26,53	26,54	25,92	26,25	25,77	25,79	25,87	25,88	25,86	25,84	24,88	25,25	25,24	24,86
U	7,29	7,11	7,14	7,39	7,29	7,14	7,20	7,20	7,20	7,18	7,17	7,11	7,12	7,38	7,36	7,16	6,97	7,06	7,10	6,92
La	38,63	39,31	40,10	39,66	39,73	39,25	40,04	38,79	39,02	38,44	38,64	38,40	38,55	40,18	39,80	40,49	39,71	38,72	39,15	39,93
Ce	65,91	66,32	67,71	68,12	67,53	65,72	67,31	65,73	66,06	64,77	65,38	64,88	65,12	68,06	67,72	69,15	66,48	65,55	66,39	68,15
Pr	6,36	6,42	6,55	6,50	6,47	6,37	6,50	6,33	6,37	6,29	6,31	6,29	6,28	6,52	6,52	6,56	6,44	6,31	6,37	6,58
Nd	19,14	19,46	19,92	19,69	19,65	19,25	19,44	19,24	19,32	19,18	19,21	19,18	19,28	19,81	19,73	19,79	19,61	19,31	19,43	19,85
Sm	3,12	3,18	3,22	3,20	3,21	3,10	3,13	3,13	3,13	3,12	3,11	3,10	3,09	3,20	3,18	3,14	3,22	3,10	3,13	3,17
Eu	0,65	0,65	0,63	0,62	0,62	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,52	0,52	0,55	0,55	0,56	0,57	0,57	0,56	0,57
Gd	3,21	3,21	3,11	2,96	2,99	2,97	2,99	2,99	3,05	3,11	3,08	3,08	3,07	3,21	3,16	2,81	2,75	2,81	2,79	2,82
Tb	0,45	0,45	0,44	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,45	0,45	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45
Dy	2,71	2,78	2,79	2,79	2,80	2,70	2,69	2,75	2,76	2,76	2,70	2,73	2,71	2,76	2,75	2,66	2,75	2,71	2,70	2,77
Ho	0,60	0,60	0,61	0,61	0,60	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,58	0,60	0,60	0,59	0,61	0,60	0,60	0,62
Er	1,88	1,88	1,92	1,91	1,87	1,85	1,85	1,87	1,90	1,89	1,87	1,86	1,86	1,88	1,89	1,86	1,90	1,85	1,84	1,88
Yb	2,19	2,22	2,20	2,21	2,21	2,15	2,17	2,21	2,20	2,20	2,15	2,18	2,18	2,21	2,21	2,19	2,24	2,20	2,15	2,20
Lu	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,36	0,35	0,34	0,35	0,35	0,34	0,35

<i>Tell Kurdu</i>												
	TK 4082	TK 4918	TK 4969	TK 4032	TK 4444	TK 3265	TK 3044	TK 3489	TK 4377			
Al ₂ O ₃	13,25	12,99	10,58	12,66	10,59	11,17	12,98	12,59	14,37			
Fe ₂ O ₃	1,19	0,87	3,99	0,75	4,16	2,96	1,22	0,71	1,47			
MnO	0,05	0,06	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,03			
MgO	0,07	0,04	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,04	0,17			
CaO	0,46	0,57	0,20	0,51	0,23	0,20	0,45	0,43	0,75			
Na ₂ O	4,73	3,79	5,23	4,14	5,13	4,95	4,66	3,89	4,56			
K ₂ O	4,96	4,35	4,60	4,55	4,74	4,67	4,22	4,34	5,00			
TiO ₂	0,10	0,06	0,22	0,06	0,24	0,17	0,05	0,03	0,16			
Co	0,24	0,18	0,07	0,12	0,07	0,02	0,20	0,13	1,13			
Rb	170,24	185,47	236,30	186,54	224,10	214,93	201,93	190,22	221,70			
Sr	4,16	13,13	0,71	12,14	1,39	0,36	16,12	12,33	43,98			
Y	34,89	22,11	142,29	22,32	136,75	138,34	59,48	22,81	31,94			
Zr	229,16	76,73	994,25	70,83	884,92	1012,62	303,77	78,57	348,44			
Nb	29,30	24,35	61,01	24,41	58,90	69,61	35,70	24,98	18,76			
Cs	6,01	8,07	14,61	7,78	14,00	8,08	9,93	8,16	11,16			
Ba	35,41	175,31	2,13	166,90	2,62	0,97	55,35	168,77	392,07			
Hf	6,74	3,05	27,60	3,06	26,40	28,14	8,83	3,12	8,34			
Ta	2,06	2,16	4,22	2,25	4,06	4,18	2,49	2,23	1,72			
W	3,33	3,65	6,32	3,77	6,12	4,30	2,76	3,56	4,58			
Pb	26,06	21,24	37,49	22,00	35,44	28,98	32,43	22,79	30,56			
Th	32,09	21,31	28,44	20,76	26,97	23,57	22,58	20,88	26,66			
U	10,25	8,15	11,13	7,95	10,67	8,17	8,38	8,23	8,70			
La	51,55	24,77	90,57	22,86	87,30	91,88	30,45	23,06	37,75			
Ce	90,37	46,34	195,08	43,18	188,14	198,56	68,93	44,25	71,20			
Pr	8,91	4,57	23,41	4,36	22,72	23,70	8,50	4,48	7,45			
Nd	28,38	14,11	90,25	13,55	87,63	89,26	31,53	13,63	24,93			
Sm	5,01	2,76	19,67	2,79	19,08	19,26	7,36	2,75	4,64			
Eu	0,13	0,16	0,56	0,15	0,55	0,44	0,35	0,15	0,45			
Gd	4,58	2,59	19,66	2,62	19,14	19,45	7,35	2,71	4,32			
Tb	0,79	0,47	3,48	0,48	3,35	3,38	1,33	0,49	0,72			
Dy	4,96	2,99	21,76	3,03	21,14	21,34	8,62	3,10	4,54			
Ho	1,08	0,64	4,56	0,65	4,42	4,44	1,81	0,66	0,97			
Er	3,09	1,86	12,71	1,90	12,29	12,33	5,10	1,89	2,81			
Yb	3,66	2,19	12,92	2,18	12,55	13,02	5,82	2,28	3,38			
Lu	0,58	0,34	2,00	0,35	1,94	2,00	0,91	0,36	0,53			

Collection Mac Neish - Pérou

	car 05	car 06	car 08	car 13	car 18	car 20	car 25	car 35	car 04	car 09	car 11	car 17	car 28	car 29	car 30	car 31	car 33	car 34	car 37
Al ₂ O ₃	14,21	12,90	12,99	12,96	12,90	12,92	13,34	13,28	13,10	13,45	13,21	13,19	13,00	12,91	13,63	12,79	12,88	12,77	13,33
Fe ₂ O ₃	0,70	0,81	0,86	0,86	0,87	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,88	0,79	0,85	0,90	0,85	0,72	0,71	0,63	0,73
MnO	0,14	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,12	0,10	0,04
MgO	0,05	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,01	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,05	0,05	0,14
CaO	0,90	1,17	1,16	0,94	1,04	0,97	1,03	0,93	1,12	1,19	1,08	1,16	0,99	1,08	0,87	0,82	0,81	0,80	0,83
Na ₂ O	4,84	3,66	4,06	3,86	3,64	3,84	4,12	4,05	3,86	4,03	4,22	4,18	4,05	3,93	4,34	3,85	4,65	4,54	4,03
K ₂ O	5,37	4,94	4,55	5,15	5,17	4,90	4,47	4,58	5,13	4,90	4,15	4,76	4,82	4,82	4,75	4,95	4,58	4,21	4,67
TiO ₂	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13
Co	0,19	0,53	0,48	0,50	0,49	0,48	0,49	0,50	0,46	0,52	0,49	0,47	0,49	0,46	0,48	0,60	0,24	0,19	0,51
Rb	121,81	186,77	172,23	172,76	172,33	173,00	174,00	180,65	183,23	177,61	179,01	173,85	174,91	174,88	178,31	185,32	121,60	113,26	173,66
Sr	52,72	130,32	120,81	120,41	121,36	121,03	121,58	123,51	125,81	121,96	124,30	120,09	120,92	121,29	121,57	129,94	73,42	61,80	124,57
Y	10,35	11,47	10,73	10,74	10,71	10,81	10,62	10,93	10,88	10,77	10,89	10,57	10,72	10,73	10,68	12,07	11,17	9,16	11,40
Zr	92,97	102,30	95,98	95,43	95,87	95,95	94,97	97,27	97,95	96,21	97,11	94,42	95,31	95,37	95,52	102,62	98,98	88,32	97,33
Nb	32,83	12,15	11,09	11,18	11,25	11,16	11,17	11,46	9,44	11,32	11,35	11,16	11,28	11,29	11,14	12,32	33,65	28,43	11,67
Cs	3,84	11,31	10,72	10,75	10,69	10,84	10,99	11,16	11,50	11,22	11,26	10,38	10,44	10,43	10,73	11,95	4,03	3,94	11,68
Ba	189,13	731,56	701,44	700,92	697,00	703,55	700,82	706,95	721,56	706,23	712,51	686,19	694,49	694,32	698,75	728,07	273,19	224,91	714,05
Hf	3,65	3,24	3,15	3,23	3,16	3,15	3,17	3,21	3,16	3,19	3,20	3,22	3,25	3,20	3,20	3,29	3,79	3,68	3,26
Ta	2,19	1,27	1,24	1,26	1,25	1,23	1,24	1,27	0,81	1,23	1,26	1,24	1,25	1,26	1,24	1,28	2,19	1,99	1,27
W	1,14	3,00	3,04	3,01	3,00	2,97	2,95	2,98	1,80	2,83	2,86	2,96	2,93	2,95	2,98	3,29	1,23	1,19	3,13
Pb	19,05	17,27	20,85	21,01	20,64	20,83	22,13	22,44	22,21	22,02	22,13	22,34	22,35	22,30	23,77	20,97	22,63	26,25	24,77
Th	14,20	18,50	18,34	18,52	18,17	18,24	18,14	18,34	18,79	18,63	18,71	18,12	18,23	18,27	18,70	18,16	13,63	14,08	18,30
U	4,86	8,87	8,82	8,89	8,72	8,77	8,91	8,99	9,07	8,98	9,01	8,86	8,84	8,89	8,86	8,77	4,67	4,82	9,11
La	19,89	27,78	26,78	26,66	26,72	26,67	26,71	27,12	27,08	26,66	26,87	26,34	26,57	26,64	26,65	26,91	21,59	21,02	26,16
Ce	37,72	49,25	47,11	47,28	47,08	47,42	47,17	47,92	48,57	47,53	47,85	46,88	47,01	47,23	47,40	49,23	41,49	38,76	48,35
Pr	4,06	5,10	4,91	4,93	4,90	4,90	4,85	4,91	4,99	4,92	4,96	4,84	4,90	4,91	4,88	5,08	4,40	3,97	4,98
Nd	12,85	16,21	15,77	15,82	15,80	15,76	15,64	15,86	16,13	15,83	15,90	15,63	15,71	15,70	15,77	16,38	14,01	12,04	15,87
Sm	2,36	2,61	2,55	2,53	2,51	2,53	2,51	2,51	2,60	2,54	2,54	2,47	2,54	2,51	2,49	2,57	2,45	2,00	2,60
Eu	0,32	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,44	0,43	0,44	0,44	0,42	0,34	0,28	0,42
Gd	1,75	2,04	1,96	1,95	1,88	1,97	1,92	1,95	1,95	1,99	1,98	1,93	1,96	1,91	1,98	2,11	1,95	1,54	2,02
Tb	0,28	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,28	0,23	0,30
Dy	1,55	1,70	1,63	1,68	1,66	1,64	1,66	1,66	1,69	1,66	1,68	1,65	1,66	1,67	1,69	1,68	1,59	1,31	1,67
Ho	0,31	0,35	0,33	0,34	0,33	0,33	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,30	0,26	0,33
Er	0,82	0,96	0,93	0,90	0,91	0,91	0,91	0,92	0,94	0,93	0,94	0,91	0,89	0,94	0,92	0,95	0,84	0,72	0,93
Yb	0,94	1,13	1,11	1,13	1,09	1,11	1,11	1,13	1,11	1,13	1,12	1,07	1,10	1,12	1,12	1,12	0,91	0,81	1,12
Lu	0,15	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,14	0,13	0,18

	Pérou - Sources					Mayni					Casa Vieja					
	Quispisisa	Coracora	Tipo	COTO1	COTO2	CCAMP	may. 055 (38)	may. 346 (672)	may. 248 (534)	may. 248 (535)	may. 282 (629)	may. 282 (665)	CASA 1001A	CASA 1001B	CASA 13,25	CASA 5507
	Ayacucho	Ayacucho	Ayacucho													
Al ₂ O ₃	12,94	13,70	12,54	13,04	13,31	14,81	13,66	13,60	13,59	13,51	13,58	12,75	13,07	12,75	13,25	13,17
Fe ₂ O ₃	0,75	1,02	0,67	0,70	0,64	1,28	0,80	0,84	0,85	0,83	0,89	0,91	0,75	0,79	0,82	0,79
MnO	0,05	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03
MgO	0,15	0,17	0,06	0,08	0,08	0,21	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,12	0,12	0,13	0,13
CaO	0,90	1,14	0,63	0,69	0,86	1,42	0,91	0,92	0,90	0,93	0,93	0,92	1,09	0,96	0,96	0,97
Na ₂ O	3,99	4,12	4,77	4,44	3,92	4,83	3,71	3,45	3,58	3,60	3,55	3,77	3,65	3,90	4,08	3,99
K ₂ O	3,66	4,05	3,21	4,29	4,03	4,30	4,18	4,31	4,13	3,86	4,16	4,06	4,17	4,24	4,10	4,20
TiO ₂	0,13	0,17	0,08	0,08	0,06	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,11	0,10	0,12	0,10
Co	0,49	0,60	0,16	0,74	0,68	0,73	0,50	0,48	0,47	0,48	0,47	0,53	1,00	0,67	0,69	0,65
Rb	172,33	149,11	116,72	257,71	236,89	145,18	181,84	177,56	176,14	173,20	173,44	175,58	179,68	180,88	174,86	175,61
Sr	122,58	259,82	51,36	42,71	40,88	252,41	128,35	125,54	123,90	123,02	122,64	125,53	128,71	127,93	123,97	122,14
Y	11,20	12,31	10,36	20,28	19,48	29,67	11,73	11,55	11,35	11,29	11,23	11,46	11,89	12,02	11,72	11,66
Zr	97,53	172,83	90,66	86,95	83,22	171,44	102,12	101,14	99,80	98,78	98,52	99,97	99,81	99,40	98,53	98,18
Nb	11,61	15,11	32,24	24,39	23,22	20,26	12,13	11,88	11,80	11,68	11,62	11,89	12,08	12,04	11,97	12,00
Cs	10,00	3,88	3,45	10,02	5,21	6,45	10,99	10,72	10,81	10,75	10,68	11,01	11,03	11,03	10,68	10,68
Ba	705,97	1092,70	185,75	124,38	124,88	730,09	714,86	705,54	709,32	703,65	697,17	719,88	682,30	681,23	678,58	673,48
Hf	3,22	5,07	3,72	3,84	3,96	5,31	3,23	3,28	3,18	3,26	3,20	3,27	3,40	3,26	3,43	3,36
Ta	1,28	0,94	2,31	1,94	1,97	1,84	1,27	1,27	1,25	1,28	1,25	1,29	1,27	1,29	1,33	1,28
W	3,12	1,03	1,18	1,71	1,65	4,00	3,10	3,12	3,21	3,21	3,15	3,36	2,96	2,96	3,14	3,08
Pb	25,89	30,28	28,31	29,65	29,64	35,58	26,03	26,34	26,28	26,38	26,15	26,75	27,67	27,12	28,83	28,58
Th	18,75	17,90	14,08	22,05	21,73	12,07	17,82	18,32	17,59	17,89	17,82	18,27	18,17	17,86	18,53	18,51
U	8,73	3,52	4,68	7,62	7,52	6,68	8,31	8,58	8,14	8,22	8,13	8,60	8,97	8,95	9,17	9,09
La	26,45	56,97	19,20	18,42	17,69	40,08	26,89	26,57	26,79	26,54	26,44	26,97	26,53	26,67	26,49	26,45
Ce	48,11	105,97	37,38	40,84	39,46	77,86	48,73	48,03	48,67	48,42	48,01	48,69	48,70	49,19	49,03	48,98
Pr	5,02	10,95	4,01	4,62	4,48	8,32	5,06	5,01	5,05	5,00	5,00	5,06	4,71	4,87	4,85	4,82
Nd	16,01	35,03	12,84	16,61	16,43	28,95	16,12	15,93	15,99	15,75	15,76	16,27	16,18	16,16	16,21	15,86
Sm	2,59	5,08	2,29	3,62	3,53	5,19	2,61	2,57	2,57	2,58	2,58	2,60	2,47	2,52	2,49	2,54
Eu	0,46	1,00	0,32	0,28	0,28	1,07	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,44	0,49	0,49	0,49	0,50
Gd	2,11	3,21	1,79	3,58	3,64	5,63	1,98	2,00	1,93	1,97	1,92	2,00	2,49	2,57	2,57	2,52
Tb	0,29	0,42	0,27	0,53	0,51	0,79	0,29	0,29	0,30	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,31	0,32
Dy	1,67	2,10	1,51	3,03	3,11	4,81	1,64	1,63	1,64	1,65	1,63	1,68	1,79	1,79	1,83	1,78
Ho	0,34	0,38	0,30	0,58	0,57	0,94	0,33	0,34	0,34	0,34	0,33	0,34	0,34	0,35	0,34	0,35
Er	1,01	1,04	0,87	1,84	1,82	3,04	1,01	1,00	0,98	0,98	0,97	1,04	1,12	1,12	1,12	1,13
Yb	1,12	0,99	0,90	1,76	1,74	2,95	1,12	1,11	1,12	1,14	1,11	1,16	1,23	1,21	1,23	1,22
Lu	0,17	0,14	0,13	0,25	0,26	0,44	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,18	0,19	0,19	0,18	0,19

ANNEXE 10

Rapports inédits des études sur les matières premières de sites subalpins réalisées par J. Affloter

PAS DE LA CHARMATE AIRE 1:
ANALYSE PETROGRAPHIQUE D'UN LOT DE SILEX
(J. Affloter, Neuchâtel)

silex indéterminables: IND
autres silex: DIV (silex identifiables,
différents des précédents, présents en très faibles quantités)

L'analyse pétrographique de l'industrie lithique du Pas de la Charmate I a été commencée par C. Grunwald. Ses principaux résultats ont été publiés dans le rapport du S.R.A. circonscription Rhône-Alpes de 1990-1992 et dans les actes du colloque de Louvain en 1990. Ils concernent essentiellement le carré D11. En résumé, les matériaux utilisés proviennent en majorité de l'urgonien des régions de Vassieux et d'Ambel, situées à une vingtaine de kilomètres au sud du site. Les autres matériaux viennent du Valanginien du nord-ouest (vallée de la Vernaison, 5 km.), et du Sénonien du nord-est (val de Lans, ~16 km.). Le silex valanginien sub-local, situé en contrebas à environ 300 m d'altitude, ne semble pas avoir été exploité dans les couches les plus profondes (couches D et C3) ; dans les couches supérieures, il est présent mais en très faibles quantités. Parallèlement à l'analyse, C. Grunwald a effectué une prospection géologique très complète du Vercors et de la Chartreuse, et établi la carte des sources de silex de ces régions.

Nous avons repris la suite de l'étude de ce site à la demande de P. Bintz, dans le but de faire la part des principaux matériaux dans les autres zones de l'abri. Nous avons tenté de retrouver les dénominations de C. Grunwald. Sa numérotation des matériaux, de 1 à 4 pour les couches C2 et de 1 à 6 pour les couches C3 et D, est difficile à utiliser, car elle sous-entend que l'on connaît d'avance l'appartenance à telle ou telle couche de chaque pièce, ce qui n'est pas notre cas (le matériau 3 de la couche C2 n'est pas le même que le matériau 3 de la couche C3). Afin de conserver tout de même une certaine homogénéité dans les déterminations, nous suivrons à peu près les grandes divisions établies par C. Grunwald. Nous utiliserons un code à trois lettres, interne à ce site, pour faciliter le traitement des données. D'après les matériaux identifiés par C. Grunwald, il est possible de regrouper les silex présents sur le site dans les types de matériaux suivants:

silex urgoniens:	code URG
silex valanginiens:	VAL
silex sénoniens:	SEN
silex turoniens:	TUR
silex à Orbitoïdes:	ORB
silex à Orbitolines:	ORL

Les distinctions de détail entre les différents faciès urgoniens ne seront pas abordées, car ces faciès peuvent coexister dans les affleurements. De même, les faciès sénoniens se trouvent souvent remaniés ensemble dans le Tertiaire (poches d'altération de l'Eocène et molasses du Miocène).

Nous avons d'abord revu un lot de silex partiellement déterminés par C. Grunwald (carré D11 et outils tous carrés des couches C2), afin de nous familiariser avec les matériaux et les patines propres au site de Charmate I. Puis nous avons analysé des silex provenant des carrés suivants (cf. annexe) : C10, C11, C14, CD10, D10, D11, D12, D13, D14, ED12, E12 et E17.

Il faut noter l'abondance des silex brûlés (31,5 % en nombre). Cela est probablement lié à la présence d'un foyer qui occupe une partie de la zone analysée. Est-ce dû au fait que les mésolithiques se plaçaient près des foyers pour tailler, et que beaucoup d'éclats sautaient dans le feu lors du débitage, ou faut-il envisager une fonction de dépotoir pour les zones foyères? Il faudra confronter l'ensemble des analyses sur les différentes catégories d'objets pour répondre à cette question.

Sur un total de 1453 pièces analysées, le nombre de pièces à cortex (quelle que soit l'étendue de celui-ci) s'élève à 191, soit 13% (en nombre). Tous les matériaux présentent au moins quelques pièces à cortex. L'introduction sur le site et le mode de débitage se sont probablement opérés de la même façon pour tous les matériaux sans distinction. D'après ces résidus corticaux, ce ne sont pas seulement de très petits rognons qui ont été introduits sur le site (dans ce cas, ce pourcentage élevé ne serait pas significatif). Les matériaux ont donc probablement été introduits sur le site sous la forme de rognons entiers ou à peine testés, et on devrait retrouver tous les stades de la chaîne opératoire.

Les matières premières se répartissent dans le lot analysé de la façon suivante:

carré	URG	SEN	ORB	ORL	TUR	VAL	DIV	IND	tot.
C10	75	85			1	27	5	45	252
CD10	12	18			1	3	0	15	49
D10	204	302			3	67	3	126	713
D11	75	108			13	17	4	47	281
D12	46	9			0	5	0	18	79
aut.	4	20			0	4	1	16	47
out.	11	12			1	1	0	5	32
Tot.	427	554			19	124	13	272	1453

Tableau 1: Répartition des matériaux par carré.

Ce décompte ne tient compte que de nos propres déterminations et devra être complété par les analyses de C. Grunwald pour les carrés C11 et D11 ainsi que pour les outils.

Il nous paraît prématuré d'interpréter la répartition des matériaux par carré. Par rapport aux analyses antérieures, le silex valanginien semble assez abondant; les autres variétés se

ANNEXE 10

comportent globalement de la façon mise en évidence par C. Grunwald.

En ce qui concerne les sources de matières premières siliceuses, nous n'avons pas trouvé d'éléments nouveaux par rapport à ce qu'avait établi C. Grunwald, nos analyses ne font que confirmer le schéma d'approvisionnement qu'elle avait élaboré.

Les Mésolithiques du Vercors ne semblent pas avoir eu de relations avec ceux de l'Ouest du Jura, du moins en ce qui concerne les matières premières. Le spectre des matériaux utilisés à Ranchot est complètement différent. Au Mollendruz, des recherches complémentaires devront être entreprises avant toute conclusion: ce site présente un matériau du Crétacé supérieur marin, à quartz détritiques, dont l'origine n'a pas encore été précisée; ce matériau nous paraît assez proche d'une des variétés de silex du Pas de la Charmate I. Cependant, il faudra d'abord vérifier s'il n'existe pas d'affleurements plus nordiques que ceux du Vercors et de la Chartreuse.

PAS DE LA CHARMATE, AIRE I : ANALYSE PÉTROGRAPHIQUE D'UN LOT DE SILEX DE LA COUCHE C1. (J. Affolter)

Afin de compléter l'analyse du site du Pas de la Charmate- aire 1, un second lot de silex, provenant des couches C1 et C2a, a été étudié. Les matériaux identifiés sont les mêmes que dans le reste du site (tableaux 2 et 3).

Type silex	nombre	cortex	feu
Sénonien	28	1	4
Urgonien	35	0	12
Valanginien	5	0	2
Divers	1	0	0
Indéterminés	16	0	6
Total	85	1	24

Tableau 2: Matériaux de la couche C1.

Dans la couche C1, La proportion d'indéterminés est sensiblement la même que dans le reste du site. La rareté des pièces à cortex est probablement due au fait qu'il y a beaucoup d'outils dans le lot pris en compte. Il faut noter l'absence de silex sénoniens à Orbitoïdes dans ce niveau. Le nombre de pièces brûlées semble varier en fonction du matériau.

Type silex	nombre	cortex	feu
Sénonien	10	0	0
Urgonien	4	0	1
Valanginien	1	0	0
Divers	2	1	1
Indéterminés	1	0	0
Total	18	1	2

Tableau 3: Matériaux de la couche C2a.

L'effectif analysé dans la couche C2a est trop faible. Le sénonien paraît avoir été préféré aux autres matériaux, mais les principales variétés sont tout de même représentées.

ANNEXE 10

LA GRANDE RIVOIRE : ANALYSE PETROGRAPHIQUE D'UN LOT DE SILEX. (J. Affolter)

Le site en abri de la Grande Rivoire se situe à 580 m d'altitude à l'entrée nord du val de Lans, un des principaux accès aux plateaux du Vercors. Dans les parois constituées de calcaires sénoniens apparaissent des nodules de silex partiellement désilicifiés, de qualité moyenne. Les

affleurements de silex sénoniens remaniés dans le Miocène du Val de Lans sont facilement atteignables et exploitables. Par contre, les gîtes valanginiens et urgoniens sont peu accessibles, il faut franchir des falaises et des gorges, ou faire un long cheminement le long des crêtes pour y parvenir.

Une partie du matériel n'étant pas marquée individuellement, il a été procédé à un décompte par carré/couche pour ces pièces (Tableau 1).

cr/cu	SEN loc	SEN aut	ORB	URG	TUR	VAL	DIV	IND	Tot nb	feu	cor
2B3b/C	4	6						1	11	3	2
2B3/D	3	2		1	1		1		8	2	1
3B3C	3	3						1	7	3	2
tot B3	10	11		1	1		1	2	26	8	5
2C	42	58	8	4	1	1	6	14	134	51	18
3C		6							6		3
5C	58	70	1	5	1	1		21	157	77	40
5Ca	15	15		1				1	32	17	8
6C	20	19		1				6	46	23	11
12C	3	4		1					8	4	3
tot C	138	172	9	12	2	2	6	42	383	172	83
tot D	11	2							13	3	7

Tableau 1: matériaux des pièces non individualisées.

Les autres pièces, qui étaient déjà individualisées par un numéro lors de cette étude, ont été listées selon la procédure habituelle. Puis ces données ont été regroupées avec celles des pièces non individualisées (Tableau 2).

L'état de conservation des pièces est moyen, 10% d'entre elles n'ont pas pu être déterminées à cause d'une altération trop intense (par le feu mais aussi par la patine).

niveau	SEN loc	SEN aut	ORB	URG	TUR	VAL	DIV	IND	TOTAL
B3	63	68	3	27	2	3	9	18	193
C	176	195	10	18	3	2	6	50	460
D	14	3							17
Total	253	266	13	45	5	5	15	68	670

Tableau 2: répartition par couche et matériau du lot analysé.

Le matériau local a été assez intensément exploité: il a servi de support à 38% des pièces en moyenne. Mais le Sénonien remanié du Val de Lans a, lui aussi, été largement mis à contribution (39%). Le Sénonien à Bryozoaires du val de Rencurel et le Valanginien sont par contre rares. Près de 8% des pièces sont en silex urgoniens du sud du Vercors; parmi elles, les différents faciès du plateau de Vassieux sont représentés, alors que ceux d'Ambel sont absents. Parmi les silex "Divers", il faut remarquer la présence de 2 pièces en cristal de roche (ce matériau est inclus dans les silex sensu lato car il est débité selon les mêmes techniques), et celle d'un silex lacustre qui ne provient pas de la région de St. Hilaire en Royans (il pourrait être originaire soit du Lyonnais, soit du Midi de la France).

Dans la couche inférieure, datée du Mésolithique moyen, seuls le Sénonien local et celui du Val de Lans, très proche, ont été utilisés. Dans la couche intermédiaire du Mésolithique moyen, presque toutes les matières premières existant dans le Vercors sont représentées, bien que le Sénonien domine largement l'inventaire (80%). Dans la couche supérieure, du Mésolithique récent, le Sénonien perd de l'importance (68%) au profit de l'Urgonien et des "Divers", dont le silex lacustre exogène.

Les Mésolithiques qui se sont installés à La Grande Rivoire ne disposaient pas de réserves en silex; ils ont exploité les matériaux locaux et sub-locaux. Plus tard, ils connaissaient une bonne partie des ressources du massif, mais ils ne semblent pas être allés dans le sud-ouest du Vercors. Ou peut-être n'y avaient-ils pas librement accès si un autre groupe contrôlait cette partie du Vercors? A la fin du Mésolithique, des contacts plus lointains se mettent en place, et des matériaux extérieurs au Vercors font leur apparition.

ANNEXE 10

L'ECHELLE: ANALYSE PÉTROGRAPHIQUE D'UN LOT DE SILEX MÉSOLITHIQUES. (J. Affolter, Neuchâtel)

L'environnement

La grotte de l'Echelle se trouve sur le bord ouest du val de Rencurel, à 1100 mètres d'altitude. Elle s'est formée dans un calcaire urgonien sans silex. En contrebas affleure le Sénonien; à cet endroit, il contient des nodules partiellement désilicifiés de mauvaise qualité, que l'on peut considérer comme sub-locaux. L'affleurement de bon silex le plus proche est celui du Col de Romeyère, à environ 3 Km au sud. Vers l'ouest, le Valanginien à silex est proche mais d'accès

difficile: pour l'atteindre, il faut monter à 1400 m, puis descendre par la falaise à 1250 m, ou faire un très long détour par Rencurel et la vallée de la Boume.

A l'est, les affleurements du Val de Lans sont assez accessibles, bien que les dénivellations à franchir soient importantes (dans chaque sens, il y a environ 600 m à monter et autant à descendre). Pour rejoindre les gisements à silex de l'Urgonien, il faut franchir la Boume et les falaises qui l'entourent.

Les matériaux présents

La bonne conservation de l'industrie lithique a permis d'identifier le matériau de 96,5% des pièces (tableau 1).

cu	sen loc	sen bry	sen orb	sen aut	sen tot	urg	val	div	ind	Tot
D1	7	1		11	19	1			1	21
D3	1	8	3	74	86	3		2	8	99
D4	2	10	2	55	69	10			6	85
E1		19	1	22	42	3	1			46
E2		1		4	5				1	6
E3	1	2		10	13	3	2		2	20
Tot	11	41	6	216	234	20	3	2	18	277

Tableau 1

cu: couche; sen: sénonien; loc: sub-local; bry: à Bryozoaires;
orb: à Orbitoïdes; aut: autres; sen tot : total sénonien; urg: urgonien; val: valanginien;
div: divers; ind: indéterminés; Tot: total par couche et par matière.

Les habitants mésolithiques de l'Echelle ont peu utilisé le matériau sub-local de mauvaise qualité. Le silex à Bryozoaires du val de Rencurel a été relativement apprécié. Mais le matériau le plus exploité a été le sénonien du Val de Lans, y compris les variétés à Orbitoïdes. L'urgonien est peu représenté, bien que les deux faciès, Ambel et Vassieux, aient été apportés sur le site. Le Valanginien est juste présent. Tous les matériaux sont présents dans toutes les couches.

Conclusion

Il semble que les mésolithiques qui ont séjourné à l'Echelle sont chaque fois arrivés avec un ensemble de silex, et qu'ils ne dépendaient pas des matériaux locaux. Ce type de spectre des matières premières fait penser à un site voué à des occupations occasionnelles de courte durée plutôt qu'à un habitat régulier.

Résumé - La fréquentation préhistorique des Alpes du Nord nous est connue à travers la découverte de sites livrant des vestiges lithiques et osseux. Une vision plus fine des modalités de pénétration, de circulation intra-massifs et d'exploitation saisonnière du milieu alpin peut être abordée à travers l'étude des matières premières composant la série lithique d'un site, par la détermination de leurs origines.

Dans les sites des Préalpes françaises (depuis le massif des Bornes jusqu'au Dévoluy), le matériau privilégié par les préhistoriques est le silex. Des prospections réalisées dans le cadre de ce travail et antérieurement ont permis de cartographier les ressources en silex régionales et de regrouper plusieurs centaines d'échantillons de référence. Classiquement, ce matériau fait l'objet de caractérisations macroscopiques et pétrographiques. Cependant, ces méthodes ne sont pas toujours discriminantes et certaines sources ou types de silex demeurent difficiles à identifier dans un paysage lithique complexe. C'est pourquoi nous avons tenté d'apporter un nouvel éclairage à la question de la caractérisation du silex au moyen de la géochimie. Nous avons analysé les silex de 30 sources (138 échantillons) et de deux sites archéologiques (27 artefacts) par ICP-AES et ICP-MS, en mode destructif. Les caractérisations élémentaires permettent de distinguer les silex d'étages géologiques différents. Par contre, l'hétérogénéité intra-source constatée limite les possibilités de discrimination univoque des sources appartenant à un même étage géologique, à moins qu'elles ne soient suffisamment éloignées géographiquement. Toutefois, parmi les 22 sources sénoniennes analysées, celle de la Grande-Rivoire, située sur une des voies possibles de pénétration du massif du Vercors et exploitée dès le Mésolithique moyen, présente une signature géochimique spécifique. Plusieurs artefacts lui ont été attribués. Les analyses d'un autre matériau employé durant la Préhistoire, l'obsidienne, mettent en évidence les particularités de la signature géochimique du silex.

Les approches pétrographiques nous ont permis d'établir le schéma d'approvisionnement et l'origine des artefacts en silex de huit sites archéologiques par comparaison avec les échantillons géologiques à notre disposition.

Le matériel archéologique étudié au moyen de la géochimie et par les approches non-destructives a révélé des comportements vis à vis de l'acquisition et de la gestion des silex différents en fonction de la nature des sites, de leur positionnement géographique et de la période considérée. Des zones de contact et des voies de circulation privilégiées ont ainsi été mises en évidence.

MOTS CLES : Silex, Préhistoire, Mésolithique, Néolithique, Alpes françaises, archéométrie, caractérisation pétrographique, géochimie, approche territoriale, provenance.

Abstract - Prehistoric occupation of Northern Alps is known through the discovery of sites showing lithic and bone remains. An accurate understanding of prehistoric movements within a massif and alpine environment seasonal exploitation can be investigated by determining the origin of raw materials that constitute lithic artifacts of a given site.

In French Prealpes sites, the material most encountered is flint. Geological survey conducted during the present work and previously allowed to map out regional flint resources and to regroup several hundred of reference samples. Conventionally, flint is submitted to macroscopic and petrographic characterizations. However, such methods do not always provide discrimination and some sources remain hard to identify in a complex lithic environment. That is why we attempted to bring a new insight to flint characterization through geochemistry. We analysed flints from 30 sources (138 samples) and from two archaeological sites (27 artefacts) by ICP-AES and ICP-MS in a destructive way. Chemical analysis allows to distinguish flints from different geological stages. Source heterogeneity limits univoc discriminations for sources from a single geological stage, unless the outcrops are quite distant. Nevertheless, among the 22 senonian sources analysed, the la Grande-Rivoire one, located on one possible way of penetration of Vercors massif and exploited since Middle Mesolithic, shows a specific geochemical pattern. Several artefacts were assigned to this source. Analyses of an other material used during Prehistory, obsidian, highlight the specificity of flint geochemical fingerprint.

Petrographic approaches allowed us to define the procurement pattern and to source flint artefacts from eight archaeological sites by comparison to available geological samples.

Archaeological material studied through geochemistry and non-destructive approaches revealed different attitudes toward flint procurement related to sites function, their geographic location and the period considered. Main contact areas and circulation ways were also highlighted.

KEY WORDS : Flint, Prehistory, Mesolithic, Neolithic, French Alps, archaeometry, petrographic characterization, geochemistry, territorial approach, provenance.