

L'occupation néolithique de Velroux « Quartier Roba » (Grâce-Hollogne)

Fouilles 2004/2005 dans la zone d'extension de l'aéroport de Liège

Partie 2 - Étude archéométrique des céramiques rubanées et recherche des sources des matières premières

Éric GOEMAERE, François TROMME et Thierry LEDUC

RÉSUMÉ

Les observations pétrographiques en lames-minces (L.M.) et les analyses au microscope électronique à balayage (MEB) confortent les observations macroscopiques et mésoscopiques effectuées sur des tessons appartenant à deux espaces d'occupation rubanée situés à Velroux (Grâce-Hollogne, Province de Liège, Belgique). Quatre groupes et plusieurs sous-groupes de pâtes céramiques ont été identifiés et caractérisés. Les sources locales et régionales des matières premières utilisées par les potiers rubanés sont discutées et ouvrent des perspectives sur les utilisations des matières premières sur la grande aire rubanée.

MOTS-CLÉS : Rubané, pétrographie en lames-minces, microscope électronique à balayage, EDS, sources des matières premières, Hesbaye, Belgique.

ABSTRACT

Petrographic observations in thin sections (L.M.) and scanning electron microscopic (SEM) analyses complete the macroscopic and mesoscopic observations made on pottery sherds belonging to two occupation area belonging to the Linear Pottery culture and located at Velroux (Grâce-Hollogne, Province of Liege, Belgium). Four groups of ceramic pastes and some sub-groups were identified and characterized. Local and regional sources of raw materials used by the LBK potters are discussed and open perspectives on the uses of raw materials in the large Linear Pottery Culture area.

KEYWORDS: Linear Pottery Culture, thin-section petrography, scanning electron microscope, EDS, raw material sourcing, Hesbaye, Belgium.

1. Introduction

Une équipe de l'ASBL « Les Chercheurs de la Wallonie » est intervenue dans la zone d'extension de l'aéroport de Liège/Bierset (Marchal & Loicq, 2007) dans le cadre des recherches préventives initiées par le Service de l'Archéologie (Direction de Liège I, Agence wallonne du Patrimoine) en zone d'activité économique. Ghesquière (2012) a réalisé un travail inédit de master intitulé « La céramique néolithique et protohistorique du site de Velroux ». Les recherches ont révélé trois occupations dont la plus ancienne date du Rubané. Une suite de publications consti-

tuant une analyse pluridisciplinaire du site est consacrée à l'occupation rubanée. La première (Tromme, 2017) était consacrée à l'histoire des recherches, à la description des structures et à leur interprétation. Les deux publications les plus récentes figurent dans le présent volume.

Le cadre général de la recherche a été décrit par F. Tromme (2017) et brièvement synthétisé ici. Velroux (village de l'entité de Grâce-Hollogne, Province de Liège) se situe au nord-ouest de son chef-lieu et au nord de l'aéroport de Bierset. Trois zones d'occupa-

tion, dont une du Rubané, sont implantées au sommet d'un interfluve (+195 m), au niveau de la ligne de partage des eaux entre Meuse et Geer, et ont été révélées par les fouilles de 2004 et 2005. Le site archéologique est partiellement repris dans l'enceinte d'exploitation de l'aéroport de Bierset. Ces travaux récents ont succédé à des repérages menés après la Seconde Guerre mondiale et à des fouilles menées en 1958.

F. Tromme a (1) refait un décompte des tessons en les rapportant à leur structure de découverte puis aux ensembles organisés, (2) recensé le tout dans un inventaire complet, (3) effectué des remontages en associant les tessons en fonction des pâtes et des décors, (4) déterminé le nombre minimum d'individus, non par fosse, mais par ensemble cohérent en fonction des remontages et (5) analysé les coupes en les positionnant sur le plan général pour comprendre les interactions entre structures (Tromme, 2017).

Deux espaces ont été considérés en fonction du positionnement des structures et de leur type. L'espace E1 comprend 13 structures identifiées comme des fosses de rejet contenant, pour certaines, une couche riche en fragments de terre cuite. Ces structures sont groupées en deux ensembles encadrant une zone vierge où « une activité artisanale liée au feu » a pu prendre place mais dont les vestiges en surface ont disparu du fait de l'érosion. L'espace E2 se caractérise par la présence de rangées de potentiels trous de poteau, encadrées par deux structures détritiques, dont une contient une couche de rejet de terre cuite (Tromme, 2017).

Les analyses qui ont suivi cette première publication ont permis de compléter les liaisons interfosses déjà évoquées (Tromme, 2017 : 65). Nous pouvons affirmer aujourd'hui, à la suite de nouveaux remontages et associations reliant l'Espace I à l'Espace II et à d'autres petites structures rubanées, que le site de Velroux relève d'une seule et même occupation.

La présente contribution est consacrée à l'analyse pétrographique et géochimique des pâtes des céramiques rubanées de Velroux. Elle permet, dans un premier temps, d'identifier les recettes de pâtes, de caractériser les matières premières mises en œuvre par les potiers et d'en rechercher les sources. À

terme, cette étude permettra d'effectuer des comparaisons intra et inter-sites à l'échelle de la Hesbaye, puis des autres espaces rubanés et la comparaison avec les autres groupes culturels néolithiques. L'étude archéométrique s'appuie sur l'étude typologique et les descriptions macro- et mésoscopiques des tessons. De plus en plus d'études céramiques comportent un volet d'étude pétrographique des pâtes (quelques références relatives à la pétrographie du Néolithique ancien franco-belge : Bosquet *et al.*, 2005 ; Gomart, 2012, 2014 ; Gomart & Ilett, 2017, Gomart *et al.*, 2017 ; van Doosselaere *et al.*, 2013, 2016) et, plus rarement, d'analyses géochimiques (Golitko, 2010, 2015).

2. Cadre géologique

Le site rubané de Velroux est situé au carrefour de quatre cartes géologiques toutes encore provisoires (= non imprimées) : 41/7-8 (Jehay-Bodegnée – Saint-Georges s/M), 41/3-4 (Waremme-Momalle, *cf.* Pingot, sous presse), 42/1-2 (Aleur-Liège), 41/7-8 et 42/5-6 (Seraing-Chênée). Les tracés provisoires des cartes à 1/25 000 sont consultables en ligne sur le site Web du Service géologique de Wallonie. La carte géologique à 1/40 000 Jehay-Bodegnée – Saint-Georges-sur-Meuse portant le n° 133 a été publiée par X. Stainier (1899). Notons que les cartes géologiques sont dessinées en enlevant la couverture quaternaire (sols et limons) à l'exclusion des alluvions anciennes et modernes des vallées et des dépôts anthropiques (terrils).

La géologie régionale est caractérisée par une couverture constituée par les terrains du Mésozoïque et du Cénozoïque, faiblement inclinés vers le nord et reposant par une discordance sur le socle paléozoïque (Parautochtone brabançon – pour la terminologie : voir Belanger *et al.*, 2012), plissé et faillé lors de l'orogénèse varisque et pénéplané. Ce socle n'affleure que sur les versants de la vallée mosane et des rivières qui entaillent suffisamment la couverture méso-cénozoïque. Le Mésozoïque de Hesbaye est le résultat d'une transgression marine qui a déposé des sédiments majoritairement crayeux, avec ou sans silex, mais aussi des niveaux argileux et marneux subsidiaires. Il a son

équivalent dans le Bassin de Mons dont il ne reprend que les étages les plus jeunes. Au cours du Cénozoïque, les transgressions marines alternent avec des régressions déposant une succession de couches marines littorales et continentales (surtout au sud de la Meuse) sableuses, silteuses et argileuses en Flandre et en Wallonie jusque sur le plateau ardennais où subsistent des poches résiduelles. Les sédiments marins renferment de la glauconite ainsi qu'une microfaune et, plus rarement, de la mésofaune et de la macrofaune. Les sédiments tertiaires remanient les sédiments meubles du Crétacé et du Tertiaire précédemment déposés ou les altérites du socle constitué de roches paléozoïques. Au Quaternaire, de multiples couches sédimentaires représentant des environnements très variés se déposent, dont les plus représentatifs en Hesbaye sont les dépôts fluviaux et surtout l'épaisse couverture superficielle formée de limons éoliens (loess) qui masque presque partout les terrains plus anciens. Toutes ces roches peuvent avoir été altérées. Ainsi le toit du Crétacé est localement décarbonaté laissant des placages d'argiles résiduelles et des accumulations de silex. Le site archéologique est implanté sur la couche loessique.

3. Inventaire céramologique

La collection d'étude de Velroux « Quartier Roba » compte un NMI de 216 individus rassemblant 1133 tessons, majoritairement de petite à très petite taille, retrouvés principalement dans les structures fossoyées des deux zones principales (Espace I et Espace II). Elle comptabilise ainsi 119 individus en pâte fine et 97 en pâte grossière (pour les tableaux : cf. article Tromme, 2022 – ce volume). Vu la petite dimension des tessons, les profils complets ou presque sont très rares (15 en « céramique fine » et 9 en « céramique grossière »). Ce sont donc, le plus souvent, des tessons isolés qui représentent des individus, avec, comme corolaires, des renseignements concernant essentiellement les bords et parties supérieures des panses des récipients avec quelques rares fonds. Comme nous avons identifié les individus, non par structure mais pour l'ensemble du site, les tableaux inventaires de la céramique reprennent le tesson (ou groupe de tessons)

remarquable identifiant un individu, précédé des numéros des fosses dont sont issus les tessons appartenant à cet individu, la détermination typologique des décors de bord et principal, et la morphologie générale du décor selon Blouet *et al.* ayant permis l'attribution à une phase du Rubané hesbignon (Blouet *et al.*, 2013a, b ; Blouet *et al.*, 2021 ; Tromme, 2018-2019, 2022 - ce volume). La planche 1 représente des cassures fraîches de tessons représentatifs des différents groupes établis par analyse pétrographique.

Par « céramique à pâte fine », nous entendons tout tesson d'une épaisseur comprise entre 3 et 6 mm, aux parois interne et externe bien finalisées et dont la pâte ne contient pas ou rarement d'élément non plastique repérable à l'œil nu dont la dimension est supérieure à un millimètre, ajouté volontairement. Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, un tesson est automatiquement classé comme « céramique à pâte grossière ». Une décoration peut affecter ou non une surface de l'un ou l'autre. C'est donc la composition des argiles avec leur(s) matériaux dégraissant(s) incorporés qui conditionne cette appartenance.

Tous les tessons ont été examinés par F. Tromme et, pour la toute grande majorité, sur la fracture radiale permettant le relevé de la chaîne opératoire, donc sur une surface suffisamment importante pour avoir une valeur statistique.

Tous ces tessons sont conservés au Centre de conservation, d'étude et de documentation du Préhistomuseum, rue de la Grotte 128 à Ramioul (Flémalle), ainsi que les fragments résiduels résultant de cette étude auxquels sera adjointe la collection de lames-minces décrite dans cet article.

4. Matériel et méthodes pour l'étude archéométrique

Vingt-trois tessons provenant du site archéologique rubané de Velroux, fouillé en 2004, ont été sélectionnés par F. Tromme pour refléter la diversité macroscopique (tab. 1). Ils proviennent des structures de rejet des espaces E1 et E2 (cf. *supra* et Tromme, 2017 et 2022).

La cassure fraîche des tessons sélectionnés a été examinée macroscopiquement (œil nu et loupe monoculaire 10 x) et mésoscopiquement (loupe binoculaire 40 x). Treize d'entre eux ont fait l'objet d'une analyse microscopique en lames-minces couvertes (format standard 4,4 x 3,9 cm) et notées de 1 à 13. Les techniques de préparation des lames-minces sont classiques. Les tessons utilisés pour cette étude n'ont pas été recuits au laboratoire en conditions oxydantes et il n'y a pas eu de colorations spécifiques des carbonates ou des feldspaths. Des lames-minces additionnelles ont été fabriquées à partir de loess cuit prélevé sur le site de Velroux (n = 1, réf. Vel-92), la glauconite de Vinalmont (Wanze) d'âge crétacé (n = 2) et des briquettes expérimentales faites à partir de l'argile de Lixhe/Hallembaye (Formation de la Smectite de Herve, Campanien inférieur, Crétacé) et des argiles résiduelles crétacées prélevées entre Hollogne-aux-Pierres et Grâce-Hollogne (à proximité des ruines de l'ancien château féodal) à l'occasion de l'ouverture d'une tranchée technique (sans visée archéologique) en 2017 (données non publiées à ce jour). Les lames-minces ont été examinées au microscope optique polarisant du Service géologique de Belgique.

Parmi les treize tessons utilisés pour confectionner les lames-minces, douze d'entre eux ont été sciés, enrobés dans de la résine époxy et polis pour en faire des sections polies. Le polissage manuel jusqu'à 2400 mesh s'est avéré compliqué à la suite de la fragilité de certains échantillons. L'échantillon n° 9 n'a pu être préparé car il ne restait plus de matière après la réalisation de la lame-mince.

Les sections polies ont été observées avec un microscope électronique à balayage Quanta 200 (ThermoFischer Scientific, ex FEI) en LowVac, à 23 KV et spot 7 avec un détecteur à électrons rétrodiffusés (*BSE – Back-scattered electrons mode*). Les observations en LowVac permettent de travailler sans métallisation et de faciliter les analyses chimiques. L'utilisation d'un détecteur BSE permet de distinguer les phases de densités électroniques différentes.

Les analyses chimiques semi-quantitatives ont été réalisées avec un système EDS

(spectroscopie par dispersion d'énergie – *electron dispersive X-ray* ou EDX) couplée au microscope électronique. Les analyses à 23 KV et spot 7 permettent de couvrir le spectre des éléments attendus dans l'échantillon et d'avoir un faisceau électronique d'intensité suffisante pour avoir des analyses fiables. Cinq analyses surfaciques à 1000 x (environ 0,5 mm²) sont effectuées sur chaque échantillon et les moyennes calculées sont reprises dans les tableaux 3 et 4. Elles permettent d'obtenir une analyse de la matrice silteuse à argilo-silteuse des tessons en choisissant les plages exemptes de toute inclusion et de chamotte. À ces analyses systématiques, s'ajoutent des analyses surfaciques faites à un grossissement de 2000 x et des analyses ponctuelles (inclusions minérales, chamotte). Les diagrammes binaires (fig. 1) et ternaires (fig. 2) ont été réalisés respectivement avec les programmes Excel et Triplot.

5. Observations macro- et mésoscopiques

On distingue quatre groupes dont trois sont associés aux deux espaces E1 et E2. Le quatrième groupe n'est représenté que par un seul tesson. Les observations sont faites tant sur les cassures fraîches que par transparence sur les lames-minces. Plusieurs planches photographiques (pl. 1 à 8) illustrent les différents types de pâtes (sur fracture fraîche – pl. 1, en lames-minces – pl. 2 à 6, et au microscope électronique à balayage – pl. 7 et 8).

- Le premier groupe est constitué par les pâtes riches en chamotte (20 à 30 %) de différentes couleurs, tantôt plus claires, tantôt plus sombres. Il sera désigné sous l'acronyme CH. La taille des grains de chamotte est généralement comprise entre moins de 1 mm et 4 mm. Des grains de quartz de la taille des sables fins à très fins ponctuent la matrice fine. Ce groupe comprend trois tessons : VE-QR-04-92-18-20 (LM-1), VE-QR-04-12-02-11 (LM-3) et VE-QR-04-153-351-07 (LM-12). Ce dernier est le plus pauvre en chamotte. Les tessons sont zonés de rouge et de brun foncé. On observe des macropores et des mégapores linéaires. Il convient d'ajou-

Fosses de l'espace 1			Fosses de l'espace 2		
N° inventaire	LM	SEM/EDS	N° inventaire	LM	SEM/EDS
VE-QR-04-92-18-20	LM-1	X	VE-QR-04-153-01-02		X
VE-QR-04-92-18-21	LM-2	X	VE-QR-04-153-351-39		X
VE-QR-04-12-02-11	LM-3	X	VE-QR-04-153-351-16		X
VE-QR-04-14-11-12	LM-4	X	VE-QR-04-92-5-7	LM-10	
VE-QR-04-92-02.018-10	LM-5	X	VE-QR-04-153-351-04		X
VE-QR-04-14-8-21	LM-6	X	VE-QR-04-153-351-06		X
VE-QR-04-914-373-20	LM-7	X	VE-QR-04-153-351-40	LM-11	X
VE-QR-04-14-10-22	LM-8		VE-QR-04-153-351-24		
VE-QR-04-914-373-31			VE-QR-04-153-351-07	LM-12	X
VE-QR-04-92-5-6		X	VE-QR-04-153-96-03	LM-13	X
VE-QR-04-914-373-26	LM-9	X			
VE-QR-04-914-373-32		X			
VE-QR-04-14-10-22		X			
Velroux-92	V-92	X			

Tab. 1 – Liste des tessons de Velroux « Quartier Roba » sélectionnés pour observations et analyses. LM-x : n° de référence de la lame-mince. Légende du numéro d'inventaire (exemple : VE-QR-04-92-18-20) VE : Velroux ; QR = Quartier Roba ; 04 = année de fouille (2004) ; 92 = structure de fouille d'où provient l'artéfact ; 18 = soit l'US soit le numéro de la fiche de fouille ; 20 = numéro d'isolat de l'artéfact au sein de la structure.

ter à ce groupe une variante représentée par le tesson VE-QR-04-914-373-20 (LM-7) qui est de couleur grise et présente tous les aspects d'un tesson surcuit. Un certain nombre de tessons du groupe CH contiennent des grains de glauconite (minéral du groupe des phyllosilicates, riche en fer) en nombre très variable. F. Tromme a identifié six individus différents réalisés dans la même pâte surcuite se distinguant en fonction des bords, de leur courbure, leur forme et inflexion (création du sous-groupe **CHH**). Tous ces tessons présentent une surface grise pulvérulente, très douce au toucher malgré la chamotte. Tous portent comme une couche d'altération uniforme couvrant de la même manière et avec la même épaisseur les faces et les fractures (pl. 1). La couleur du cœur varie de brun à brun noirâtre. Vu ces constats, la surcuisson

pourrait être le fait non pas d'une utilisation mais d'une recuisson après fracture¹.

- Un réexamen de toute la collection a permis à F. Tromme de créer un sous-groupe pour inclure des tessons dont la pâte est riche en chamotte (+/-20 %) et dont les grains xénomorphes ou subar-

¹ La surcuisson de ces tessons, vu leur altération identique sur toutes les faces, est le résultat non pas d'une surcuisson au moment de la cuisson du récipient ou de son utilisation mais après fracture et rejet. La surcuisson est due, pour une raison qui nous échappe, à un rejet volontaire ou non des tessons dans un foyer. Cela concerne la fracture du vase dont des éléments ont pu se retrouver dans un foyer pour être ensuite rejetés dans des fosses avec les restes de combustion : charbon de bois et terre cuite. D'ailleurs la totalité de ces individus en CHH proviennent de trois structures 9, 6 et 16 (fouille 14, 92 et 153) où ils étaient mélangés aux nombreux rejets de charbon de bois, de cendre et de terre cuite (observations de F. Tromme).

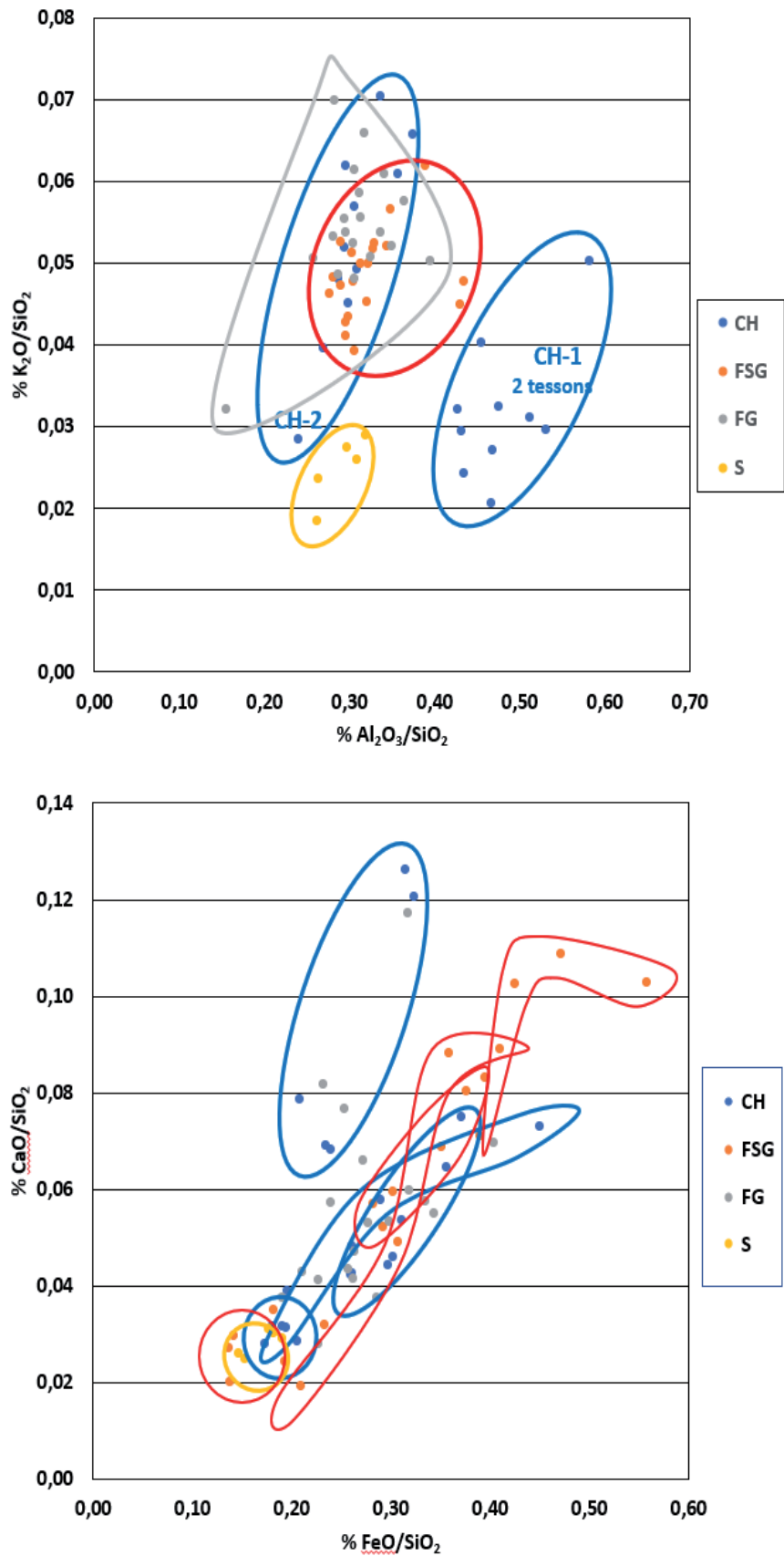


Fig. 1 – Diagrammes binaires présentant les distributions des compositions chimiques des différents groupes pétrographiques (graphe supérieur) et au sein de chaque tesson (graphe inférieur).

Données T. Leduc. Infographie É. Goemaere.

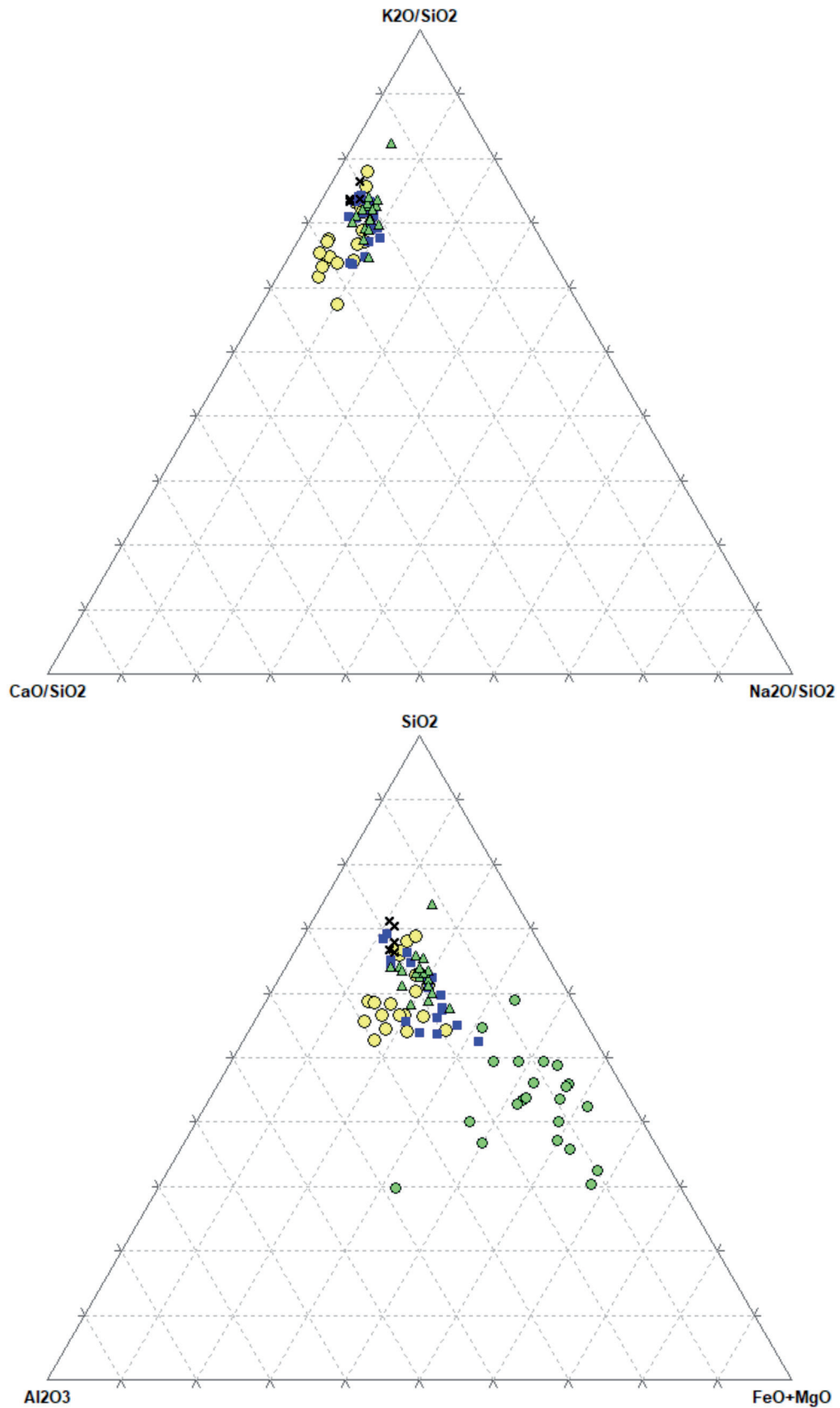


Fig. 2 – Diagrammes ternaires présentant les distributions des compositions chimiques des différents groupes pétrographiques. Le graphe inférieur ajoute les compositions chimiques des grains de glauconite. Ronds jaunes : groupe CH ; carrés bleus : groupe FSG ; triangles verts : groupe FG ; croix noires : groupe S ; ronds verts : glauconite. Données T. Leduc. Infographie É. Goemaere.

- rondis sont de dimension inférieure à un millimètre (un grain plus gros isolé peut être présent). Tous sont de teinte beige ou brunâtre à blanchâtre et proviennent d'un pilage fin de tessons en pâte fine ou d'un tamisage. Des grains sphériques noirs de glauconite (< 500 µm) et des grains de quartz de la taille des sables fins à très fins ponctuent irrégulièrement la matrice fine. Les pores sont rares, de petite dimension (genre fissure) et généralement de forme allongée. Cette description concerne un petit nombre de tessons dont le VE_QR_04-14_8_22 qui est issu de l'espace E1. Ce sous-groupe est dénommé « chamottée fine » (dont l'acronyme de ce sous-groupe sera CHF). Il fera l'objet d'une analyse pétrographique et chimique ultérieurement.
- Le deuxième groupe est marqué par une matrice fine argileuse avec une fraction sableuse à grains très fins (sables très fins : $63 \mu\text{m} < x < 125 \mu\text{m}$) peu abondante ainsi que des grains de quartz plus gros et des inclusions opaques noires, souvent à section elliptique (grains de glauconite chauffée). Il sera désigné avec l'acronyme FSG. Les tessons sont rouges et zonés. On ne distingue que des mésopores. Le groupe est représenté par quatre tessons : VE-QR-04-14-11-12 (LM-4), VE-QR-04-14-8-21 (LM-6), VE-QR-04-14-10-22 (LM-8) et VE-QR-04-153-96-03 (LM-13). L'échantillon VE-QR-04-14-10-22 montre la pâte la plus pauvre en fraction sableuse, tandis que l'échantillon VE-QR-04-153-96-03 en renferme le plus. Ce groupe présente donc une certaine variabilité.
 - Le troisième groupe, dont l'acronyme choisi est FG, est caractérisé par une pâte fine (très) riche en inclusions millimétriques circulaires brun rouge à brun noir (à proximité de la bordure) et se distinguant très bien du fond de pâte ; mais aussi des mêmes inclusions plus claires dans le cœur de certains tessons. La cuisson en conditions oxydantes de ces grains de glauconite va oxyder le fer et conférer un changement de la couleur initiale du minéral couvrant la palette jaune - vert clair à vert foncé (cru) vers

les teintes rouges à noires. En conditions réductrices, les inclusions de glauconites se coloreront dans des nuances allant du brun clair au gris. Ces tessons renferment aussi des inclusions de grains de quartz dans la fraction sableuse fine. Quatre tessons composent ce groupe. Les tessons VE-QR-04-92-02.018-10 (LM-5) et VE-QR-04-153-351-40 (LM-11) présentent une zonation colorée soulignée par les couleurs différentes des grains de glauconite, au contraire des tessons VE-QR-04-914-373-26 (LM-9) et VE-QR-04-92-5-7 (LM-10) qui présentent des grains de glauconite oxydée jusqu'au cœur du tesson.

- Le quatrième groupe, dont l'acronyme est S, est constitué par une pâte argilo-silto-sableuse grise à gris beige au cœur avec des taches noires (carbonées) indiquant une cuisson en conditions réductrices et/ou une surcuisson. Un seul tesson a été rencontré : VE-QR-04-92-18-21 (LM-2).

L'échantillon V-92 est une boulette de terre brûlée constituée d'une pâte silteuse rouge orange avec taches plus sombres gris brun, dans laquelle on distingue difficilement des menues paillettes de micas. La texture hétérogène est composée de « *peds* » (terme anglais désignant une petite unité de sol – cf. lexique de pédologie) subcirculaires plus riches en argile, en fer et en matière organique indiquant que la matière n'a pas été homogénéisée par malaxage et conserve ses structures pédogénétiques.

6. Observations microscopiques en lames-minces

L'analyse pétrographique de chaque lame-mince confirme et précise les observations antérieures. Les données sont synthétisées au tableau 2. Le premier auteur, pétrographe, s'excuse pour le vocabulaire spécialisé utilisé ici, qui peut décontenancer le lecteur, et l'utilisation d'acronymes évitant les circonlocutions. Les acronymes (CH, FSG, FG et S) spécifiques à ces items ont été choisis de manière à faire un lien aisé avec le descriptif : G pour glauconite et CH pour chamotte).

6.1. Le groupe des pâtes chamottées CH (LM-1, 3, 12 et 7-variante)

- Matrice (fraction < 63 µm) : matrice fine homogène, argileuse avec une très faible proportion de quartz dans la fraction silteuse à argilo-silteuse. Les pâtes des LM-1 et LM-3 sont optiquement actives². La pâte de LM-12 est faiblement active et celle de la LM-7 est non active indiquant pour cette dernière une température de cuisson très élevée (le tesson est surcuit). Cette surcuisson se marque par une décoloration de la lame car le fer (sous forme d'hématite et qui colorait en rouge ou en brun les pâtes) entre dans la structure d'aluminosilicates néoformés (minéraux artificiels). Une mince barbotine (30 à 60 µm) silteuse (lœssique) s'observe pour la seule LM-1.
- Inclusions (grains > 63 µm) : fraction sableuse bimodale (une distribution multimodale du nombre de grains en fonction de leur taille est une distribution statistique présentant plusieurs modes et ne suit donc pas une loi normale ; une répartition bimodale gaussienne présente deux maxima locaux) constituée majoritairement de quartz (clasticité : de 580 à 1300 µm selon la lame) en grains subisométriques et subarrondis. Les lames ne contiennent pas ou peu de grains de glauconite (dans LM-1 et LM-7 jusqu'à 200 µm de diamètre), des grains de silex anguleux (1 à 900 µm) et pas ou très rares et très petites (L < 100 µm) paillettes de micas blancs (muscovite) et d'autres micas colorés (phengite/biotite). On observe des grains automorphes (grain minéral montrant ses faces cristallines planes) de quartz jusqu'à 500 µm de longueur et sans

² Une pâte est dite « active » lorsque celle-ci montre de la biréfringence lors de son étude en lame-mince sous nicols croisés. À plus haute température, les minéraux argileux qui sont déshydroxylés montrent une diminution de la biréfringence et donc de l'activité optique. En élevant encore la température, la matrice se vitrifie, caractérisée par une perte totale d'activité optique. L'examen de l'activité optique permet donc d'apprécier les températures de chauffage des pâtes céramiques en suivant l'évolution de la texture et de la minéralogie des constituants de la matrice.

inclusions fluides ; ces dernières doivent provenir du socle paléozoïque et n'ont pas ou peu été transportées. Ces cristaux de quartz sont exceptionnels, ils peuvent donc constituer une véritable « signature » pour la recherche des sources et des comparaisons inter-sites. Les feldspaths détritiques n'ont pas été observés. Les grains de chamotte sont abondants, en grains plurimillimétriques bien visibles sur les tessons et couvrent plusieurs types de pâtes : argile sableuse surcuite, argile glauconieuse, argile pauvre en glauconite, siltite, terres finement chamottées. Ces différentes chamottes correspondent aux différents groupes décrits ici. Parfois, on note la présence de petites inclusions silteuses (lœss) ou argileuses (appelées communément « *clay pellets* » dans la littérature spécialisée). Quelques rares microfossiles siliceux apparaissent et sont interprétés comme des grains recyclés (par exemple : spicule d'éponge) à partir de formations plus anciennes.

- Pores : micropores (< 50 µm) et mésopores (50 µm – 500 µm) nombreux, quelques macropores (500 µm – 2 mm), linéaires allongés, parfois ramifiés ; pores annulaires (communément appelés « *ring voids* » dans la littérature pétrographique de langue anglaise) autour des chamottes.
- NB : Une céramique surcuite à tesson gris (LM-7). Avec les 6 tessons observés, ils forment un sous-groupe dénommé par l'acronyme CHH.

6.2. Le groupe des pâtes fines sableuses glauconifères FSG (LM-4, 6, 8 et 13)

- Matrice : matrice argileuse (LM-8) à argilo-silteuse micacée avec quelques grains de glauconite. Les pâtes des LM-6, 8 et 13 sont optiquement actives et la LM-4 est optiquement faiblement active, indiquant pour cette dernière une température plus élevée que pour les trois autres, estimée autour de 900°C.
- Inclusions : inclusions minérales dominées par les grains de quartz monocristallin ainsi que du quartz polycristallin, dans la gamme des sables très fins (moyenne < 100 µm ; clasticité : 520 à 850 µm) ; les

grains sont généralement anisométriques (dont les dimensions ne sont pas identiques dans les trois directions de l'espace), subanguleux à subarrondis. Suivant les lames-minces, on observe soit une distribution continue dans les tailles (LM-4 et LM-13) des grains de quartz, soit une coupure (bimodalisme pour LM-6 et LM-8). Les grains (100 à 250 μm) de feldspaths potassiques et les plagioclases (feldspaths sodico-calciques) sont plus nombreux que dans les autres groupes mais restent sporadiques ; ils sont frais ou altérés. Les paillettes (< 100 μm de longueur pour 10 à 30 μm d'épaisseur) de micas muscovite sont plus nombreuses (1 à 2 %) que dans les autres groupes. On observe des grains (1 % pour LM-4 à 10 % pour LM-6) de glauconite fraîche à thermiquement oxydée (diamètre maximum : 310 μm pour LM-6) ainsi que des grains et des échardes de silex et des pelotes d'argiles (« *clay pellets* ») ou des boulettes de loess remanié (avec papule). La particularité de ce groupe, hormis la présence de micas, c'est l'occurrence de débris lithiques de roches à diagenèse forte ou légèrement métamorphique, souvent riches en micas, avec clivage schisteux ou plans de stratification bien marqués. Ces débris lithiques se présentent sous forme de grains de petite taille (< 100 μm) de section elliptique allongée. Très rarement : grains de grès ferrugineux et débris phosphatés (fossile). La matière première est un mélange d'inclusions très variées représentant, selon notre interprétation, le mélange naturel de plusieurs sources.

- Pores : surtout des mésopores et des macropores peu nombreux allongés, linéaires et branchus, peu nombreux dans les matrices les plus fines.

6.3. Le groupe des pâtes fines glauconitiques FG (LM-5, 9, 10 et 11)

- Matrice : homogène, argileuse à argilo-silteuse glauconieuse. Les pâtes sont toutes optiquement actives. On observe quelques microfossiles unicellulaires (foraminifères).

- Inclusions : fraction sableuse non bimodale (en continuité avec la fraction silteuse de la matrice) constituée majoritairement de quartz (surtout monocristallin) et de très abondantes glauconites. Le quartz (clasticité : de 400 à 900 μm selon la lame-mince) se présente en grains parfois allongés et subangulaires. La glauconite est très abondante (15 à 30 %), en gros grains noirs et rouges, jusqu'à 400 μm de diamètre, souvent zonée et colorée différemment en fonction de la position du grain dans le tesson. La coloration est en lien avec la disponibilité en oxygène lors de la cuisson de la céramique. Les grains de glauconite sont, en moyenne, plus gros que les grains de quartz. Les paillettes de micas muscovite de longueur toujours inférieure à 100 μm ainsi que les feldspaths (< 350 μm), qu'ils soient tous frais ou altérés, sont assez rares. On devine des traces végétales par la forme des vides et les zones plus sombres en lumière transmise. On note quelques rares petits débris lithiques et ou pelotes d'argile impure.
- Pores : la porosité visible est limitée sous la forme de micropores et de mésopores < 200 μm , linéaires allongés ; les macropores sont rares.

6.4. Le groupe des pâtes limoneuses S (LM-2)

- Matrice : silteuse avec une faible part à granulométrie plus fine. La pâte est optiquement inactive indiquant une surcuisson modérée ; si les bords du tesson sont de couleur rouge orange, le cœur est gris.
- Inclusions : dominées par les grains de quartz monocristallins subarrondis à subangulaires, parfois de forme triangulaire (bimodalisme). La clasticité des grains de quartz est de 600 μm pour une moyenne se situant entre 100 et 120 μm (sables très fins). On observe quelques rares grains de feldspaths, de rares paillettes de muscovite (< 50 μm) et quelques grains triangulaires de silex. Certaines taches noires et la présence de restes de tissus végétaux indiquent la présence de matières carbonées. F. Tromme observe des tessons riches en matière végétale interprétée

comme un ajout intentionnel par le potier. Possible présence de taches de gley, indicatives de silts (fraction granulométrique comprise entre 2 à 63 μm , communément appelée fraction limoneuse) déposés en milieu régulièrement (saisonnièrement) engorgé d'eau (sols hydromorphes). Un grain d'ossement a été observé.

- Pores : la porosité visible est limitée sous la forme de micropores à mésopores, linéaires allongés.

6.5. La terre brûlée (VEL-92)

- Matrice : silto argileuse (90-95 %) micacée avec argile d'illuviation (formes en croissant) et matière organique altérée. La matrice est optiquement active.
- Inclusions : on note de rares ($\ll 1$ %) grains de quartz monocristallins, distribués aléatoirement dans la pâte, subanguleux à subarrondis (clasticité : 400 μm). Un grand (400 x 270 μm) grain de quartz monocristallin et parfaitement elliptique est observé dans la lame-mince (présence accidentelle). Les feldspaths sont présents en petit nombre dans la matrice sous forme de grains de feldspaths potassiques et de plagioclases, généralement frais dont la dimension maximale est de 60 μm . Paillettes de mica muscovite (1-2 %, < 200 μm de long), fraîches à altérées ; quelques paillettes de chlorite altérée. Une inclusion de grès (grains de quartz de 60 à 200 μm) à ciment ferrugineux abondant (concrétion ferrugineuse). Plusieurs traces végétales dont une est supérieure à 1 mm de longueur. Structures pédologiques : taches de gley, argilanes et cutanes (parfois riches en fer). Pas de microfossiles ni de macrofaune. Taches circulaires calcitiques interprétées comme des poupées de loess, dont la plus grande atteint 450 μm de diamètre. Pas de grains de phosphates, ni de débris lithiques, ni de glauconite. Minéraux denses : rutile détritique, tourmaline verte, zircon, ferrotitanés (ilménites, leucoxènes) et opaques non déterminés.
- Porosité : liée aux débris végétaux, formes en croissants, macro et mégapores.

7. Observations au microscope électronique à balayage (MEB) et analyses géochimiques associées (EDS)

7.1. La matrice

Les analyses surfaciques des sections polies (tableaux 3 et 4) indiquent la présence récurrente des éléments chimiques majeurs sodium (Na), magnésium (Mg), aluminium (Al), silicium (Si), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca), titane (Ti) et fer (Fe). Les analyses sont recalculées pour boucler à 100 % et les résultats sont exprimés en oxydes. Le manganèse (Mn) n'est détecté que dans un seul échantillon du groupe FG et n'est pas réparti de manière homogène dans celui-ci.

Les analyses dans les tableaux 3 et 4 montrent une prédominance de silice SiO_2 (44,8 à 61,7 %) liée à la présence de quartz ainsi qu'aux autres silicates (minéraux des argiles et feldspaths). L'alumine et le fer sont présents avec des moyennes respectives variant de 13,1 à 23 % pour Al_2O_3 (alumine) et de 9,8 à 20,4 % pour FeO (le fer est ici exprimé sous forme d'oxyde de fer ferreux). Les teneurs en Mg, K et Ca varient de 1,5 à 4 % d'oxydes. Le titane et le sodium sont faiblement représentés avec maximum 1 % TiO_2 et 0,3 % Na_2O . Le titane a été observé en lames-minces et au MEB et analysé par EDS. Le titane s'exprime sous la forme de grains de rutile détritique mais aussi, en combinaison avec le fer sous la forme d'ilménite détritique ou de ses produits d'altération (leucoxènes). Le phosphore présente une grande variation d'un échantillon à l'autre (1,7 à 13,3 % P_2O_5). La grande variabilité du phosphore, ses teneurs supérieures à celle du calcium et l'absence de corrélation entre ces deux éléments indiquent que les concentrations en phosphore mesurées dans les tessons ne sont pas uniquement liées à la présence de phosphate de calcium de type apatite pourtant observée sporadiquement, mais probablement aux pratiques agricoles modernes (emploi d'engrais de type superphosphates). La porosité des tessons et leur degré d'altération, en partie due à leur chauffage à des températures peu élevées et des sols réputés acides (loess) permettent le transfert du potassium dans les horizons inférieurs et leur absorption par les pâtes céramiques.

Synthèse pétrographique des tessons de céramiques néolithiques (LBK) prélevés par François TROMME

Id. Fr. Tromme	Espace	N° LM	Groupes	Pâte					Dégraissant				Inclusions			
				argileuse	argil-silt	silteuse	carbonée	surcuite	Chamotte	Sable	Quartz	Feldspaths	Glauconite	Micas		
VE-QR-04-92-18-20	1	LM-1	CH	50-60 %						XXX	xx	bimodal	pas vu	X	non	
VE-QR-04-12-02-11	1	LM-3	CH	50 %						XXX	xx	bimodal	pas vu	non	rare	
VE-QR-04-153-351-07	2	LM-12	CH	50 %						XXX	oui	bimodal	(Microcline, Plagio)	non	non	
VE-QR-04-914-373-20	1	LM-7	CH-H		60-70 %		X			XX	oui	serial	? Vitrifé	oui	rare <100µm	
VE-QR-04-14-11-12	1	LM-4	FSG		55-65 %		traces			non	X - non	20 % serial	rare FK+Plagio	1% (sporadique)	sporadique	
VE-QR-04-14-8-21	1	LM-6	FSG		>40 %		0			X	oui	25-30 % bimodal	rare FK altérés	>10 %	sporadique	
VE-QR-04-14-10-22	1	LM-8	FSG	65-75 %			0			non	oui	bimodal (15 %)	rare FK altérés	>10 %	<100 µm	
VE-QR-04-153-96-03	2	LM-13	FSG		30-40 %		0			non	non	serial	rare FK peu altérés	abondante	dégradées	
VE-QR-04-92-02.018-10	1	LM-5	FG		30-40 %		traces			non	non	10-15 % (serial)	rare (FK)	>10 %	sporadique	
VE-QR-04-914-373-26	1	LM-9	FG	20-30 %			0			?	non	peu abondant	rare FK altérés	25%	rare	
VE-QR-04-92-5-7	2	LM-10	FG	40-45 %			traces			?	non	à revoir	rare FK	25%	rare et altérés	
VE-QR-04-153-351-40	2	LM-11	FG		30-35 %		0			(x)	non	à revoir	rare FK altérés	20-30 %	X	
VE-QR-04-92-18-21	1	LM-2	S			80 %	X	X		--	xx	20 % bimodal (*)	FK rare	0	rare	
Loess cuit	1	V-92	Loess			90-95 %				non	(?)	bimodal ?	FK et Plagioclases	non	XX	

(*) bimodal : grains de sable en inclusions sans continuité avec le quartz dans la pâte (jusqu'à taille des silts)

(**) les phosphates ne sont pas des os brûlés broyés, mais des phosphates naturels présents dans la matière première

FK : feldspaths potassiques ; Plagio : feldspaths plagioclases

N° LM	Groupes	Inclusions							
		Minéraux denses (zircon et titanés)	Végétaux	Fossiles (foraminifères, coquilles)	Silex/Chert	Phosphates (**)	Qz autom.	Débris lithiques	
LM-1	CH	(zircon et titanés)	non	(foraminifères, coquilles)	X	non	X	non	
LM-3	CH	Tourmaline verte	non	non	non	non	X	non	
LM-12	CH	pas vu	non	non	oui	non	3 cristaux	non	
LM-7	CH-H	pas vu	traces	non		non	?	non	
LM-4	FSG	zircon, titanés	traces	non	écharde de silex	non	non	XX	
LM-6	FSG	pas vu	non	1 dent phosphatée, spicule éponge	1 concrétion siliceuse	X	non	X	
LM-8	FSG	titanés	non	3 fantômes fines coquilles ?	X	xx apatite osseuse	non	XX	
LM-13	FSG	titanés	non	non	qqs grains+1 galet	1 os roulé 240 µm	non	XX	
LM-5	FG	1 zircon roulé	tissus mal différenciés	1 foram. unicellulaire (30µm)	non	non	non	non	
LM-9	FG	zircons roulés, titanés	non	qqs foram. unicellulaires	non	non	1 grain	?	
LM-10	FG	titanés	mal conservée	foram. unicellulaires	0	1 dent	non	?	
LM-11	FG	titanés	non	foram. bicellulaire (70µm)	0	non	non	non	
LM-2	S	Tourmaline verte	mal conservés	non	qqs grains	1 grain	non	non	
V-92	loess	zircon, rutile, Fe-Ti	ouui	non	non	non	non	non	

Tab. 2 – Caractérisation pétrographique des tessons rubanés de Velroux « Quartier Roba ».

Les fragments de silex (et/ou de cherts) sont dissociés des débris lithiques car le silex peut être utilisé comme dégraissant volontairement ajouté à la pâte par le potier ou être présent naturellement dans la matière première, il peut aussi y être incorporé de manière « accidentelle ».

Pétero	N° échantillon (Id.)	LM	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	FeO	TiO ₂	MnO ₂
CH	VE-QR-04-914-373-20 pâte (2000X)	LM-7	0,00	1,60	25,44	45,75	8,26	0,62	4,21	12,92	1,20	0,00
CH	VE-QR-04-914-373-20 pâte (1000X)	LM-7	0,17	1,55	18,85	43,26	14,56	1,05	5,45	13,65	1,45	0,00
CH	VE-QR-04-914-373-20 pâte (1000X)	LM-7	0,36	1,17	22,73	39,00	16,36	1,96	4,69	12,63	1,09	0,00
CH	VE-QR-04-914-373-20 pâte (1000X)	LM-7	0,07	1,25	24,34	45,71	11,51	1,35	3,11	11,00	1,65	0,00
CH	VE-QR-04-914-373-20 pâte (1000X)	LM-7	0,17	1,07	22,41	47,99	12,45	0,99	3,77	9,99	1,15	0,00
CH	VE-QR-04-914-373-20 pâte (1000X)	LM-7	0,12	0,99	22,54	48,03	11,41	1,30	3,31	11,30	1,00	0,00
CH	VE-QR-04-12-02-11 pâte (2000X)	LM-3	0,00	1,75	17,03	68,60	1,51	2,92	1,40	5,90	0,88	0,00
CH	VEL-3-1 analyse globale 1000X	LM-3	0,20	2,12	17,26	60,09	2,52	2,88	2,34	11,80	0,79	0,00
CH	VEL-3-3 analyse globale 1000X	LM-3	0,12	2,22	18,14	60,77	1,27	2,73	1,69	10,57	2,49	0,00
CH	VEL-3-5 analyse globale 1000X	LM-3	0,27	2,31	18,67	60,25	1,23	2,96	1,89	11,53	0,90	0,00
CH	VEL-3-6 analyse globale 1000X	LM-3	0,16	2,11	17,85	60,67	1,38	3,15	1,88	11,84	0,95	0,00
CH	VEL-3-8 analyse globale 1000X	LM-3	0,18	2,14	16,89	62,71	1,49	2,48	1,97	11,34	0,81	0,00
CH	VE-QR-04-92-18-20-pâte (2000X)	LM-1	0,00	1,60	21,74	52,26	5,20	2,02	2,77	13,63	0,77	0,00
CH	VEL-1-1 analyse globale 1000X	LM-1	0,00	1,68	21,13	46,33	7,60	1,86	3,46	17,24	0,71	0,00
CH	VEL-1-3 analyse globale 1000X	LM-1	0,08	1,88	22,52	52,53	4,62	1,68	2,22	13,68	0,78	0,00
CH	VEL-1-5 analyse globale 1000X	LM-1	0,11	1,77	22,20	51,28	4,50	1,51	2,35	15,51	0,77	0,00
CH	VEL-1-6 analyse globale 1000X	LM-1	0,11	2,09	24,39	51,28	4,15	1,66	2,18	13,38	0,76	0,00
CH	VEL-1-8 analyse globale 1000X	LM-1	0,06	1,93	24,67	48,09	5,41	1,49	2,57	15,00	0,78	0,00
CH	VEL-12-2 analyse globale 1000X	LM-12	0,07	2,22	16,17	54,44	4,02	3,37	3,14	15,81	0,78	0,00
CH	VEL-12-4 analyse globale 1000X	LM-12	0,13	1,95	16,18	45,16	9,09	2,75	3,29	20,37	1,09	0,00
CH	VEL-12-6 analyse globale 1000X	LM-12	0,29	1,96	18,03	53,36	3,68	3,75	2,36	15,87	0,69	0,00
CH	VEL-12-7 analyse globale 1000X	LM-12	0,10	2,22	18,28	48,63	6,21	3,20	3,13	17,34	0,90	0,00
CH	VEL-12-9 analyse globale 1000X	LM-12	0,10	2,29	17,22	56,14	2,86	3,19	2,69	14,69	0,82	0,00
CH	VEL-12-11 analyse globale 1000X	LM-12	0,15	1,02	14,65	60,74	6,63	1,72	1,72	12,56	0,81	0,00
FSG	VE-QR-04-153-96-03 imprégnée (2000X)	LM-13	0,00	0,83	20,90	45,88	8,74	3,31	2,22	16,88	1,24	0,00
FSG	VE-QR-04-153-96-03 pâte (2000X)	LM-13	0,00	0,51	25,27	35,96	12,64	1,90	3,15	19,20	1,37	0,00
FSG	VEL-13-2 analyse globale 1000X	LM-13	0,18	1,90	17,52	44,99	7,83	2,78	4,61	19,13	1,07	0,00
FSG	VEL-13-4 analyse globale 1000X	LM-13	0,42	1,38	14,41	44,67	9,78	2,23	4,85	21,11	1,16	0,00
FSG	VEL-13-5 analyse globale 1000X	LM-13	0,17	1,38	15,77	48,12	8,57	2,49	3,41	18,77	1,32	0,00
FSG	VEL-13-6 analyse globale 1000X	LM-13	0,17	1,48	15,37	47,85	8,75	2,16	3,98	18,95	1,29	0,00
FSG	VEL-13-7 analyse globale 1000X	LM-13	0,24	1,93	13,25	43,50	9,33	2,07	4,47	24,30	0,91	0,00
FSG	VE-QR-04-14-8-21-pâte (2000X)	LM-6	0,00	1,37	21,31	36,83	13,30	2,91	4,57	18,12	1,59	0,00
FSG	VEL-6-2 analyse globale 1000X	LM-6	0,27	1,81	17,50	59,10	2,30	2,52	1,88	13,85	0,79	0,00
FSG	VEL-6-4 analyse globale 1000X	LM-6	0,20	1,00	19,05	44,24	12,48	1,99	3,89	15,89	1,26	0,00
FSG	VEL-6-5 analyse globale 1000X	LM-6	0,15	1,79	17,17	61,83	1,04	2,85	1,18	12,96	1,02	0,00
FSG	VEL-6-6 analyse globale 1000X	LM-6	0,16	1,19	18,60	42,80	12,50	2,04	3,81	17,58	1,33	0,00
FSG	VEL-6-8 analyse globale 1000X	LM-6	0,20	1,71	16,93	53,84	4,59	2,68	2,63	16,57	0,85	0,00
FSG	VE-QR-04-14-10-22 pâte (2000X)	LM-8	0,00	2,62	15,83	45,95	3,16	3,19	3,56	22,94	0,98	1,78
FSG	VEL-8-2 analyse globale 1000X	LM-8	0,12	2,34	16,04	55,34	3,31	2,61	3,14	15,67	1,43	0,00

FSG	VEL-8-4 analyse globale 1000X	LM-8	0,15	2,37	16,40	54,00	3,61	2,77	3,20	16,36	1,15	0,00
FSG	VEL-8-6 analyse globale 1000X	LM-8	0,27	2,43	17,34	49,62	4,04	2,81	3,98	18,69	0,83	0,00
FSG	VEL-8-7 analyse globale 1000X	LM-8	0,10	2,20	15,81	55,96	3,01	2,69	2,91	16,38	0,93	0,00
FSG	VEL-8-9 analyse globale 1000X	LM-8	0,13	2,21	15,31	52,62	4,01	2,77	3,61	18,50	0,85	0,00
FSG	VE-QR-04-14-11-12 pate (2000X)	LM-4	0,00	1,67	21,05	56,86	1,98	3,48	1,96	11,39	1,61	0,00
FSG	VEL-4-1 analyse globale 1000X	LM-4	0,26	1,58	19,04	63,77	1,30	2,76	1,27	8,87	1,16	0,00
FSG	VEL-4-3 analyse globale 1000X	LM-4	0,21	1,56	20,47	59,38	1,36	3,09	1,43	11,50	0,99	0,00
FSG	VEL-4-5 analyse globale 1000X	LM-4	0,26	1,42	19,40	63,13	1,37	2,47	1,87	8,98	1,10	0,00
FSG	VEL-4-9 analyse globale 1000X	LM-4	0,43	1,39	18,72	63,16	2,37	2,59	1,70	8,68	0,96	0,00
FSG	VEL-4-10 analyse globale 1000X	LM-4	0,65	1,36	19,44	58,90	2,35	3,08	2,05	10,75	1,42	0,00
FG	VE-QR-04-153-351-40 pâte (2000X)	LM-11	0,52	2,44	16,85	59,23	1,83	2,97	2,23	13,01	0,92	0,00
FG	VEL-11-2 analyse globale 1000X	LM-11	0,12	2,26	17,48	51,15	4,73	3,11	2,80	17,62	0,74	0,00
FG	VEL-11-5 analyse globale 1000X	LM-11	0,21	2,28	16,52	52,66	3,46	2,93	3,15	16,83	0,86	1,12
FG	VEL-11-7 analyse globale 1000X	LM-11	0,08	2,22	16,56	55,88	3,15	3,00	2,09	16,04	0,89	0,10
FG	VEL-11-8 analyse globale 1000X	LM-11	0,18	2,04	15,64	55,38	4,63	2,94	2,93	15,39	0,87	0,00
FG	VEL-11-9 analyse globale 1000X	LM-11	0,18	2,40	16,43	56,99	3,19	2,77	2,36	14,95	0,74	0,00
FG	VEL-11-10 analyse globale 1000X	LM-11	0,20	2,19	16,45	53,76	5,75	2,58	3,54	14,69	0,84	0,00
FG	VEL-11-12 analyse globale 1000X	LM-11	0,42	2,34	17,15	56,28	3,02	2,94	2,44	14,49	0,91	0,00
FG	VE-QR-04-914-373-26 pâte carbonée (2000X)	LM-9	0,00	2,49	16,80	59,22	1,23	4,14	1,65	13,50	0,97	0,00
FG	VE-QR-04-914-373-26 (2000X)	LM-9	0,00	1,12	10,01	64,25	4,32	2,06	2,41	12,29	3,54	0,00
FG	VE-QR-04-92-02-018-10 pâte (2000X)	LM-5	0,00	1,41	17,70	63,31	2,25	2,19	1,85	10,51	0,78	0,00
FG	VEL-5-1 analyse globale 1000X	LM-5	0,16	1,98	19,14	58,73	1,31	2,97	2,50	12,44	0,76	0,00
FG	VEL-5-6 analyse globale 1000X	LM-5	0,16	0,23	20,41	58,26	1,33	3,03	2,39	13,28	0,90	0,00
FG	VEL-5-7 analyse globale 1000X	LM-5	0,21	1,87	18,60	55,07	2,94	2,96	4,50	12,84	1,01	0,00
FG	VEL-5-9 analyse globale 1000X	LM-5	0,26	1,89	19,38	53,04	3,94	3,05	4,06	13,50	0,89	0,00
FG	VEL-5-10 analyse globale 1000X	LM-5	0,20	1,44	18,61	47,00	9,05	2,36	5,50	14,97	0,87	0,00
FG	VE-QR-04-92-5-7 pâte (2000X)	LM-10	0,00	2,04	14,09	41,57	5,22	3,82	5,69	26,34	1,23	0,00
FG	VEL-10-2 analyse globale 1000X	LM-10	0,22	1,89	15,98	50,30	3,25	3,31	3,49	20,37	1,19	0,00
FG	VEL-10-4 analyse globale 1000X	LM-10	0,28	2,29	15,14	58,65	2,23	2,96	3,35	14,10	1,00	0,00
FG	VEL-10-5 analyse globale 1000X	LM-10	0,18	1,94	16,52	53,99	4,10	3,32	2,86	16,17	0,92	0,00
FG	VEL-10-7 analyse globale 1000X	LM-10	0,36	2,12	16,49	56,04	3,69	3,10	2,63	14,79	0,78	0,00
FG	VEL-10-8 analyse globale 1000X	LM-10	0,07	2,03	16,34	52,32	4,52	3,06	3,00	17,54	1,12	0,00
S	VE-QR-04-92-18-21 pâte (2000X)	LM-2	0,00	0,57	14,63	62,91	6,93	1,48	2,40	10,11	0,97	0,00
S	VEL-2-1 analyse globale 1000X	LM-2	0,29	0,55	16,57	62,93	6,96	1,15	1,62	9,27	0,66	0,00
S	VEL-2-3 analyse globale 1000X	LM-2	0,28	0,78	18,29	59,09	5,38	1,53	1,70	11,33	1,64	0,00
S	VEL-2-5 analyse globale 1000X	LM-2	0,18	0,80	16,55	62,78	5,75	1,48	1,56	9,69	1,23	0,00
S	VEL-2-6 analyse globale 1000X	LM-2	0,53	0,62	17,83	59,89	5,73	1,63	1,86	10,67	1,24	0,00
S	VEL-2-7 analyse globale 1000X	LM-2	0,46	0,69	18,87	58,89	5,87	1,70	1,77	10,75	1,02	0,00

Tab. 3 – Analyses géochimiques de la matrice des tessons acquises par EDS.
Les chiffres sont exprimés en pourcents d'oxydes et recalculés pour bouclier à 100 %.

Echantillons	Groupes	%Na ₂ O	%MgO	%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%FeO	%TiO ₂	%MnO ₂
Groupe CH											
VEL-12											
Moyenne		0,14	1,94	16,76	53,08	5,41	3,00	2,72	16,11	0,85	0,00
Ecart-type		0,07	0,43	1,24	5,04	2,13	0,64	0,55	2,40	0,12	0,00
Min		0,07	1,02	14,65	45,16	2,86	1,72	1,72	12,56	0,69	0,00
Max		0,29	2,29	18,28	60,74	9,09	3,75	3,29	20,37	1,09	0,00
VEL-7											
Moyenne		0,18	1,21	22,18	44,80	13,26	1,33	4,07	11,72	1,27	0,00
Ecart-type		0,10	0,19	1,80	3,39	1,92	0,34	0,88	1,28	0,24	0,00
Min		0,07	0,99	18,85	39,00	11,41	0,99	3,11	9,99	1,00	0,00
Max		0,36	1,55	24,34	48,03	16,36	1,96	5,45	13,65	1,65	0,00
VEL-3											
Moyenne		0,19	2,18	17,76	60,90	1,58	2,84	1,96	11,42	1,19	0,00
Ecart-type		0,05	0,07	0,63	0,94	0,48	0,22	0,21	0,46	0,65	0,00
Min		0,12	2,11	16,89	60,09	1,23	2,48	1,69	10,57	0,79	0,00
Max		0,27	2,31	18,67	62,71	2,52	3,15	2,34	11,84	2,49	0,00
VEL-1											
Moyenne		0,07	1,87	22,98	49,90	5,26	1,64	2,55	14,96	0,76	0,00
Ecart-type		0,04	0,14	1,35	2,31	1,24	0,13	0,47	1,39	0,03	0,00
Min		0,00	1,68	21,13	46,33	4,15	1,49	2,18	13,38	0,71	0,00
Max		0,11	2,09	24,67	52,53	7,60	1,86	3,46	17,24	0,78	0,00
Groupe FSG											
VEL-13											
Moyenne		0,23	1,61	15,26	45,83	8,85	2,35	4,26	20,45	1,15	0,00
Ecart-type		0,09	0,25	1,42	1,83	0,67	0,26	0,51	2,10	0,15	0,00
Min		0,17	1,38	13,25	43,50	7,83	2,07	3,41	18,77	0,91	0,00
Max		0,42	1,93	17,52	48,12	9,78	2,78	4,85	24,30	1,32	0,00
VEL-6											
Moyenne		0,20	1,50	17,85	52,36	6,58	2,42	2,68	15,37	1,05	0,00
Ecart-type		0,04	0,34	0,83	7,68	4,95	0,35	1,06	1,72	0,21	0,00
Min		0,15	1,00	16,93	42,80	1,04	1,99	1,18	12,96	0,79	0,00
Max		0,27	1,81	19,05	61,83	12,50	2,85	3,89	17,58	1,33	0,00
VEL-8											
Moyenne		0,15	2,31	16,18	53,51	3,60	2,73	3,37	17,12	1,04	0,00
Ecart-type		0,06	0,09	0,68	2,26	0,40	0,07	0,38	1,23	0,22	0,00
Min		0,10	2,20	15,31	49,62	3,01	2,61	2,91	15,67	0,83	0,00
Max		0,27	2,43	17,34	55,96	4,04	2,81	3,98	18,69	1,43	0,00

VEL-4																						
Moyenne		0,36	1,46	19,41	61,67	1,75	2,80	1,66	9,76	1,13	0,00											
Ecart-type		0,16	0,09	0,59	2,08	0,50	0,25	0,28	1,15	0,16	0,00											
Min		0,21	1,36	18,72	58,90	1,30	2,47	1,27	8,68	0,96	0,00											
Max		0,65	1,58	20,47	63,77	2,37	3,09	2,05	11,50	1,42	0,00											
Groupe FG																						
VEL-11	FG																					
Moyenne		0,20	2,25	16,60	54,59	3,99	2,90	2,76	15,71	0,83	0,17											
Ecart-type		0,10	0,11	0,54	1,97	0,97	0,16	0,46	1,08	0,06	0,39											
Min		0,08	2,04	15,64	51,15	3,02	2,58	2,09	14,49	0,74	0,00											
Max		0,42	2,40	17,48	56,99	5,75	3,11	3,54	17,62	0,91	1,12											
VEL-9	FG																					
Moyenne		0,00	1,81	13,41	61,74	2,77	3,10	2,03	12,89	2,25	0,00											
Ecart-type		0,00	0,68	3,39	2,51	1,55	1,04	0,38	0,61	1,28	0,00											
Min		0,00	1,12	10,01	59,22	1,23	2,06	1,65	12,29	0,97	0,00											
Max		0,00	2,49	16,80	64,25	4,32	4,14	2,41	13,50	3,54	0,00											
VEL-5	FG																					
Moyenne		0,20	1,48	19,23	54,42	3,71	2,88	3,79	13,41	0,88	0,00											
Ecart-type		0,04	0,65	0,66	4,26	2,85	0,26	1,19	0,86	0,08	0,00											
Min		0,16	0,23	18,60	47,00	1,31	2,36	2,39	12,44	0,76	0,00											
Max		0,26	1,98	20,41	58,73	9,05	3,05	5,50	14,97	1,01	0,00											
VEL-10	FG																					
Moyenne		0,22	2,05	16,09	54,26	3,56	3,15	3,07	16,60	1,00	0,00											
Ecart-type		0,10	0,14	0,51	2,90	0,79	0,14	0,32	2,23	0,14	0,00											
Min		0,07	1,89	15,14	50,30	2,23	2,96	2,63	14,10	0,78	0,00											
Max		0,36	2,29	16,52	58,65	4,52	3,32	3,49	20,37	1,19	0,00											
Groupe S																						
VEL-2																						
Moyenne		0,35	0,69	17,62	60,71	5,94	1,50	1,70	10,34	1,16	0,00											
Ecart-type		0,13	0,09	0,93	1,78	0,54	0,19	0,11	0,75	0,32	0,00											
Min		0,18	0,55	16,55	58,89	5,38	1,15	1,56	9,27	0,66	0,00											
Max		0,53	0,80	18,87	62,93	6,96	1,70	1,86	11,33	1,64	0,00											

Tab. 4 – Moyennes (exprimées en pourcents d'oxydes), écarts-types, minima et maxima des analyses de la composition chimique des 12 échantillons de tesson de Velroux « Quartier Roba » calculés sur base de 5 analyses surfaciques effectuées par EDS sur chaque section polie (grossissement 1000 x). Les analyses de Vel-9 (en italique) sont données à titre indicatif car basées sur des analyses surfaciques effectuées à 2000 x sur un échantillon brut avant l'utilisation complète de celui-ci pour la réalisation de la lame-mince.

7.1.1. Distribution des résultats analytiques au sein d'un tesson

Si on regarde la distribution des points d'analyse au sein d'un même tesson, au moyen de diagrammes binaires (fig. 1) ou ternaires (fig. 3) mettant en corrélation respectivement deux ou trois éléments ou groupes d'éléments, on remarque généralement une assez forte dispersion des valeurs. Une telle dispersion n'était pas attendue. Celle-ci se marque par de grandes valeurs de l'écart-type et un grand écart entre les minima et les maxima (tab. 4). Le cas extrême est observé dans l'échantillon VEL-6 (groupe FSG) où on distingue très nettement à l'œil nu deux parties, l'une de couleur orange et l'autre de couleur beige. Ces deux parties se différencient essentiellement par les teneurs en Ca et P, plus abondants dans la partie beige (3,85 % CaO ; 12,49 % P₂O₅) par rapport à la partie orange (1,9 % CaO et 2,64 % P₂O₅). Si on normalise les analyses de ce tesson par rapport à SiO₂, on remarque aussi que les teneurs en Al₂O₃ et FeO sont supérieures dans la zone beige alors que les éléments Na, K et Ti sont sensiblement les mêmes dans les deux régions.

On observe toutefois un regroupement des points pour certains tessons mais uniquement pour certaines combinaisons d'éléments. On remarque en effet dans le tableau 4 que les écarts-types pour certains éléments sont très proches dans certains tessons, par exemple le Si dans le tesson VEL-3. L'exception est représentée par les points du seul échantillon du « groupe » S qui sont toujours proches les uns des autres quel que soit le diagramme considéré. Cela s'observe très bien dans les diagrammes binaires et ternaires mais aussi par les valeurs basses des écarts-types pour tous les éléments chimiques analysés dans ce tesson (tab. 4).

7.1.2. Composition chimique des groupes pétrographiques

Les diagrammes binaires et ternaires établis pour plusieurs paires ou trios d'éléments, avec ou sans normalisation par rapport à SiO₂, ne permettent pas de faire une distinction entre les différents groupes de pâte établis à partir des observations macro- et mé-

soscopiques et de l'analyse pétrographique. L'ensemble des points est distribué dans un nuage étendu. La dispersion des points observée au sein d'un même tesson se retrouve aussi au sein des groupes pétrographiques. Les analyses EDS ne permettent donc pas de distinguer les groupes pétrographiques entre eux. Ces diagrammes semblent confirmer aussi que les matrices argileuses, silteuses ou argilo-silteuses de tous les tessons ont une origine commune ou très proche. Seul le diagramme utilisant Ca, K et Na montre une dispersion plus importante des points le long du côté Ca-K. Si l'on tient toutefois compte de ce regroupement pétrographique, il apparaît que le groupe CH pourrait être subdivisé en deux sous-groupes dont un (VEL-1 et 7) est plus riche en Al et K (donc plus riche en argile illitique) et le second est plus riche en Si notamment (VEL- 3 et 12). L'analyse, dans VEL-12, d'une zone un peu différente du reste de l'échantillon donne des résultats analogues à ce qui est observé dans VEL-3. Le rapport K₂O/Al₂O₃ présente des valeurs basses et variables (moyenne : 0,13 et valeurs comprises entre 0,02 et 0,20) indique que les argiles utilisées sont de minéralogie complexes et renferment des illites, des interstratifiés irréguliers illite-smectite et de la kaolinite, le matériau ne présente toutefois pas de propriétés réfractaires.

La dispersion des valeurs au sein d'un même tesson ainsi qu'à l'intérieur d'un groupe pétrographique et la superposition partielle mais assez élevée des nuages de points construits sur base des groupes autorisent à dire que :

- Les pâtes sont plutôt hétérogènes et donc peu homogénéisées par le potier, ce qui induit qu'il ne s'agit pas d'argiles brutes homogènes comme le sont les couches horizontales d'argiles tertiaires par exemple, mais plutôt soit des argiles d'altération, soit des argiles alluviales (ou colluviales) ;
- Les poteries du groupe CH, identifiées par la présence de chamotte, sont produites par le potier au moyen de terres crues différentes, l'une différant des terres des groupes FG et FSG et l'autre ayant une composition assez similaire ;

- Les poteries des groupes FG et FSG ont des affinités chimiques entre elles, indiquant une probable source unique dont l'hétérogénéité est soit naturelle, soit liée au mélange effectué par le potier ;
- Enfin le « groupe » S est clairement plus homogène et de composition lœssique. Il se distingue des trois autres groupes. Une contribution silteuse n'est toutefois pas exclue pour les poteries des groupes FG et FSG ainsi qu'une partie des poteries du groupe CH.

Les analyses chimiques par EDS ne peuvent se comprendre qu'à la lumière de l'analyse pétrographique. Il est probable que l'analyse des éléments mineurs et des traces par d'autres méthodes d'analyse chimique seront confrontées aux mêmes problèmes d'interprétation.

7.2. Les inclusions

La chamotte a été observée essentiellement dans le groupe CH (pl. 7-1, 5, 6) où elle est abondante mais aussi dans deux autres tessons, un du groupe FSG (VEL-8) et un du groupe FG (VEL-11, pl. 7-2) dans lesquelles elle est sporadique (on pourrait ainsi créer un sous-groupe de poteries chamottées « fines » par contraste avec les poteries chamottées « grossières »). Certaines de ces chamottes ont des compositions analogues à celles des tessons mais la plupart de celles analysées ont des compositions différentes entre-elles et par rapport à celles des tessons (*cf.* diagramme Al/Si versus Si). Cette variation existe parfois au sein d'un même tesson (ex. VEL-1). Ces analyses confirment les observations pétrographiques montrant l'emploi comme chamotte de plusieurs types de poteries pilées (et calibrées).

Le quartz est présent en abondance (pl. 7-3) et confirme les observations pétrographiques. Un grain automorphe de quartz, présentant des faces cristallines, a été observé dans l'échantillon VEL-13 (groupe FSG, pl. 8-4).

La glauconite est présente dans presque tous les tessons à l'exception du groupe S. Alors qu'elle est moins représentée dans le groupe CH, elle est abondante dans les

groupes FSG et FG (pl. 7-4) indiquant une parenté d'origine entre les tessons de ces deux groupes et d'une partie du groupe CH. La composition chimique de la glauconite est dominée par les éléments majeurs Si, Al, Fe, Mg, Ca et P mais dans des proportions très variables.

Le feldspath potassique est mieux représenté dans les échantillons du groupe FSG alors qu'il est plus rare dans ceux du groupe CH. Pas d'observation dans les autres groupes. Si aucun grain de plagioclase n'a été détecté par cette méthode, il est possible que des petites quantités de plagioclases sont présentes dans la pâte incorporant une partie du Na (pôle albitique) et du Ca (pôle anorthite).

En ce qui concerne les paillettes de micas, la muscovite a été identifiée dans plusieurs échantillons des groupes FSG, FG et S. Des analyses dans des échantillons des groupes FSG et FG renfermant les éléments K, Fe, Mg, Al, Si et O pourraient faire penser à de la phengite, voire-même de la biotite mais sans certitude ; la faible teneur en K pourrait indiquer une biotite altérée (pl. 8-2).

Les minéraux opaques sont essentiellement des ferrotitanés (oxyde de fer, leucocènes, oxyde de titane) accompagnés localement par des grains détritiques de zircon (minéral dense ubiquiste de sédiments, indépendant de l'âge du dépôt).

Parmi les autres inclusions observées, notons la présence de pelotes d'argiles (« *clay pellets* », pl. 8-1), d'esquilles de silex (pl. 8-4) parfois roulés, de grains d'apatite sans structure particulière permettant d'identifier une origine biologique (pl. 8-6), des spicules siliceuses (éponges, pl. 8-3), des débris lithiques (notamment un fragment de grès...).

Les analyses de deux pelotes d'argile (« *clay pellets* ») montrent qu'elles sont proches des tessons CH du sous-groupe le plus riche en alumine.

7.3. Analyse des grains de glauconite

La glauconite est un minéral authigène de la famille des minéraux argileux (groupe des micas). La formule structurale de la glauconite est $K_{(x+y)}(Fe^{3+}, Al, Mg, Fe^{2+})(OH)_{\sim 2}(Si_{4-x}Al_x)O_{10}$ avec $Fe^{3+} \gg Al$ et $x = 0.2-0.6$;

y (somme des cations dioctaédriques) = 0.4–0.6 (avec $Mg > Fe^{2+}$). Le minéral contient du potassium dans l'espace interfoliaire (mais aussi du sodium) et du fer (mais aussi du Mg et de l'Al) en couche octaédrique. La glauconite se trouve presque exclusivement dans les sédiments (sables, argiles, grès, craies...) sous forme ovoïdes appelées pelotes. Si ce minéral est suffisamment abondant, il confère une couleur verte à la roche meuble ou cohérente.

Les grains individuels d'un échantillon peuvent différer de composition chimique. De même, chaque grain peut être inhomogène, ce qui est le cas pour les grains zonés pour lesquels les compositions en bordure de grain diffèrent des compositions au centre. Il existe une corrélation entre la composition chimique, notamment la teneur en potassium, et la structure minérale, c'est-à-dire le pourcentage relatif de feuillets smectitiques et micacés dans l'interstratifié irrégulier micac-smectite. Nos analyses (tab. 5) montrent que ces glauconites sont riches en fer et assez pauvres en potassium et très pauvres en sodium, accréditant des interstratifiés riches en feuillets smectitiques.

Les analyses EDS des grains de glauconite (tab. 5) montrent cependant des concentrations élevées en calcium et en phosphore, alors que le minéral n'en renferme pas dans sa composition chimique. Le diagramme binaire (fig. 3) mettant en relation les concentrations en CaO et en P_2O_5 montre toutefois une relation linéaire entre ces deux éléments avec un bon coefficient de corrélation calculé de 0,77. Ceci implique qu'un phosphate de calcium est associé à l'apatite, toutefois le rapport P/Ca indique aussi un excès de phosphore par rapport au calcium, interprété comme non pas lié complètement à de l'apatite naturelle mais potentiellement à l'utilisation d'engrais phosphatés à rapport P/Ca plus élevé que pour l'apatite. Ces résultats indiquent que la composition chimique des tessons est influencée par les pratiques culturelles (récentes), avec absorption d'éléments chimiques (majeurs, mineurs et traces) par les minéraux argileux mais aussi dans les pores issus de la cuisson de la céramique ainsi que les pores et fractures générés par l'altération des tessons dans leur environnement de dépôt, dont le caractère acide des loess est bien connu. Les consé-

quences sont grandes notamment quant aux interprétations en matière de recherche de sources en utilisant les éléments en traces dont on ne pourrait pas garantir qu'ils ne sont pas exogènes aux matières premières utilisées par le potier néolithique.

8. Origine des matières premières

Les observations permettent de proposer des origines des matières premières pour les céramiques de Velroux « Quartier Roba ». Le principe ici est de rechercher les sources potentielles accessibles les plus proches et de voir si certaines sources peuvent avoir une extension géographique très large ou au contraire une extension limitée. Cette étude devra être intégrée dans une recherche plus large couvrant d'autres sites rubanés hesbignons (poursuite de la recherche doctorale de Mark Golitko, 2010 ; 2015) et des sources de la Dendre [programme franco-belge iNSTaNT = Néolithique ancien, Systèmes Techniques, Transition : « La fin du Néolithique ancien en Europe centre-occidentale, de l'approche intégrée du système technique aux dynamiques socio-culturelles d'une transition historique majeure (du 6^e au 5^e millénaire av. n. ère) »] pour mieux appréhender les sources des matières premières utilisées par les potiers et les possibles échanges entre la Hesbaye et les autres régions.

- Groupe CH : la matière première est une argile fine avec une très faible fraction silteuse. L'argile utilisée est largement dégraissée avec de la chamotte et du sable glauconieux. Cette chamotte provient de la fragmentation de vases recouvrant des pâtes différentes correspondant aux différents groupes définis FG, FSG, S et CH. De (rares) éclats de silex indiqueraient l'utilisation de silex comme outil de percussion pour préparer la chamotte ou une pollution accidentelle de l'atelier du potier. Dans aucun des groupes pétrographiques examinés, le silex n'a été brûlé/chauffé intentionnellement pour être concassé et n'est pas en quantité suffisante pour indiquer un ajout volontaire de silex par le potier. L'origine de l'argile est délicate à établir en l'absence d'analyses

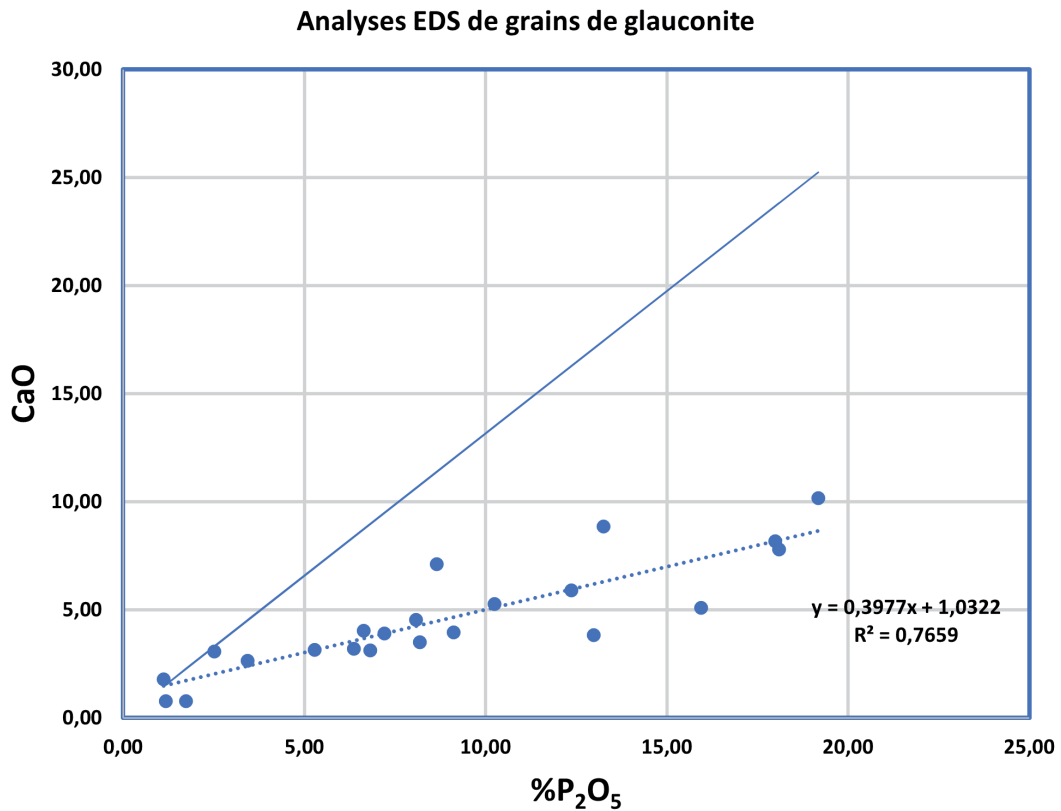


Fig. 3 – Relation linéaire entre les teneurs en phosphore (exprimées sous forme de pourcents de P_2O_5) et de calcium (exprimées sous forme de pourcents de CaO) dans les grains de glauconite des céramiques de Velroux « Quartier Roba ». La droite pleine représente la composition d'une apatite idéale.

Groupe	Id LM	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	FeO	TiO ₂	MnO ₂
CH	LM-7	0,00	3,24	14,40	45,39	3,44	1,28	2,64	29,17	0,43	0,00
CH	LM-7	0,00	5,47	11,64	33,69	13,25	0,22	8,86	26,69	0,17	0,00
CH	LM-1	0,00	4,95	13,16	36,75	8,18	1,89	3,50	31,02	0,55	0,00
CH	LM-1	0,00	3,42	12,80	38,54	6,82	1,44	3,12	33,80	0,06	0,00
FSG	LM-13	0,00	4,13	9,55	32,19	12,98	1,28	3,85	35,59	0,44	0,00
FSG	LM-13	0,00	8,50	22,23	35,90	1,18	0,49	0,78	29,71	0,35	0,87
FSG	LM-13	0,00	2,05	36,94	28,62	1,74	0,53	0,78	28,69	0,32	0,32
FSG	LM-13	0,21	2,24	9,15	23,91	15,95	0,65	5,11	42,36	0,42	0,00
FSG	LM-6	0,00	5,74	6,75	40,23	6,63	0,33	4,05	36,01	0,28	0,00
FSG	LM-6	0,00	4,48	8,35	37,38	8,08	0,75	4,53	36,15	0,28	0,00
FSG	LM-8	0,00	2,48	9,53	36,65	12,36	1,61	5,91	31,06	0,40	0,00
FG	LM-5	0,31	1,45	9,55	26,60	17,99	1,01	8,19	34,51	0,39	0,00
FG	LM-5	0,25	1,53	8,92	24,56	19,18	1,07	10,18	34,04	0,27	0,00
FG	LM-5	0,00	3,16	7,57	53,62	1,12	5,87	1,80	26,86	0,00	0,00
FG	LM-5	0,00	2,11	10,61	41,98	7,21	3,44	3,90	30,41	0,34	0,00
FG	LM-10	0,37	7,27	21,83	36,09	2,52	2,25	3,08	26,06	0,52	0,00
FG	LM-10	0,00	1,73	7,48	23,81	18,10	1,15	7,80	39,47	0,46	0,00
FG	LM-10	0,00	3,10	6,73	36,85	10,25	2,85	5,28	34,62	0,32	0,00
FG	LM-11	0,00	1,94	5,66	34,34	8,65	2,19	7,12	39,85	0,25	0,00
FG	LM-9	0,00	1,22	7,57	40,48	9,12	3,65	3,95	33,54	0,45	0,00
FG	LM-9	0,00	1,53	6,33	41,36	6,36	5,05	3,21	35,76	0,40	0,00
FG	LM-9	0,00	0,95	12,97	46,08	5,29	4,78	3,16	25,87	0,91	0,00

Tab. 5 – Composition chimique des glauconites déterminées par EDS.

- chimiques et de points de comparaison. La pâte (hors chamotte) est un mélange (naturel ou réalisé par le potier) entre une argile et un peu de sable glauconieux renfermant des (rares) grains de quartz automorphes. La présence de ces quartz automorphes est exceptionnelle (et jamais signalée jusqu'alors). Ces quartz automorphes sont parfois trouvés dans des calcaires faiblement silicifiés à proximité de failles comme on en trouve exceptionnellement dans la vallée mosane³ et ses affluents. La dissolution de ces calcaires laisse un résidu formé d'argile et des minéraux insolubles comme ces cristaux de quartz. Une autre possibilité réside dans des quartz provenant des veines, veinules et géodes de quartz issus des terrains houillers. L'association argile - sable glauconieux - quartz pourrait correspondre à un dépôt d'âge crétacé reposant sur un socle altéré de calcaires carbonifères. De tels cas sont connus dans les vallées de la Meuse (par exemple : carrières de Vinalmont) ou de l'Orneau. Ceci permet de comprendre la présence de fragments osseux remaniés issus de fossiles phosphatés résiduels concentrés dans les insolubles. Il est nécessaire de multiplier les analyses pétrographiques des tessons mésoscopiquement proches et issus de différents sites rubanés belges, tant hesbignons que des sources de la Dendre pour en connaître leur extension géographique.
- **Groupe FSG** : la pâte est un mélange naturel de différents constituants attribués à des âges différents : débris lithiques des massifs ardennais (ou issus du Massif de Brabant), d'argiles et sables tertiaires glauconieux, de loëss quaternaires et peut-être aussi un « subtile » apport de terrains d'âge crétacé. Ce mélange se rencontre naturellement dans des alluvions mosanes ou de ses affluents de la rive droite, ou encore dans les alluvions des vallées recoupant le Massif de Brabant (Senne, Sennette, Dendre, Meuse...).
 - **Groupe FG** : l'argile est exceptionnellement riche en grains de glauconite dont la taille est supérieure à celle des grains de quartz. On retrouve d'ailleurs ce type de pâte comme chamotte dans le groupe CH. L'argile finement sableuse et glauconitique doit être de couleur verte. Ces lames-minces ont été comparées avec des lames-minces taillées dans des briquettes expérimentales confectionnées à partir d'argiles prélevées à l'affleurement, dans la tranchée artificielle creusée à proximité de l'« ancien château » de Hollogne-aux-Pierres. Ces argiles sont issues de la décalcification de craies ou d'argiles vertes crétacées. Nous n'avons pas trouvé de correspondance entre ces briquettes et les tessons rubanés de Velroux, car les tessons expérimentaux renfermaient de la microfaune (globigérines) et une macrofaune spécifiques, non retrouvées à Velroux. On ne trouve presque pas de fossiles dans le groupe FG issus de la dissolution de craies. Ce n'est donc pas un faciès résiduel, mais une argile sableuse ou une argile interstratifiée avec des limets de sables fins. Des roches meubles du Crétacé aussi riches en glauconite se trouvent notamment dans les Membres de Loncée (Crétacé, étage incertain : Coniacien - Santonien - Campanien basal). La présence de débris phosphatés osseux et une dent recoupée par une lame-mince accreditent cette hypothèse. Des dents ont été observés sur deux autres tessons également riches en glauconite. La zone d'extension de cette unité est assez limitée à la région de Gembloux (vallée de l'Orneau). Cette unité lithostratigraphique n'est épaisse que de trois mètres. Une glauconite est observée aussi à Vinalmont (versant de la vallée de la Meuse) et d'extension limitée à une poche karstique. Hormis cette possibilité, plusieurs membres et formations tertiaires d'origine marine renferment de la glauconite, mais souvent en petites quantités et en grains de petite taille, de plus la morphologie et la nature des inclusions ne plaident pas pour une source tertiaire. Une analyse pétrographique en cours (projet franco-belge INSTaNT) de poteries rubanées et Bliques-VSG des

³ Des éléments rubanés ont été retrouvés à la grotte Schmerling (rive droite du ruisseau des Awirs, Flémalle) ouverte dans des calcaires viséens (Jadin, 2000).

sources de la Dendre montre aussi la présence de céramiques riches en glauconite ; une étude comparée sera réalisée ultérieurement.

Les céramiques du groupe FG sont comparables avec le groupe II des céramiques néolithiques de Saint-Martin-sur-le-Pré (Châlons-sur-Marne) décrit par Gilles Fronteau (2012) : « [...] composées d'une matrice argileuse peu à pas silteuse assez homogène et d'une très importante charge minérale sableuse. La matrice argileuse est peu abondante par rapport aux inclusions sableuses, ces dernières pouvant représenter plus de 40% de la surface des tessons observés. Le sable est composé d'une proportion variable de grains arrondis de quartz monocristallins et de grains ronds de glauconie [...] Dans certains tessons, les grains de glauconie sont si abondants qu'ils sont plus nombreux que les grains de quartz, tandis que dans d'autres tessons, la proportion de glauconie n'est que d'environ 1/5 des grains totaux. Les grains de sables sont assez bien à bien triés, avec des grains de quartz de longueurs moyennes comprises entre 65 et 150 µm (sable très fin), tandis que les grains de glauconie peuvent être un peu plus grossiers et atteindre 300 µm (sables très fins à moyens). [...] Certains grains pourraient être des fragments de fossiles ou des microfossiles, mais leur état de préservation est très mauvais et les rend non identifiables. Dans les tessons F54-102 et F285-119, ont été observés de très rares (2/3 par tessons) petits fragments de grès à matrice (phosphatée ?). Ces inclusions mesurent jusqu'à un peu plus de 500 µm. Aucune chamotte n'a été observée dans les tessons de ce groupe. ». Gilles Fronteau attribue l'origine de ces matières premières aux formations albiennes (étage final du Crétacé inférieur), où sont présents des sables argileux (dite « Sables verts »), surmontés d'argiles (dites Argile du Gault). L'auteur observe des fragments de grès à matrice phosphatée observés dans certains tessons du groupe 2 mais que nous n'avons pas vu dans les tessons de Velroux. Les niveaux de l'Albien sont présents soit dans la vallée de l'Aisne, notamment au sud de Sainte-Menehould, soit dans la vallée de la Marne, dans les environs de Saint-Dizier, à l'est et au sud du Perthois (Fronreau, 2012).

– Groupe S : la matière première est un silt argilo sableux de type « loess ». Cette céramique pourrait être de production locale hesbignonne. Le loess présente toutefois la particularité de se travailler difficilement sans l'ajout de matière végétale. Cette dernière créant comme une ossature soutenant la pâte ou permettant son pourrissement rapide préalablement à son exploitation. Par ailleurs, cet ajout de matière végétale⁴ offre une garantie quant à la cuisson qui peut se réaliser même si les récipients ne sont pas parfaitement secs. Les loess couvrent une grande région et deviennent de plus en plus sableux vers le nord. La terre porte des traces de pédogenèse, de la matière organique (racines ou matière organique décomposée) et ne renferme pas de carbonates. Le potier a donc fait un prélèvement dans la partie supérieure des horizons loessiques.

Enfin, notons que la notion de mélanges de matériaux a été évoquée par D. Bosquet *et al.* (2008) lors de l'étude de la céramique rubanée de la Hesbaye liégeoise des sites étudiés de Darion, Oleye, Waremme, Remicourt et Fexhe comparée avec les loess régionaux : « Il apparaît, en effet, que la diversité des éléments traces présents dans les échantillons archéologiques est beaucoup plus importante que dans les échantillons de loess pur. En d'autres termes, cela signifie que, contrairement à l'idée admise par beaucoup que la poterie rubanée est faite du loess trouvé sur place, les sources d'approvisionnement seraient plutôt situées dans des lieux où le loess a été mélangé à d'autres types de matériaux argileux, provenant, par exemple, de la désagrégation de certaines couches géologiques. On pense, notamment, aux alluvions présentes dans le lit ou sur les berges des rivières. ».

⁴ Une expérimentation a été réalisée par F. Tromme en ajoutant de l'herbe fraîche à la pâte loessique et montrant sa faisabilité. L'analyse pétrographique en lames-minces de ces pots après cuisson permet de décrire une texture de pâte, proche de celle de tessons riches en pores linéaires interprétés comme due à des fragments végétaux.

9. Conclusions et perspectives

Les analyses pétrographiques en lames-minces complètent les observations macroscopiques et mésoscopiques et permettent de classer les céramiques en différents groupes (et sous-groupes ou variantes). Quatre groupes de pâtes ont été décrits impliquant l'emploi de terres différentes, locales et régionales. Certaines terres riches en glauconite témoignent de l'intérêt porté par le potier à des argiles vertes et/ou des argiles mélangées à des sables verts riches en grains de glauconite. Ces matériaux ne sont pas fréquents régionalement, alors que ce type de pâte à glauconite se rencontre dans toute la Hesbaye, les sources de la Dendre et une partie du Bassin parisien. Une analyse comparative de ce groupe sur une vaste région permettrait de savoir s'il s'agit d'une source unique ou la recherche du même type de matière première dans différentes régions, alimentant ainsi les discussions sur les échanges entre populations et la circulation des matières premières sur un vaste territoire. Chaque pâte chamottée renferme des grains de la chamotte issus du mélange de fragments de tessons de pâtes de groupes différents. L'examen des grains de la chamotte (groupe CH) montre que seuls les types de pâtes décrits dans ce travail sont rencontrés. Il n'y a pas de grains de chamotte mettant en évidence des groupes additionnels de pâtes et externes au site de Velroux. Les pâtes chamottées, ainsi que les pâtes loessiques sont assurément de production locale. La présence singulière de grains (cristaux) automorphes de quartz dans certains tessons constitue une signature qu'il faudra rechercher dans d'autres sites rubanés régionaux et extrarégionaux.

Enfin, une collaboration structurée entre chercheurs céramologues, archéomètres et géologues est souhaitable pour établir une synthèse sur les dynamiques socio-culturelles des potiers couvrant toute l'aire rubanée et les liens avec les autres groupes culturels.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Ivan Jadin et Cécile Jungels, patients relecteurs de ce manuscrit, et la ou les personnes qui prendront soin de ce texte jusqu'à sa publication finale. « La reconnaissance est la mémoire du cœur » (H.C. Andersen 1805-1875, auteur danois).

Bibliographie

- BELANGER I., DELABY S., DELCAMBRE B., GHYSEL P., HENNBERT M., LALOUX M., MARION J.-M., MOTTEQUIN B. & PINGOT J.-L., 2012. « Redéfinition des unités structurales du front varisque utilisées dans le cadre de la nouvelle Carte géologique de Wallonie (Belgique) », *Geologica Belgica*, 15(3) : 169-175.
- BLOUET V., KLAG T., PETITDIDIER M.-P., THOMASHAUSEN L., ILETT M. & CONSTANTIN C., 2013a. « Synchronisation des séquences du Rubané de Lorraine et du Bassin parisien », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110(3) : 513-537.
- BLOUET V., KLAG T., PETITDIDIER M.-P. & THOMASHAUSEN L., 2013b. *Le Néolithique ancien en Lorraine*, Paris, Société préhistorique française, « Mémoire » 55, vol. 1, 377 p., vol. 2, 360 p.
- BLOUET V., BOSQUET D., CONSTANTIN C., FOCK H., ILETT M., JADIN I., KLAG T., PETITDIDIER M.-P. & THOMASHAUSEN L., 2021. « Le Rubané en Belgique : nouvelle chronologie céramique et synchronisation avec les régions voisines », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 118 (2) : 277-322.
- BOSQUET D., FOCK H. & LIVINGSTONE-SMITH A., 2005. « La chaîne opératoire de la céramique rubanée : première tentative de reconstitution », in A. Livingstone-Smith, D. Bosquet & R. Martineau (éds.), « Pottery Manufacturing Processes: Reconstitution and Interpretation », Actes du XVI^e UISPP, Liège, 2-8 September 2001, BAR International Series, 1349, Oxford : 104-114.
- BOSQUET D., GOLITKO M. et SALAVERT A., avec la collaboration de BEUGNIER V., DELIGNE F., JADIN I., MARTIN F. et QUICK R., 2008. « Une phase pionnière à l'origine du peuplement rubané de la Hesbaye liégeoise (Belgique) », *Mémoire de la Société préhistorique française*, XLIV : 301-315.
- FRONTEAU G., 2012. *Caractérisation pétrographique de céramiques néolithiques. Céramiques – Saint-Martin-sur-le-Pré (51) – F.11.14*, Rapport non publié GF-21-06-12, Gegena, Université de Reims, 19 p.

- Ghesquière V., 2012. *La céramique néolithique et protohistorique du site de Velroux*, Mémoire (inédit) présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Histoire de l'art et Archéologie, UC Louvain, 1 vol.
- Golitko M., 2010. *Warfare and Alliance Building during the Belgian Early Neolithic, late sixth Millennium BC*, PhD thesis, University of Illinois, Chicago, 526 p.
- Golitko M., 2015. *LBK realpolitik: an archaeometric study of conflict and social structure in the Belgian Early Neolithic*, Oxford: Archaeopress; vi+188 p.
- Gomart L., 2012. *Traditions techniques et production céramique au Néolithique ancien. Etude de huit sites rubanés du nord-est de la France et de Belgique*, Thèse de doctorat Université Paris I, 488 p.
- Gomart L., 2014. *Traditions techniques et production céramique au Néolithique ancien. Étude de huit sites rubanés du nord-est de la France et de Belgique*, Sidestone Press, Leiden 348 p.
- Gomart L. & Ilett M., 2017. « From potters' hands to settlement dynamics in the early Neolithic site of Cuiry-lès-Chaudardes (Picardy, France) », in P. Kvetina, L. Gomart, R. Thér & K. Neumannova (eds), « Beyond the technological chain. Neolithic potters in social networks », *Archeologické Rozhledy*, Prague, 69 (2) : 209-226.
- Gomart L., Constantin C. & Burnez-Lanotte L., 2017. « Ceramic production and village communities during the early Neolithic in north-eastern France and Belgium. Issues regarding tempers and post-forming processes », in L. Burnez-Lanotte (éd.), « "Matières à penser": raw materials acquisition and processing in early Neolithic pottery productions », Proceedings of the workshop of Namur (Belgium, 29–30 May 2015), Paris, Société Préhistorique Française : 134-156.
- Jadin I., 2000. « Les gisements rubanés des Grottes d'Engis. Plusieurs raisons pour rechercher des aiguilles dans une botte de foin. », *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, XL : 65-93.
- Marchal J.-P. & Loicq S., 2007. « Grâce-Hollogne/Velroux : poursuite des fouilles dans la zone d'extension de l'aérogare de Liège Airport », *Chronique de l'archéologie wallonne*, 14 : 109-112.
- Pingot J.-L., (sous presse). *Carte géologique 41-3/4 Waremme-Momalle*, carte à éditer à l'échelle 1/25 000, notice explicative (version provisoire).
- Stainier X., 1899. *Carte géologique 133, Jehay-Bodegnée – Saint-Georges-sur-Meuse*, carte publiée à l'échelle du 1/40 000 par l'Institut Cartographique Militaire. Cette carte est disponible en ligne sur différents sites WEB.
- Tromme F., 2017. « L'occupation néolithique de Grâce-Hollogne – Velroux « Quartier Roba ». Fouilles 2004-2005 dans la zone d'extension de l'aéroport de Liège-Berset. Partie 1 – Les structures : analyses et interprétation », *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 3 : 57-76.
- Tromme F., 2018-2019. « Identification des poinçons et de la manière de les utiliser, reconnaissance de modes de réalisation de décors de vases rubanés de Hesbaye liégeoise », *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, LIV : 61-250.
- Tromme F., 2022. « L'occupation néolithique de Grâce-Hollogne – Velroux « Quartier Roba ». Fouilles 2004-2005 dans la zone d'extension de l'aéroport de Liège-Berset. Partie 3 – Analyses typologiques et datation », *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, ce volume.
- Van Doosselaere B., Burnez-Lanotte L., Gomart L. & Livingstone-Smith A., 2013. « Analyse technologiques de céramiques du Néolithique ancien de Vaux-et-Borset (Hesbaye, B) : résultats préliminaires », *Notae praehistoricae*, 33 : 15-26.
- Van Doosselaere B., Burnez-Lanotte L., Gomart L. & Livingstone-Smith A., 2016. « The end of diversity? Pottery technology at the LBK-Blicquy/Villeneuve-Saint-Germain transition in Hesbaye, Belgium », in L. Amkreuz, F. Haack, D. Hofmann & I. Van Wijck (eds), « Something Out of the Ordinary? Interpreting Diversity in the Early Neolithic Linearbandkeramik and Beyond, Newcastle upon Tyne », Cambridge Scholars Publishing, p. 159-189.

Adresse des auteurs :

Éric GOEMAERE*
Service géologique de Belgique (SGB), D.O.
Terre et Histoire de la Vie
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
(IRSNB)
29 rue Vautier
B-1000, Bruxelles
egoemaere@naturalsciences.be

François TROMME
Les Chercheurs de la Wallonie ASBL
128 rue de la Grotte
B-4400 Flémalle
fhmag.tromme@gmail.com

Thierry LEDUC
Service géologique de Belgique (SGB), D.O.
Terre et Histoire de la Vie
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
(IRSNB)
29 rue Vautier
B-1000, Bruxelles.
tleduc@naturalsciences.be

*Auteur de correspondance : Éric GOEMAERE



Planche 1 – Les différents groupes de tessons observés sur fracture fraîche.
 (1) groupe CHF (« fine chamottée ») ; (2) groupe CHH (« chamottée surcuite ») ;
 (3 à 5) groupe CH (« chamottée ») ; (6 à 8) groupe FSG ; (9 et 10) groupe FG.
 Photos et infographie F. Tromme.

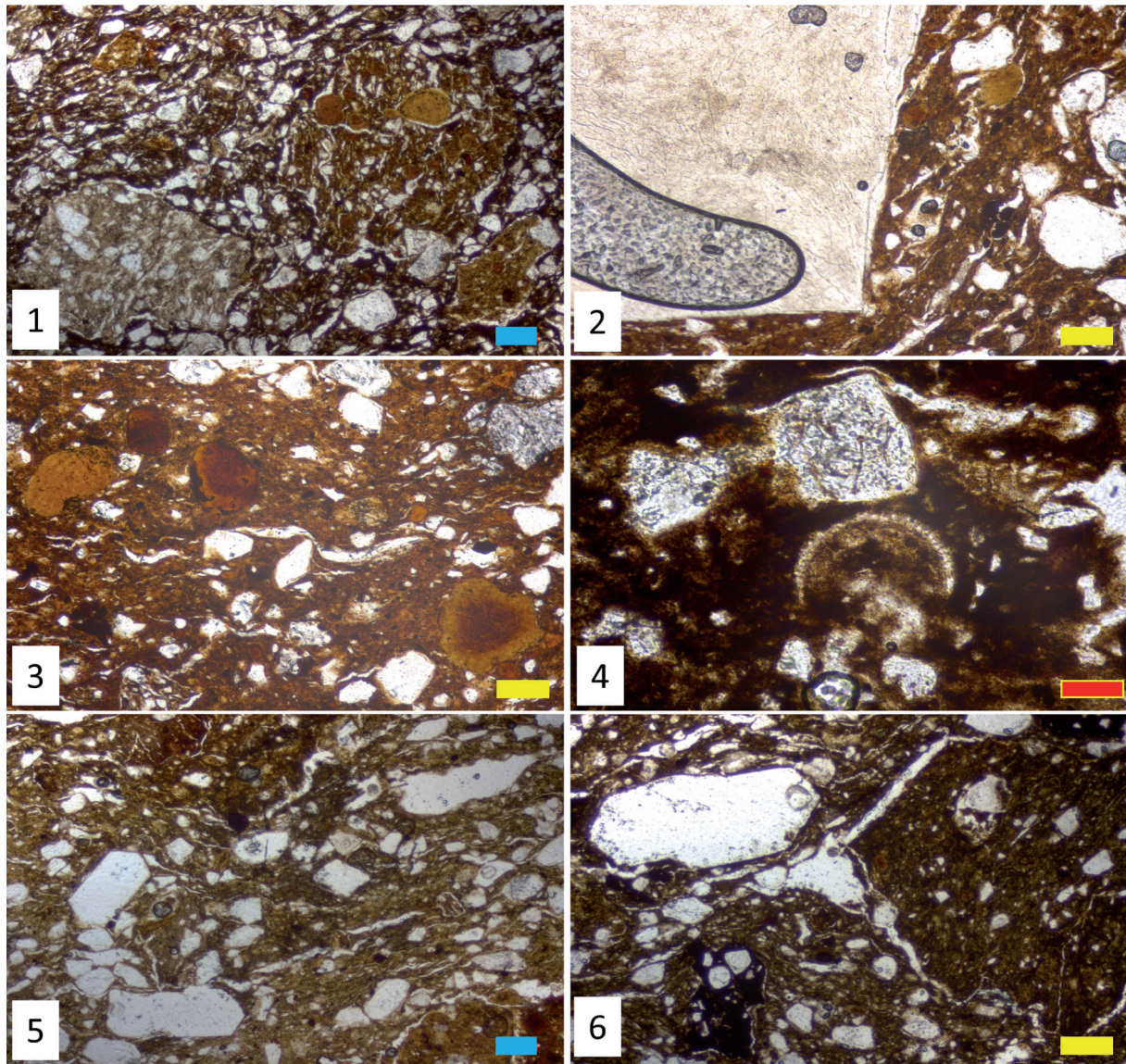


Planche 2 – Péetrofaciès des céramiques néolithiques de Velroux « Quartier Roba » :
Groupe CH. Photos É. Goemaere.

- (1) Pâte riche en grains de chamottes de différents types. Un grain de chamotte présente une pâte très riche en glauconite (cf. groupe FG). LN, lame mince LM-3 ;
- (2) Pâte fine avec rares grains de glauconite et un gros grain anguleux de silex. LN, lame mince LM-1 ;
- (3) Pâte fine glauconifère et petits grains de chamotte. LN, lame mince LM-1 ;
- (4) Pâte fine avec grains de quartz et un microfossile (radiolaire ?) LN, lame mince LM-1 ;
- (5) Pâte fine avec grains de quartz dont deux sont automorphes plus un petit grain de chamotte dans la partie supérieure. LN, lame mince LM-12 ;
- (6) Pâte fine avec grains de quartz dont un est automorphe, 2 grains de chamotte dont un est noir. LN, lame mince LM-12.

Légende : Longueur rectangle bleu : 200 µm, Longueur rectangle jaune : 100 µm, Longueur rectangle rouge : 50 µm. LN : lumière « naturelle » (aussi appelée lumière 1x polarisée) ; LP : lumière polarisée (aussi dite doublement polarisée ou polarisée/analysée).

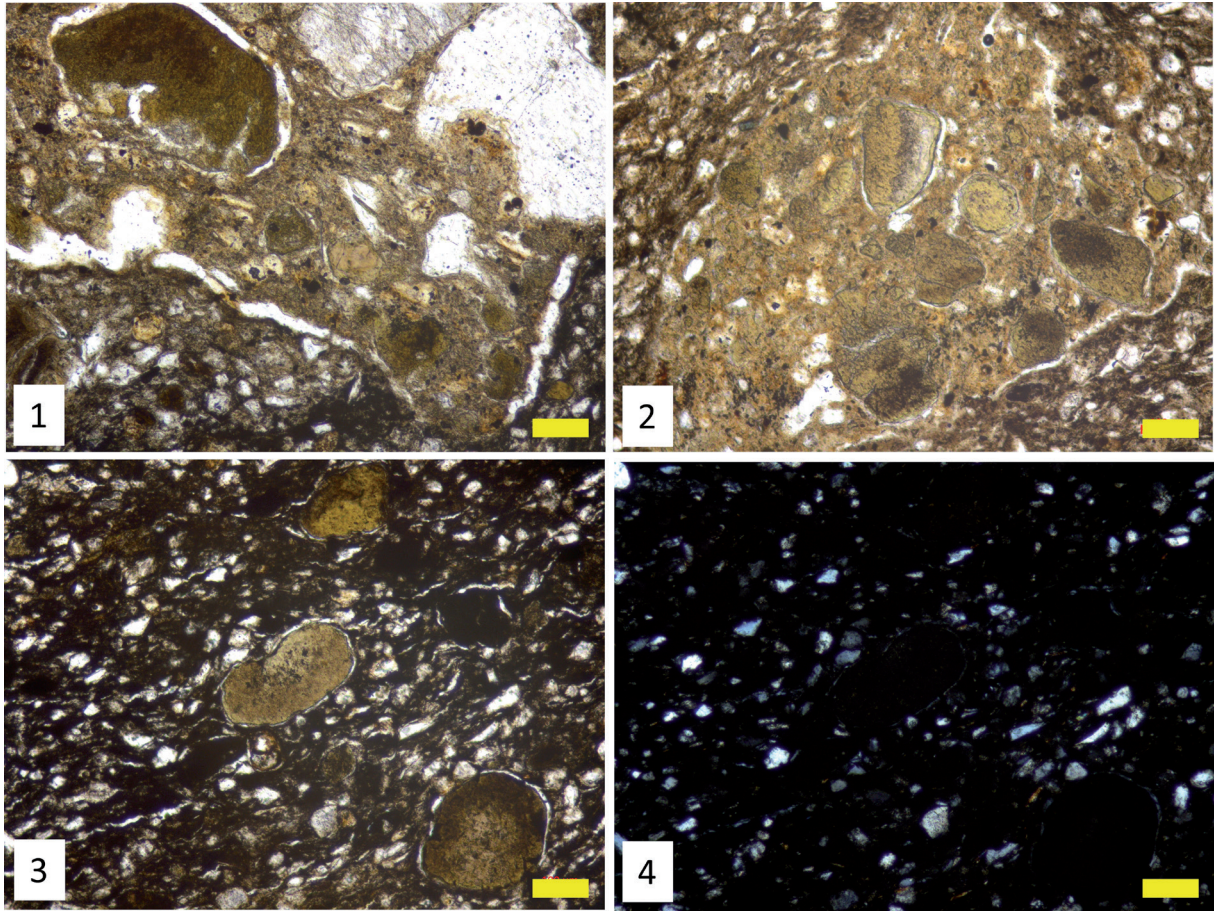


Planche 3 – Pétrifaciès des céramiques néolithiques de Velroux « Quartier Roba » :
Groupe CH-surcuit. Photos É. Goemaere.

- (1) Pâte claire argilo-silteuse, grisâtre avec un gros grain anguleux de chamotte limité par un « *ring void* » contenant des grains de quartz (incolore) et de la glauconite (gris brun), LN, lame mince LM-7 ;
- (2) Un gros grain de chamotte riche en grains de glauconite (cf. groupe FG) dans une pâte argilo-silteuse. LN, lame mince LM-7 ;
- (3) Pâte fine argilo-silteuse brun foncé avec quelques grains de glauconite de section elliptique et de teinte beige soulignés par des « *ring voids* ». LN, lame mince LM-7 ;
- (4) Pâte idem (3) mais en LP montrant l'absence totale de biréfringence de la pâte surcuite, lame mince LM-7.

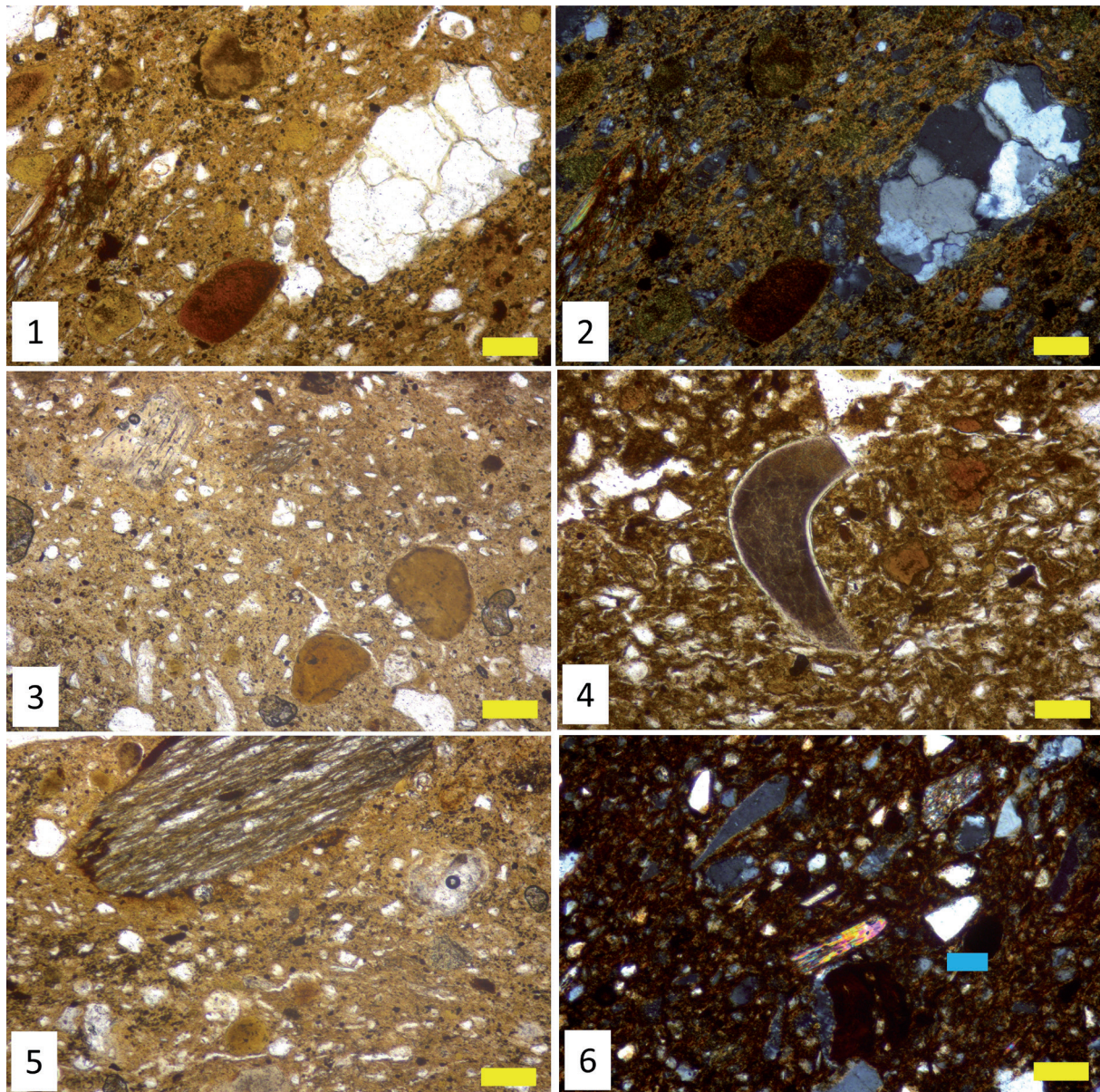


Planche 4 – Pétrofaciès des céramiques néolithiques de Velroux « Quartier Roba » :
Groupe FSG. Photos É. Goemaere.

- (1 et 2) Pâte argileuse glauconifère et riche en débris lithiques : à gauche un grain elliptique de phyllade et à droite un grain anguleux de quartzite. 1 : LN et 2 : LP, lame mince LM-8 ;
- (3) Pâte fine avec une faible fraction silteuse, deux grains de glauconite orange pâle, un débris osseux (avec canaux de Havers) de teinte beige et un petit débris lithique gris à droite du fragment osseux. LN, lame mince LM-8 ;
- (4) Pâte argilo-silteuse glauconifère avec une dent phosphatée et une bordure siliceuse (ici incolore). LN, lame mince LM-6 ;
- (5) Pâte fine argilo-silteuse glauconieuse avec un grain elliptique de roche quartzo-micacée à schistosité très développée. LN, lame mince LM-8 ;
- (6) Pâte argilo-silteuse avec grains anguleux à subarrondi de quartz, une paillette de mica muscovite et une papule d'argile riche en fer. LP, lame mince LM-4.

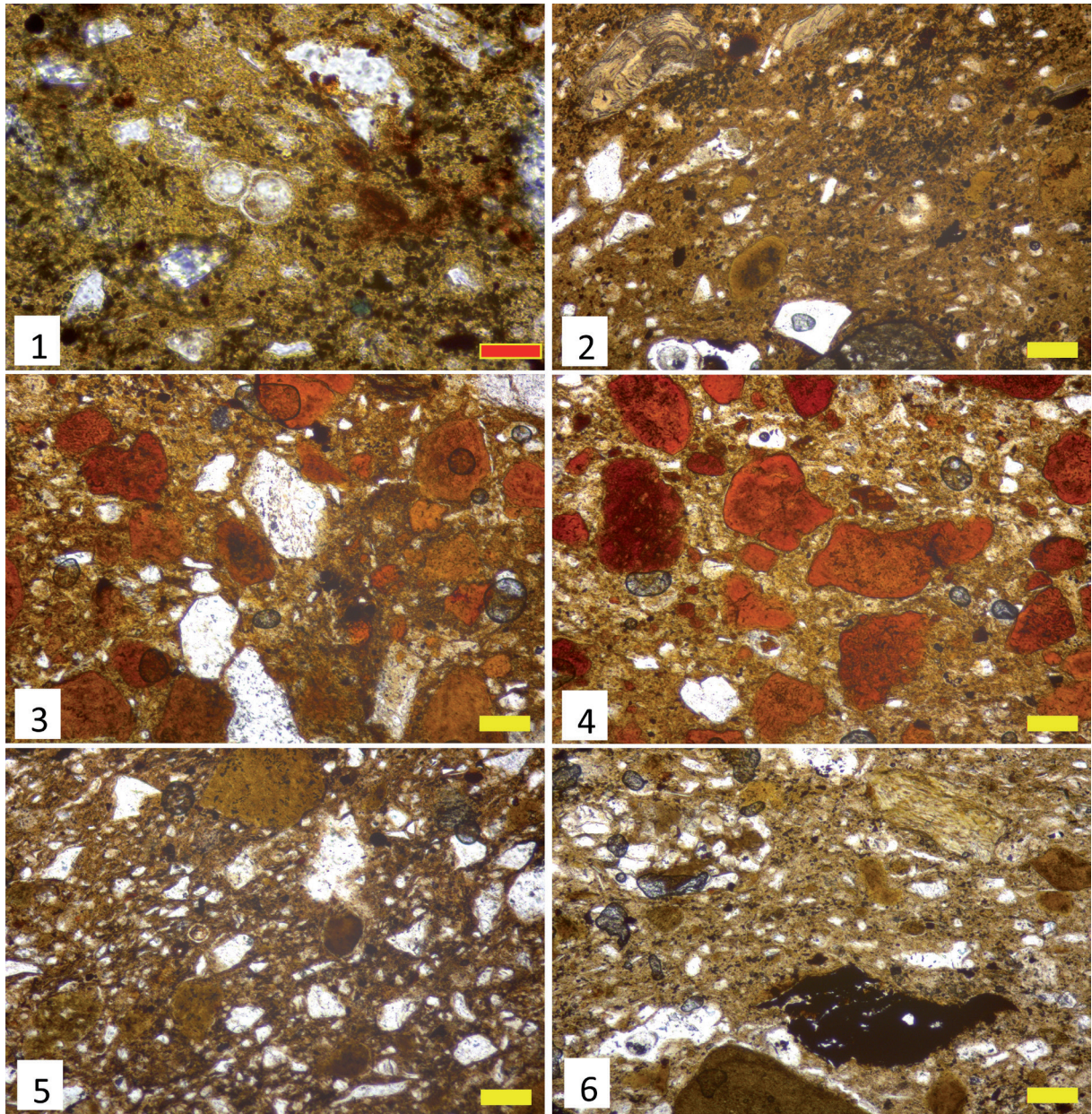


Planche 5 – Pétrifaciès des céramiques néolithiques de Velroux « Quartier Roba ».
 Photos 1 et 2 : céramiques du groupe FSG ; photos 3 à 6 : céramiques du groupe FG.
 Photos É. Goemaere.

- (1) Pâte argileuse avec grains de quartz silteux. Au centre, vestiges d'un foraminifère dont on voit deux logettes. LN, lame mince LM-8 ;
- (2) Pâte argileuse avec grains détritiques de quartz, petits grains ovoïdes de glauconite ainsi que deux grains phosphatés zonés dans le coin supérieur gauche. LN, lame mince LM-8 ;
- (3) Pâte fine très riche en grains de glauconite orange à rouge et quelques grains de quartz dont un grain sub-automorphe. LN, lame mince LM-9 ;
- (4) Pâte fine très riche en grains de glauconite orange à rouge et rares grains de quartz. LN, lame mince LM-9 ;
- (5) Pâte fine riche en grains de glauconite verdâtre avec grains de quartz subanguleux. LN, lame mince LM-5 ;
- (6) Pâte fine argilo-silteuse glauconifère (grande variation de taille de grains), grains détritiques de quartz, débris lithique en haut à gauche et à droite et au milieu un débris carboné. LN, lame mince LM-11.

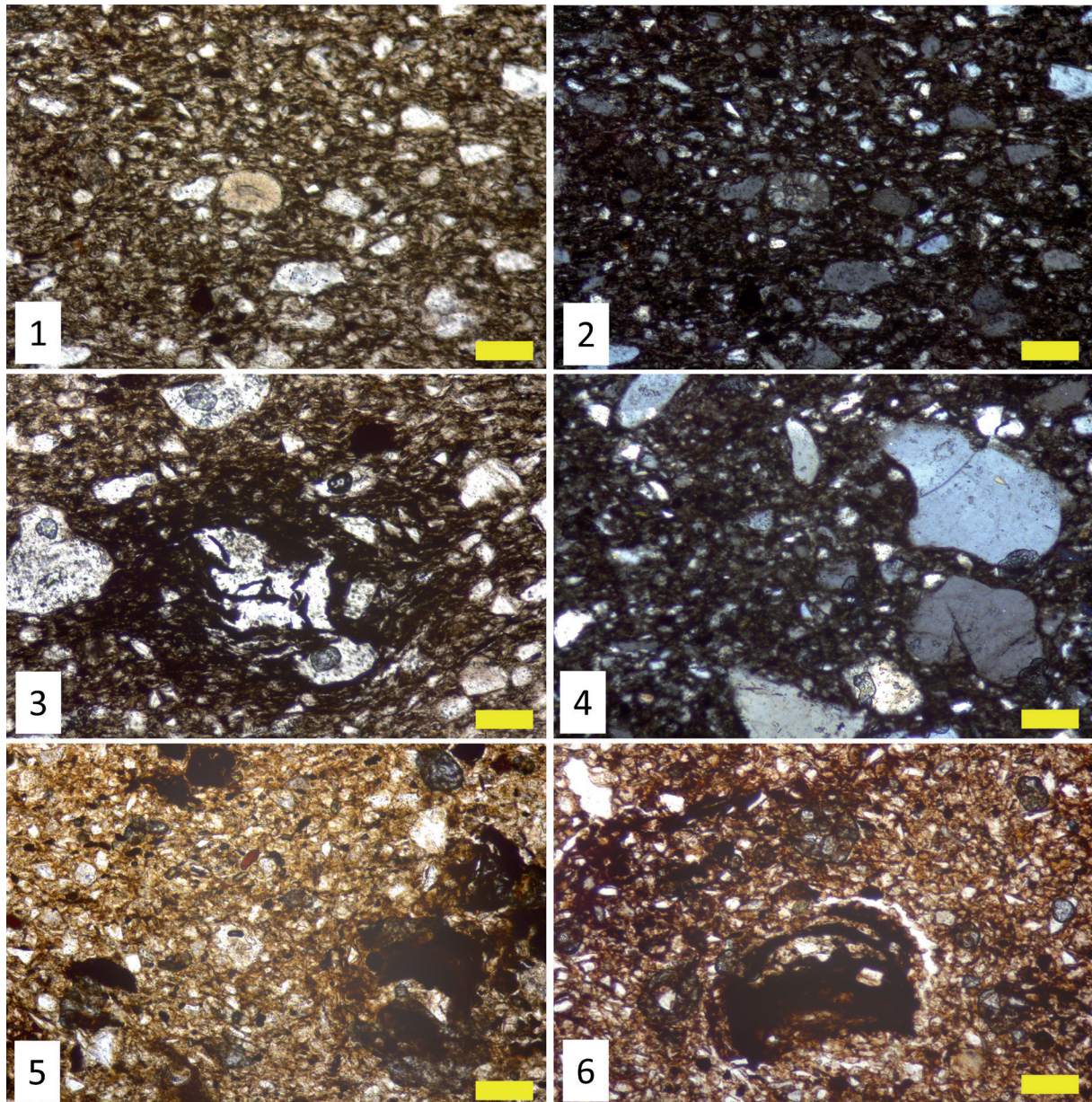


Planche 6 – Pétrifaciès des céramiques néolithiques de Velroux « Quartier Roba » :

Photos 1 à 4 : céramiques du groupe S ; photos 5 et 6 : céramiques du groupe loess.

Photos É. Goemaere.

- (1 et 2) Pâte argilo-sableuse surcuite avec grains de quartz dans les fractions silteuses et sableuses. La pâte ne présente aucune biréfringence en LP et apparaît donc noire. 1 : LN et 2 : LP, lame mince LM-2 ;
- (3) Pâte argilo-silto-sableuse avec une inclusion végétale thermiquement décomposée dont il reste des tissus carbonisés au centre et un halo noir dans la pâte (spot réducteur). LN, lame mince LM-2 ;
- (4) Pâte argilo-silto-sableuse avec quartz détritiques subanguleux. LP, lame mince LM-2 ;
- (5) Pâte argilo-silteuse avec inclusions pédologiques sombres de nature argilo-ferrifère. LN, lame mince VEL-92 ;
- (6) Pâte argilo-silteuse pédogénétisée avec inclusions pédologiques sombres zonées de nature argilo-ferrifère. LN, loess.

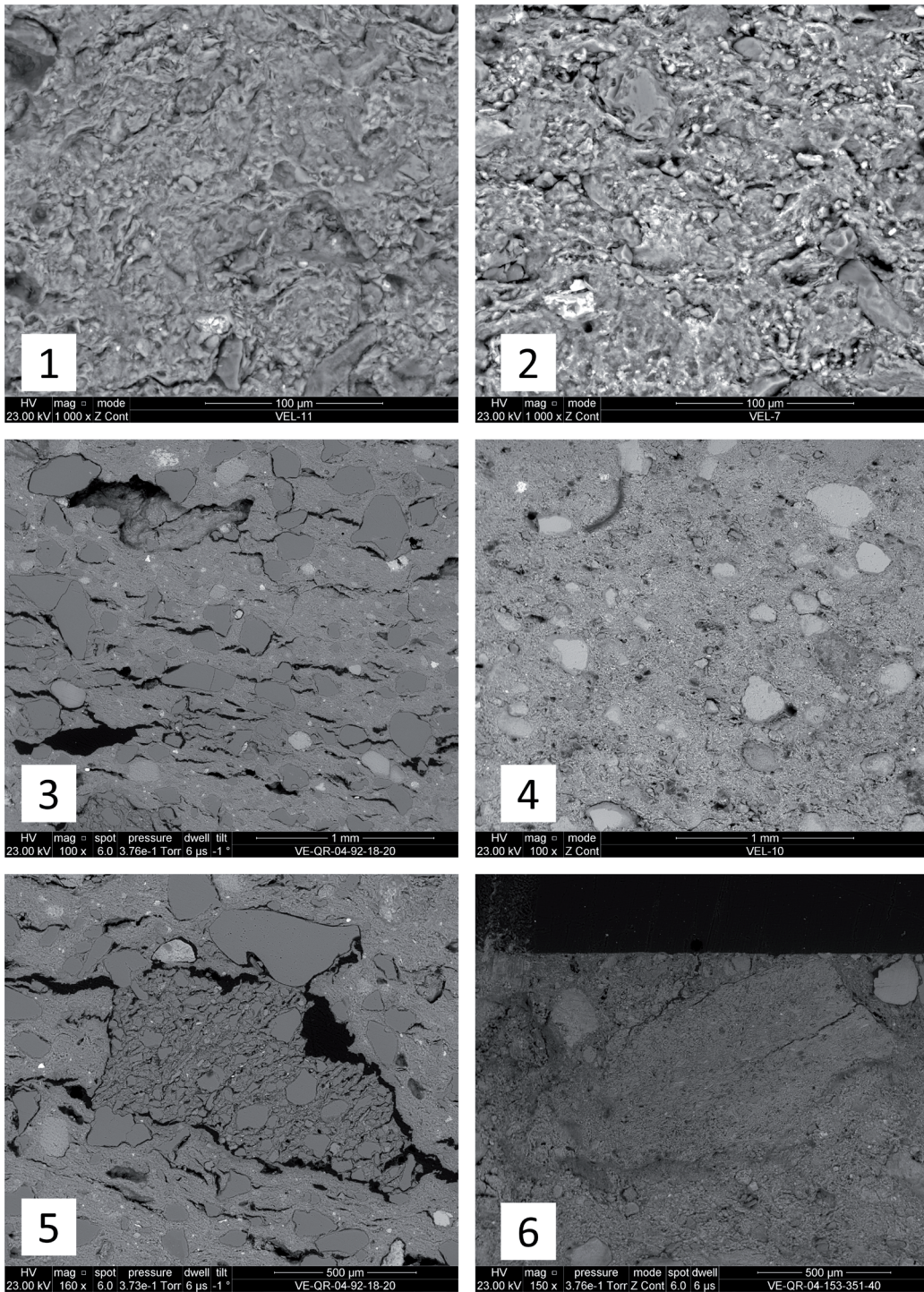


Planche 7 – Images MEB. Photos T. Leduc. Tessons de Velroux « Quartier Roba ».

- (1) Pâte silteuse à argilo-silteuse peu cuite. Les minéraux argileux feuilletés sont encore visibles.
Sur fracture fraîche ; VEL-11 ;
- (2) Pâte analogue mais d'un tesson surcuit. Sur fracture fraîche, VEL-7 ;
- (3) Nombreux grains de quartz dans la fraction sableuse. VEL-1 ;
- (4) Nombreux grains de glauconite (grains plus clairs). VEL-10 ;
- (5) Chamotte « grossière » différente de la pâte. VEL-1 ;
- (6) Fine chamotte dans un tesson du groupe FG. VEL-11.
- 3 à 6 : images sur surfaces polies.

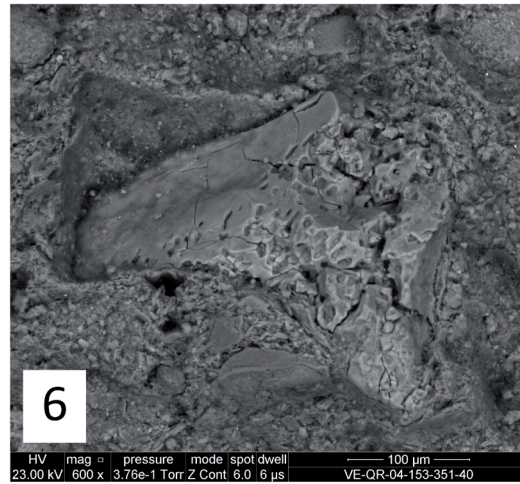
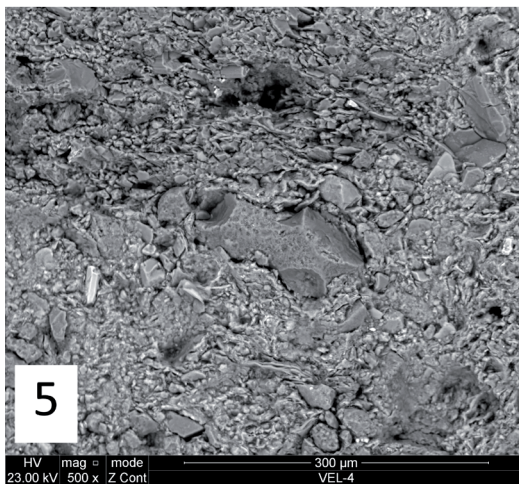
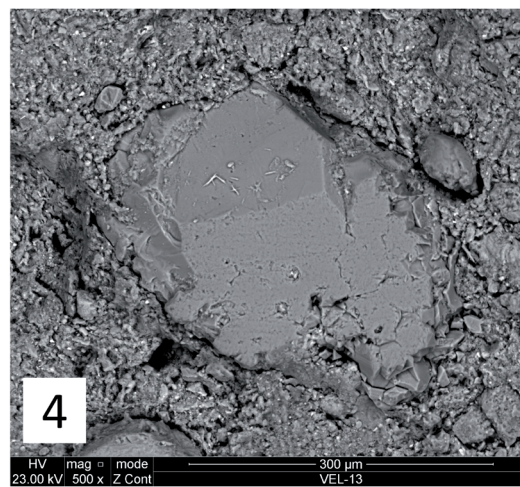
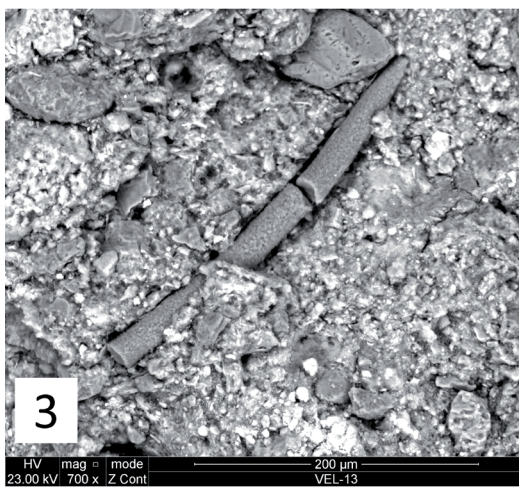
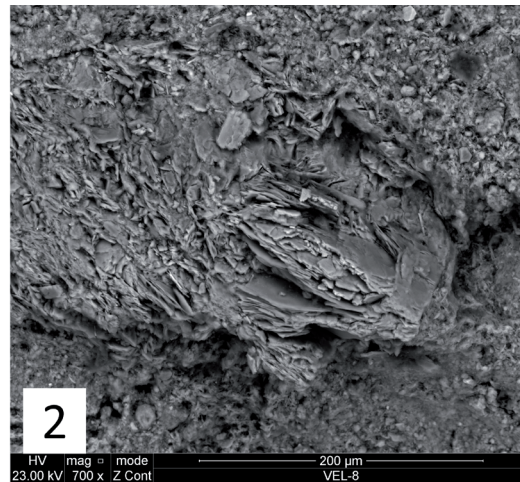
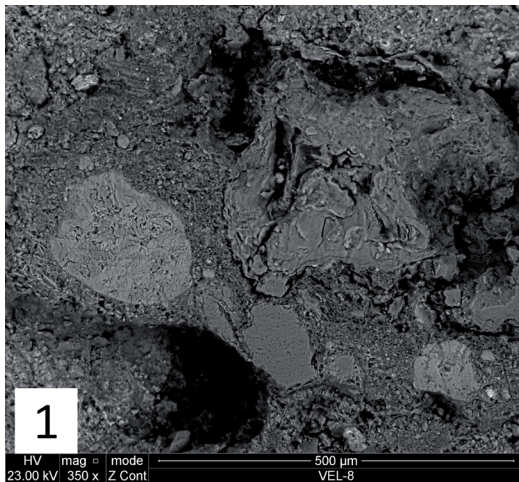


Planche 8 – Images MEB. Photos T. Leduc. Site de Velroux « Quartier Roba ».

- (1) Pelote d'argile (à droite) et glauconite (à gauche). VEL-8 ;
- (2) Phengite ou mica ferromagnésien (biotite). VEL-8 ;
- (3) Spicule d'éponge siliceuse. VEL-13 ;
- (4) Quartz automorphe. VEL-13 ;
- (5) Fragment de silex. VEL-4 ;
- (6) Fragment de phosphate de calcium sans trace d'origine biologique. VEL-11.