



**HAL**  
open science

## L'analyse du bitume des éléments de faucilles en silex d'Ougarit (Bâtiment B du chantier "Grand-rue")

Pierre Adam, Philippe Schaeffer, Jacques Connan, Eric Coqueugniot, Valérie  
Matoïan, Francesca Onnis

► **To cite this version:**

Pierre Adam, Philippe Schaeffer, Jacques Connan, Eric Coqueugniot, Valérie Matoïan, et al.. L'analyse du bitume des éléments de faucilles en silex d'Ougarit (Bâtiment B du chantier "Grand-rue"). Matoïan, Valérie; Al Maqdissi, Michel. Études ougaritiques III, XXI, Éd. Peeters, pp.293-308, 2013, Ras Shamra - Ougarit, 978-90-429-3017-9. halshs-01278724

**HAL Id: halshs-01278724**

**<https://shs.hal.science/halshs-01278724>**

Submitted on 11 Aug 2017

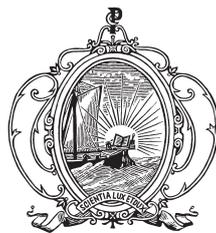
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.

RAS SHAMRA – OUGARIT XXI

# ÉTUDES OUGARITIQUES III

Ouvrage édité par  
Valérie Matoïan et Michel Al-Maqdissi



PEETERS  
LEUVEN – PARIS – WALPOLE, MA

2013

## TABLE DES MATIÈRES

Valérie MATOÏAN	
« Introduction aux études » .....	VII
RECHERCHES SUR LE TELL DE RAS SHAMRA	
Bernard GEYER, Yves CALVET avec la collaboration de V. MATOÏAN, M.-L. CHAMBRADÉ, N. MARRINER, J.-P. GOIRAN, X. HUANG, F. ONNIS, M. LÉCONTE	
« Le “pont-barrage” du Nahr ed-Delbé (Ras Shamra – Ougarit, Syrie) » .....	1
Bernard GEYER, Valérie MATOÏAN avec la collaboration de L. HERVEUX	
« Premières observations réalisées sur le puits 3150 du chantier “Grand-rue” (Ras Shamra – Ougarit) » .....	47
Jean-Yves MONCHAMBERT	
« La “résidence nord” à Ougarit. Les fouilles complémentaires effectuées entre 1999 et 2005 » .....	73
Olivier CALLOT	
« Le bâtiment “au trône”, un nouveau sanctuaire à Ougarit ? » .....	89
ÉTUDES SUR LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION À OUGARIT	
Jean-Claude BESSAC	
« Les roches de construction d’Ougarit : production, façonnage, mise en œuvre » .....	111
Victoria ASENSI AMORÓS	
« Identification d’essences de bois dans l’architecture d’Ougarit » .....	143
RECHERCHES SUR LA CULTURE MATÉRIELLE D’OUGARIT	
Valérie MATOÏAN	
« La Maison dite “de Rashapabou” : inventaire des objets découverts lors de la fouille de l’édifice et essai d’interprétation » .....	157
Aurélié CARBILLET	
« Poulpes, poissons et coquillages... Essai sur les représentations du monde aquatique dans la céramique mycénienne d’Ougarit » .....	203

Pierre ADAM, Philippe SCHAEFFER, Jacques CONNAN, Éric COQUEUGNIOT, Valérie MATOÏAN, Francesca ONNIS « L'analyse du bitume des éléments de faucilles en silex d'Ougarit (Bâtiment B du chantier "Grand-rue") » .....	293
Valérie MATOÏAN « Les emplois du bitume à Ougarit au Bronze récent » .....	309
Joël MALLET « Ras Shamra – Ougarit (Syrie), 62 <sup>e</sup> campagne, 2002. Poterie des chantiers 173 et 178 dans le Palais Nord » .....	321
<b>RECHERCHES SUR LES TEXTES ET LES OBJETS INSCRITS D'OUGARIT</b>	
Bérénice LAGARCE-OTHMAN « Un nouveau vase inédit d'Horemheb » .....	347
Caroline SAUVAGE, Robert HAWLEY « Une fusaïole inscrite en ougaritique au Musée d'Archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye » .....	365
Robert HAWLEY, Denis PARDEE, Carole ROCHE-HAWLEY « À propos des textes akkadiens alphabétiques conservés au Musée d'Alep : notes épigraphiques » .....	395
Juan-Pablo VITA « Interactions à Ougarit entre textes administratifs et textes d'un autre genre (lettres, textes juridiques, rituels, étiquettes) » .....	403
<b>RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES À RAS IBN HANI</b>	
Michel AL-MAQDISSI « Notes d'Archéologie Levantine XL. Structures du Bronze ancien à Ras Ibn Hani, campagne de 1987 » .....	417
Michel AL-MAQDISSI « Notes d'Archéologie Levantine XXXIX. Rapport préliminaire sur les travaux syriens à Ras Ibn Hani (campagne 2011) » .....	425
Yves CALVET « Timbres amphoriques de Ras Ibn Hani (campagne 2011) » .....	455
Eva ISHAQ « Note sommaire sur les figurines en terre cuite de Ras Ibn Hani (campagne 2011) » .....	465
TABLE DES MATIÈRES .....	473
PLANCHES COULEUR .....	475

## L'ANALYSE DU BITUME DES ÉLÉMENTS DE FAUCILLES EN SILEX D'UGARIT (BÂTIMENT B DU CHANTIER « GRAND-RUE »)

Pierre ADAM<sup>\*</sup>, Philippe SCHAEFFER<sup>\*</sup>, Jacques CONNAN<sup>\*</sup>,  
Éric COQUEUGNIOT<sup>\*\*</sup>, Valérie MATOÏAN<sup>\*\*</sup>, Francesca ONNIS<sup>\*\*</sup>

### RÉSUMÉ

Un ensemble exceptionnel d'outils provenant d'un atelier de travail du silex a été découvert sur le site de Ras Shamra (Syrie). Les silex mis à jour ont été plus particulièrement utilisés pour la fabrication ou la réparation de faucilles. Une étude a été réalisée afin de déterminer la nature et l'origine du matériau organique retrouvé à la surface de certains silex et vraisemblablement employé comme adhésif pour fixer les silex sur des manches de faucilles. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse des hydrocarbures saturés de ces échantillons montre qu'ils sont principalement constitués de bitume sévèrement altéré. L'analogie de la composition isotopique du carbone ainsi que des profils moléculaires de ces bitumes avec ceux d'asphaltes naturels provenant du gisement de Kfarié, situé à proximité du site de Ras Shamra, a permis d'établir que ce gisement était à l'origine des échantillons de bitumes étudiés. Ces profils moléculaires sont caractérisés, notamment, par une contribution significative d'hydrocarbures hopaniques particuliers, comprenant les 28-norhopanes ainsi que les 2- et 3-méthylhopanes, qui ont permis de distinguer les échantillons analysés d'autres asphaltes naturels en usage au Moyen-Orient.

### ABSTRACT

*An exceptional set of flint tools has been discovered in a workshop located on the site of Ras Shamra (Syria). The flints discovered have been used, particularly, for the manufacturing or repair of sickles. A molecular study has been performed aimed at determining the nature of the organic material sticking on the surface of the flints and most probably used as adhesive to attach the flints on the hafts of sickles. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of the saturated hydrocarbons isolated from the samples shows that they mainly consist of highly degraded bitumen. The analogy of the stable carbon isotopic and molecular compositions of the adhesive samples with those of natural asphalts from the Kfarié deposit located near Ras Shamra suggests that the investigated bitumen indeed originates from this deposit. The molecular profiles are characterized, notably, by a significant contribution of series of hopanoid hydrocarbons, comprising, 28-norhopanes as well as 2- and 3-methylhopanes, which led to exclude other natural asphalts occurring in the Middle East as possible sources of the investigated bitumen samples.*

\* UMR 7177, Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire (CNRS – Université de Strasbourg).

\*\* UMR 5133, Archéorient, CNRS – Université Lumière-Lyon 2.

## INTRODUCTION

La découverte récente sur le site de Ras Shamra, au cours des campagnes de fouille de 2006 et de 2007, d'un ensemble exceptionnel d'outils en silex dont un nombre significatif portait encore des traces de bitume a été l'occasion d'entreprendre une seconde série d'analyses en laboratoire sur ce dernier matériau, relativement peu attesté à Ougarit<sup>1</sup>. Une première étude archéométrique, publiée en 1991 dans le volume VI de la série Ras Shamra – Ougarit, consacré aux *Arts et industries de la pierre à Ougarit*<sup>2</sup>, avait mis en évidence une source d'approvisionnement locale.

LE CONTEXTE DE DÉCOUVERTE : UNE GRANDE « RÉSIDENCE »  
DE LA FIN DU BRONZE RÉCENT<sup>3</sup>

L'outillage lithique dont il est question ici a été mis au jour dans un édifice important (Bâtiment B), daté du Bronze récent final, du chantier dit « Grand-rue ». Ce secteur est localisé dans la partie méridionale du tell, à l'ouest de la tranchée dite « Ville sud » et à l'est du secteur où fut découverte la Maison dite « d'Ourtenou ». Les recherches, qui ont commencé dans ce secteur en 1988<sup>4</sup>, ont apporté des informations sur l'urbanisme de l'agglomération et ont permis la découverte d'un nouveau quartier d'habitations du Bronze récent final. La fouille a mis en évidence un carrefour, délimitant probablement quatre îlots d'habitations. La reconnaissance, dès 1992, d'une large voie de circulation nord-sud a donné son nom à ce chantier, désormais appelé « Grand-rue »<sup>5</sup>. L'îlot nord-est est occupé par un vaste bâtiment (appelé Bâtiment B). En cours de dégagement, l'édifice présente une architecture de grande qualité, qui rappelle celle de grandes demeures du site, comme le « Palais Sud » ou encore la « Résidence Nord »<sup>6</sup>. La construction est, en particulier, caractérisée par un emploi abondant de la pierre de taille, tant en façade qu'à l'intérieur de l'édifice. L'absence de documents écrits ne permet toujours pas de connaître l'identité ni la fonction du propriétaire de cet édifice. Les découvertes archéologiques renseignent sur une partie des activités qui s'y déroulaient et la présence d'objets luxueux, tels des vases en travertin, semble indiquer que le propriétaire faisait probablement partie de la classe la plus aisée de la société.

Le bâtiment, dont on peut estimer la superficie au sol, en l'état actuel du dégagement, à plus de 700 m<sup>2</sup> (*fig. 1*), possédait plusieurs accès depuis l'extérieur, dont une large porte, côté sud, munie de montants en pierres de taille à feuillure et d'un seuil en pierre monolithique. Cette dernière, qui constituait certainement l'entrée principale de l'édifice, ouvrait sur un vestibule qui desservait plusieurs secteurs de l'habitation et permettait d'accéder à l'étage par un escalier. Au cours de son histoire, le bâtiment a connu des réfections et des transformations, dont le bouchage de plusieurs portes, ce qui modifia les circulations à l'intérieur de l'édifice.

Certains espaces du rez-de-chaussée faisaient probablement office d'espaces de réception alors que d'autres étaient destinés au stockage, comme l'attestent les grandes jarres qui y furent découvertes. L'ensemble lithique provenait, quant à lui, certainement, de l'étage. Il a été mis au jour lors du dégagement du *locus* 3096, un espace à peu près quadrangulaire de petite dimension. Possédant des ouvertures sur trois de ses côtés lors de la dernière période d'occupation du bâtiment à la fin du Bronze récent, cet espace correspondait peut-être à une cour intérieure. Les pièces, au nord et au sud, contenaient des jarres

- 
1. Sur le bitume dans l'Antiquité, voir Connan 2012.
  2. Connan, Deschesne et Dessort 1991 ; Connan et Deschesne 1992.
  3. Par Valérie Matoïan et Francesca Onnis.
  4. Yon *et al.* 1990, p. 27-28.
  5. Yon 1995, p. 431-433 ; Yon et Callot 1995 ; Yon 1997, p. 95 ; Calvet 2000, p. 91 ; Yon 2008 ; Matoïan et Sauvage *in* Al-Maqdissi *et al.* 2007, p. 45-53 ; Matoïan et Onnis *in* Al-Maqdissi *et al.* 2010, p. 33-37.
  6. Cf. Monchambert, dans cet ouvrage.

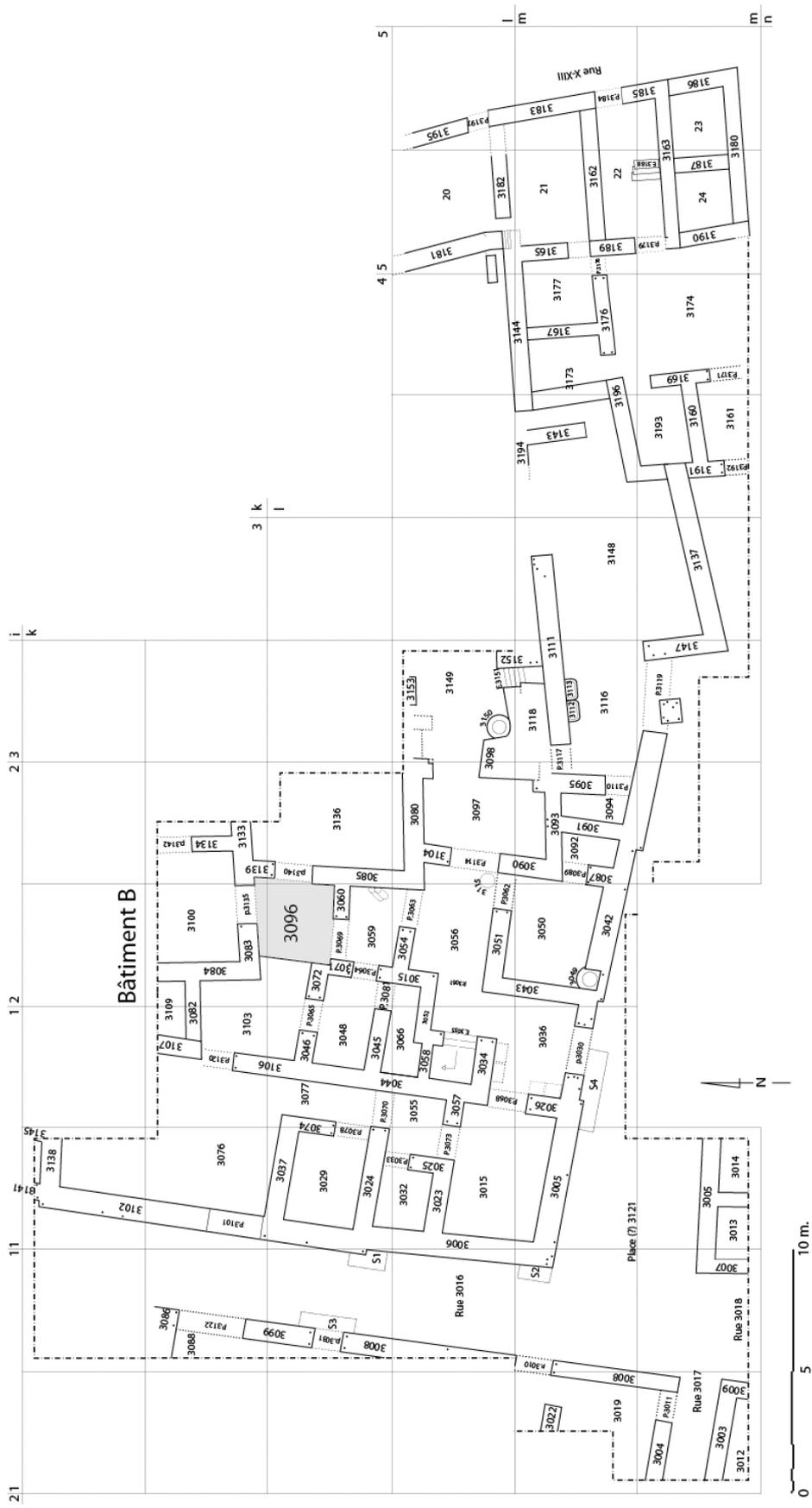
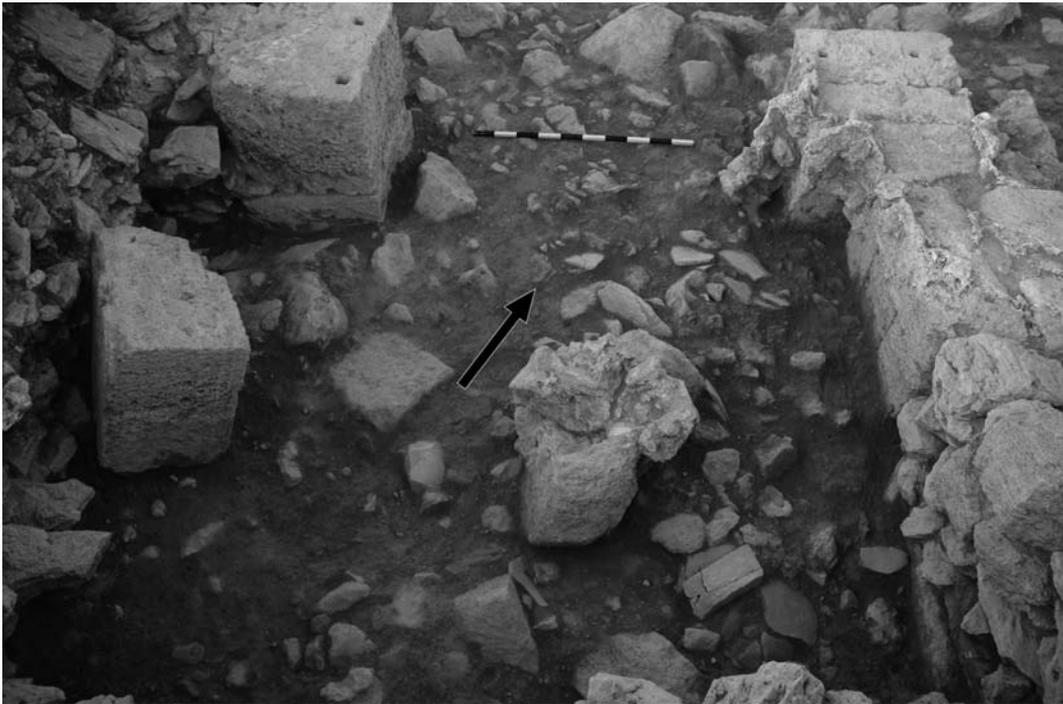
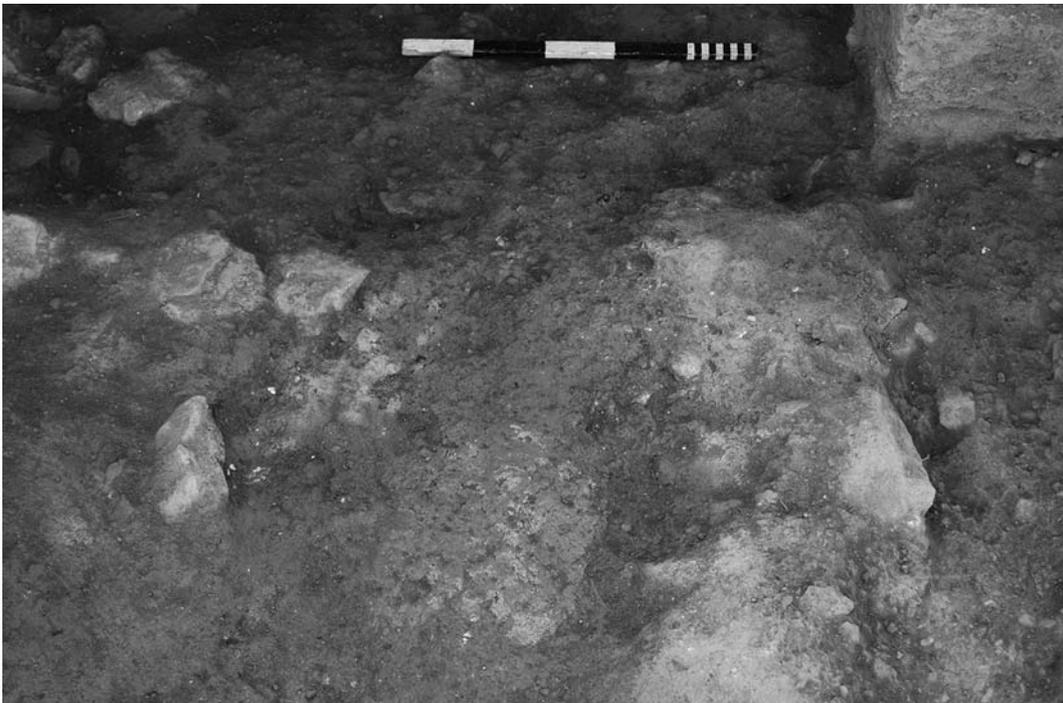


Fig. 1 – Plan schématique du chantier « Grand-rue » (état 2009) © Mission de Ras Shamra – Ougarit, infographie E. Devidal et V. Huyard).



*Fig. 2 – Vue du locus 3096 en cours de dégagement, au sud, la porte en regard de laquelle se trouvait la concentration de silex (© Mission de Ras Shamra – Ougarit).*



*Fig. 3 – Locus 3096, détail du secteur où étaient concentrés les silex (en fin de fouille) (© Mission de Ras Shamra – Ougarit).*

de stockage. Une forte concentration de silex a été retrouvée dans la partie méridionale du *locus*, en regard de l'ouverture sud (vers 3069) (*fig. 2 et 3*), mais des éléments se trouvaient aussi dans les terres de remplissage du *locus*. Leur étude (voir *infra*) a permis d'identifier les vestiges d'un atelier d'entretien et de réparation d'éléments de faucilles en silex <sup>7</sup>. La présence de cet atelier pourrait laisser supposer que les activités du propriétaire du Bâtiment B, ou tout au moins une partie d'entre elles, étaient liées à la gestion d'un terroir agricole.

## DES OUTILS EN SILEX ET DU BITUME <sup>8</sup>

### Que font des résidus de bitume sur certains artefacts en silex ?

Lorsque les conditions de préservation sont favorables, certains outils en silex ont conservé des résidus adhérant à leur surface, résidus dont les analyses en laboratoire permettent de déterminer la nature. Parmi ceux-ci, un certain nombre se révèle être du bitume, ou plutôt un mélange à base de bitume dont la présence n'est pas liée à un dépôt secondaire (taphonomique), mais au mode d'emmanchement des artefacts. En effet, les outils de silex n'étaient que rarement utilisés à main nue ; *a contrario*, ils étaient, en général, fixés dans un manche, rarement par simple coincement dans une rainure, parfois avec des ligatures en tendons, mais le plus souvent en utilisant des adhésifs (selon les cultures et les régions, ce mastic est à base de brai de bouleau, de résine, de cire d'abeille ou de bitume) et ceci depuis des temps très anciens <sup>9</sup>. Intermédiaire entre le manche en bois et le tranchant en silex, le mastic de bitume permettait tout à la fois de fixer, de manière ferme, la composante lithique et, grâce à sa malléabilité à chaud, de faciliter le remplacement des éléments, cassés, perdus ou trop usés pour être réaffûtés en place.

Tandis que le manche – fabriqué le plus souvent en bois – a généralement disparu, dans les niveaux archéologiques, nous ne retrouvons que la composante lithique de l'outil original, à laquelle des résidus restent parfois accrochés, sous forme d'un film noirâtre ou d'amas plus importants qui, dans les cas les plus favorables, peuvent encore préserver l'empreinte des fibres ligneuses du manche. À Ougarit, cet emploi du bitume est particulièrement bien attesté sur les « pièces lustrées », à savoir des silex dont les traces d'utilisation révèlent la fonction : coupe de végétaux tendres, tels les roseaux, ou moisson des céréales (usage en « faucilles ») <sup>10</sup>.

Instrument omniprésent depuis le Néolithique, la faucille est un outil composite par excellence, sur lequel plusieurs pièces en silex sont disposées de manière à former un tranchant qui sera soit continu, soit « en écharpe », ainsi que nous le montrent les exemplaires retrouvés complets ou, au moins, avec le tranchant en connexion [faucilles à tranchant continu au Néolithique européen <sup>11</sup> ou dans des tombes égyptiennes et faucilles à tranchant « en écharpe » de la fin du PPNB (Néolithique pré-céramique B) et du Néolithique céramique de Tell Assouad et de Tell Sabi Abyad II (Syrie) <sup>12</sup>, de Hacilar <sup>13</sup> (Turquie) et du Chalcolithique de Mehrgarh <sup>14</sup> (Pakistan) ou du Néolithique ancien des Balkans (type Karanovo) <sup>15</sup>].

7. Coqueugniot in Al-Maqdissi *et al.* 2010, p. 37-41.

8. Par Éric Coqueugniot.

9. En Syrie, des résidus de bitume utilisé comme adhésif ont été mis en évidence dès le Paléolithique moyen (Boëda *et al.* 1998, 2008). Des emmanchements, en utilisant de la chaux pour fixer les silex, sont attestés au Kébarien Géométrique à Lagama North VIII dans le Sinaï (Kingery *et al.* 1988) ; ce matériau fournit une fixation ferme, mais non réversible.

10. Coqueugniot 1991.

11. Cf. entre autres Vayson 1918-1919 ; Müller-Beck 1965.

12. Cauvin 1973 ; Copeland et Verhoeven 1996.

13. Mellaart 1970.

14. Lechevallier 1980, 2003.

15. Gurova 2005.

### Que peuvent nous apprendre ces résidus ?

– Les analyses permettent de connaître l'origine géologique du bitume, mais aussi la « cuisine » de préparation du mastic (cf. *infra*).

– Dans certains cas, l'adhésif est resté solidaire des pièces de silex et il est aisé de restituer la forme du tranchant et du manche disparu. Dans la plupart des cas, les silex qui constituaient le tranchant composite de la faucille sont retrouvés séparés les uns des autres, cependant la répartition des traces de bitume, combinée avec l'extension des traces d'usage (lustre) dues aux phytolithes siliceux des fibres végétales, permet, là encore, de restituer la forme du manche et de l'outil complet. Si la taille des 6 à 8 éléments de silex qui composaient le tranchant utile des faucilles du Bronze récent était relativement aisée, paradoxalement, c'est la partie non conservée de l'outil, le manche, qui nécessitait l'investissement technique le plus important : c'était donc lui qui devait avoir le plus de « valeur ». Par la suite, les outils dont le tranchant avait été endommagé à l'usage étaient rapportés dans des ateliers d'entretien, comme celui qui a été mis au jour dans le Bâtiment B du quartier Grand-Rue, aux fins de réparation. Cet atelier devait être à même de fournir des faucilles neuves et de réparer celles qui étaient hors d'usage, en remplaçant les éléments lithiques cassés, usés ou manquants <sup>16</sup>, d'où l'association d'éléments non utilisés (des « pièces de rechange »), d'éléments usagés (rejetés), comportant parfois encore des résidus d'adhésif et de très nombreux éclats de mise en forme. Ces derniers attestent que les éléments « neufs » étaient mis en forme sur place, à partir de supports bruts débités dans un autre lieu. L'absence de pièces en connexion et de résidus bitumineux ayant clairement conservé l'empreinte de l'emmanchement indique que les pièces retrouvées usagées résultent bien du remplacement d'éléments inutilisables et non pas de l'altération *in situ* de faucilles entières. Toutefois, la distribution des résidus d'adhésif et du lustre peut permettre de restituer avec précision le mode d'insertion des lames en silex, dans une rainure ou adjacentes au manche comme à Mari <sup>17</sup>, le tranchant de la faucille étant courbe et continu conformément au modèle précédemment reconnu pour les pièces provenant du chantier Centre de la Ville <sup>18</sup>. La plasticité initiale du bitume donne, en outre, une grande liberté quant à la forme du bord opposé au tranchant utile et à la largeur des pièces lithiques ainsi qu'il est attesté à Lachish <sup>19</sup> et proposé dans la restitution de la *figure 4*. En revanche, ce sont les angles tranchant/troncatures qui semblent primordiaux, car ils assurent un bon enchaînement entre les éléments contigus <sup>20</sup>.

#### ANALYSE MOLÉCULAIRE DES ÉCHANTILLONS N° 2760 À 2764 PAR CHROMATOGRAPHIE GAZEUSE COUPLÉE À LA SPECTROMÉTRIE DE MASSE (CG-SM) <sup>21</sup>

Une analyse moléculaire de cinq échantillons (n° 2760 à 2764, *tabl. 1*), provenant de l'atelier de travail du silex, a été réalisée afin de déterminer la nature et l'origine du matériau organique utilisé comme adhésif pour fixer les silex sur des manches de faucilles. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM) des hydrocarbures saturés, isolés par chromatographie sur colonne de silice à partir des extraits organiques de ces échantillons, montre que ce matériau est

16. Al-Maqdissi *et al.* 2010 ; Coqueugniot 2009.

17. Coqueugniot 2006.

18. Coqueugniot 1991.

19. Mozel 1983.

20. Coqueugniot 1991.

21. Par Pierre Adam, Philippe Schaeffer et Jacques Connan. Les auteurs remercient Alexandre Zahariev et Isabelle Chery (IPHC, Université de Strasbourg) pour les mesures isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ ) des bitumes et Gaby Schmitt (Université de Strasbourg) pour le fractionnement chromatographique des échantillons.

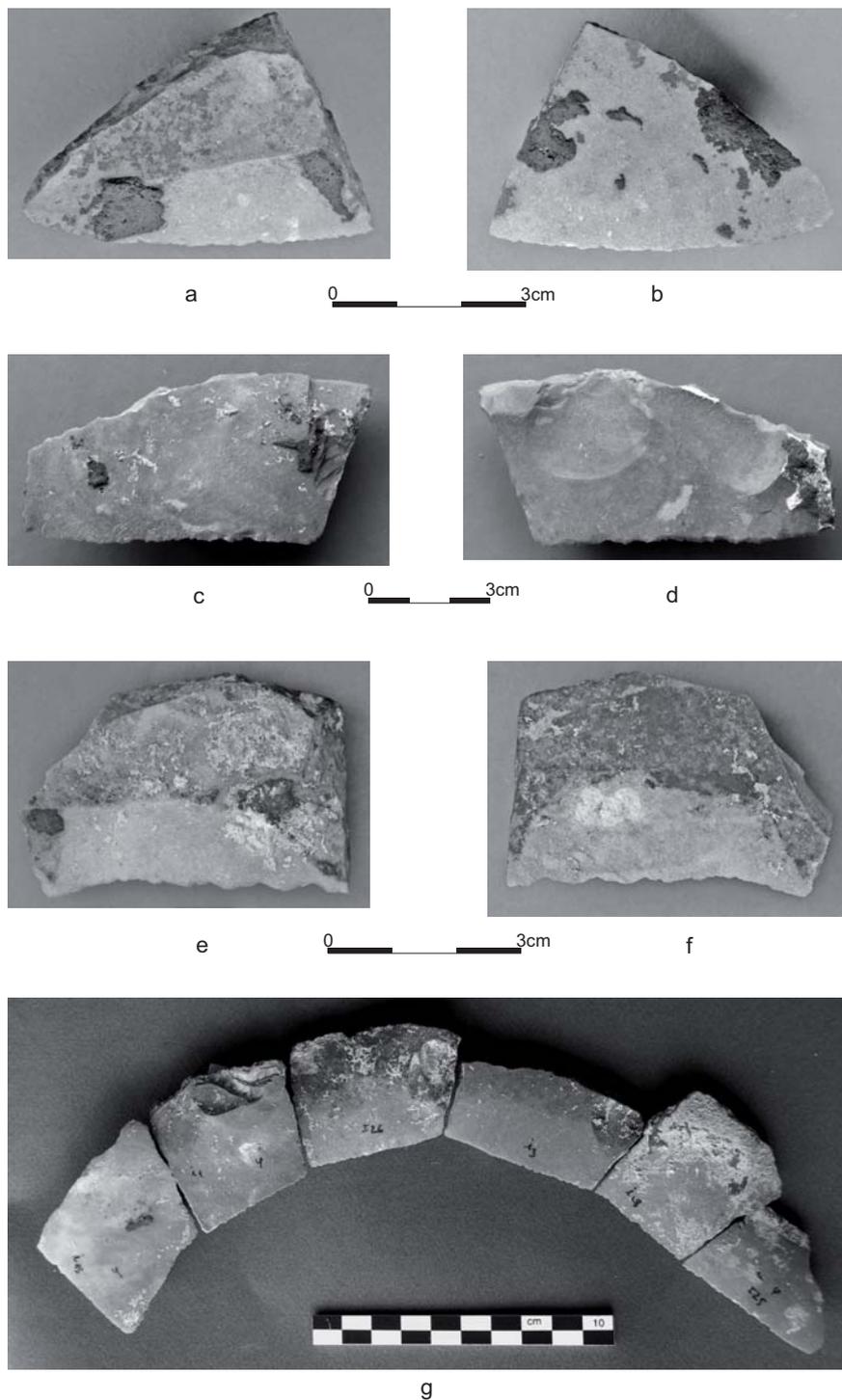


Fig. 4 – Éléments de faucilles provenant de l'atelier d'entretien situé dans le Bâtiment B du chantier « Grand-Rue »  
(© Mission de Ras Shamra – Ougarit, photographies É. Coqueugniot, infographie S. Shadi).

(a-b) RS 2006, locus 3096, élément terminal : noter sur les deux faces les amas de résidus de bitume ainsi que le film brunâtre montrant l'extension initiale du bitume (L = 54 mm, l = 37 mm, e = 11 mm).

(c-d) RS 2006, locus 3096, grand élément médian (L = 87 mm, l = 43 mm, e = 12 mm).

(e-f) RS 2006.3221, locus 3096, élément de faucille médian à dos partiel. Sur la face supérieure (e) noter des amas brunâtres de bitume, tandis que sur la face inférieure (f), le bitume ne subsiste qu'à l'état de film (L = 55 mm, l = 36 mm, e = 11 mm).

(g) RS07, locus 3096, proposition de restitution du tranchant d'une faucille à partir de six éléments provenant du même lot (fouille du 30/05/2007). Noter la standardisation des orientations des tronçatures qui permettait d'obtenir un tranchant continu, les divers éléments se bloquant les uns les autres. La diversité des largeurs (notamment pour les trois éléments de droite) n'était pas un obstacle à l'emmanchement, car les pièces étaient « noyées » dans le mastic de bitume.

	n° échantillon de la banque de données	référence	locus	date de collecte
1	2760	DJ06	3096	29/05/06
2	2761		3096	09/05/07
3	2762	RS07	3096	30/05/07
4	2763	RS07	3096	25/05/07
5	2764		3096	23/05/07

Tabl. 1 – Données de base sur les échantillons de mélanges bitumineux analysés.

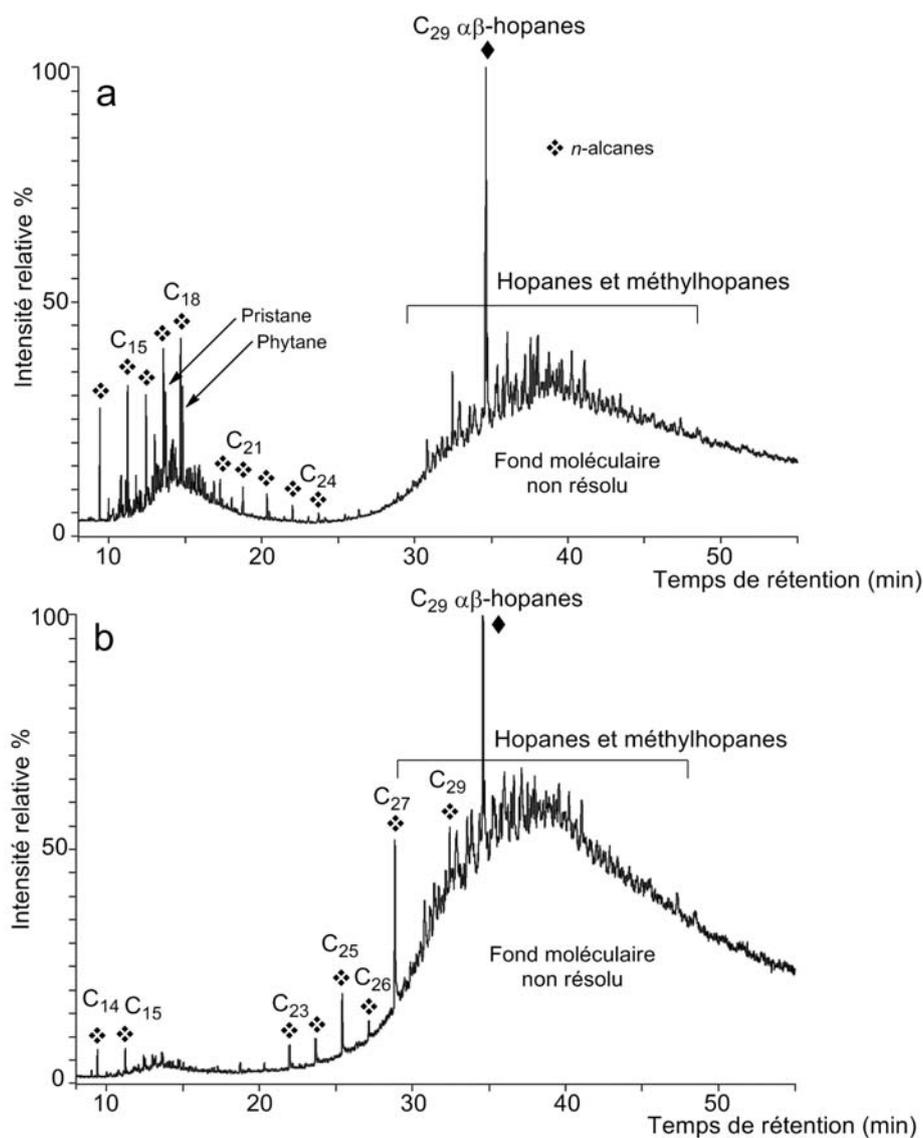


Fig. 5 – Chromatogrammes en phase gazeuse (CG-SM, IE, 70 eV) des hydrocarbures saturés des échantillons (a) n° 2760 et (b) n° 2764.

principalement constitué de bitume sévèrement altéré. En effet, les distributions des hydrocarbures saturés sont caractérisées par une faible teneur en hydrocarbures linéaires et par une prédominance de composés élusés en fin de chromatogrammes (*fig. 5*), sous la forme d'un fond moléculaire non résolu, accompagné d'hydrocarbures polycycliques. Ces derniers comprennent, pour l'essentiel, des hopanes, accompagnés de quelques stéranes, des hydrocarbures typiquement pétroliers. Il s'agit là de caractéristiques fréquemment observées dans le cas d'échantillons de bitume trouvés dans un contexte archéologique <sup>22</sup>.

Lorsqu'on examine plus en détail les distributions des hydrocarbures polycycliques qui sont élusés en fin de chromatogramme et dont la répartition peut être considérée comme une empreinte digitale caractérisant le bitume, il apparaît que le bitume utilisé est très biodégradé, et est de même source pour les cinq échantillons. En particulier, si les distributions de stéranes sont trop altérées dans les échantillons analysés pour pouvoir être employées dans un but de corrélation, celles des hydrocarbures hopeniques sont très similaires dans les cinq échantillons. Ces distributions sont caractérisées par la présence de 17 $\alpha$ (H),21 $\beta$ (H)-hopanes, relativement ubiquistes dans les bitumes, mais également par la présence de séries d'hydrocarbures hopeniques moins répandues, tels les 28-norhopanes <sup>23</sup> ou les 2- et 3-méthylhopanes <sup>24</sup> (*fig. 6*). Les distributions des hydrocarbures polycycliques analysés présentent, par ailleurs, de grandes similitudes avec celles d'autres échantillons de bitumes archéologiques provenant de Ras Shamra et analysés par J. Connan *et al.* <sup>25</sup>. L'analogie des profils moléculaires de ces derniers échantillons avec ceux d'asphaltes naturels provenant du gisement de Kfarié, situé à proximité du site de Ras Shamra, a conduit ces auteurs à établir que ce gisement était à l'origine des échantillons de Ras Shamra étudiés. Ces critères moléculaires permettent également de distinguer les échantillons analysés d'autres asphaltes naturels utilisés au Moyen-Orient <sup>26</sup>.

Par ailleurs, l'analyse du rapport des isotopes stables du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ , *tabl. 2*) des cinq extraits organiques fournit des valeurs très proches, qui se situent entre -26.4 ‰ (échantillon n° 2764) et -26.7 ‰

Échantillon	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ (VPDB)	Moyenne sd
2760	-26,57	
2760	-26,57	-26,57
2760	-26,55	0,01
2761	-26,82	
2761	-26,75	-26,74
2761	-26,66	0,08
2762	-26,42	
2762	-26,48	-26,46
2762	-26,49	0,04
2763	-26,48	
2763	-26,48	-26,49
2763	-26,50	0,01
2764	-26,51	
2764	-26,31	-26,45
2764	-26,54	0,12

*Tabl. 2 – Données isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$  en ‰/VPDB) des extraits organiques des 5 échantillons analysés. sd : déviation standard.*

22. Connan *et al.* 1990 ; Connan et Deschesne 1996 ; Connan 1999.

23. Nytoft *et al.* 2000.

24. Summons et Jahnke 1990 ; Farrimond *et al.* 2004.

25. Connan *et al.* 1990, 1991.

26. Connan et Deschesne 1996 ; Connan 1999 ; Maurer *et al.* 2002.

(échantillon n° 2761), ce qui confirme l'origine commune du bitume de ces cinq échantillons. En outre, ces valeurs sont en accord avec celles de la littérature, et indiquent que le bitume utilisé provient de la région du site de Ras Shamra <sup>27</sup>.

Si les matériaux organiques analysés ont une composante commune, on peut néanmoins observer un certain nombre de différences entre les échantillons, qui pourraient s'expliquer, en partie, par l'intensité des facteurs d'altération auxquels ces matériaux ont été soumis et/ou par la contribution d'autres substances organiques. Ainsi, les distributions des hydrocarbures saturés des échantillons n° 2760 (*fig. 5a*), n° 2761 et n° 2763, plus particulièrement, mais également, dans une moindre mesure, celles des échantillons n° 2762 et n° 2764 (*fig. 5b*), sont caractérisées par la présence, en début de chromatogramme, d'hydrocarbures typiquement pétroliers dans une gamme allant de C<sub>15</sub> à C<sub>25</sub> et comprenant des *n*-alcane, sans prédominance paire/impair, ainsi que des hydrocarbures isoprénoides comme le phytane et le pristane. La présence en proportions significatives de tels composés semble peu compatible avec le niveau d'altération déduit des distributions des hydrocarbures élués en fin de chromatogramme. En effet, ces derniers présentent, d'une part, un fond moléculaire non résolu, particulièrement intense en fin de chromatogramme (*fig. 5*), qui est caractéristique de pétroles très biodégradés <sup>28</sup>. D'autre part, l'absence des séries régulières de stéranes pétroliers témoigne d'un niveau d'altération qui, lui, ne permet pas, en principe, l'existence d'hydrocarbures linéaires ou ramifiés <sup>29</sup>.

Sur cette base, on peut dire que les matériaux organiques étudiés correspondent à un mélange entre les deux types d'asphalte que l'on peut trouver au niveau du gisement de Kfarié <sup>30</sup>. Il s'agit, d'une part, d'un bitume très altéré, dépourvu d'hydrocarbures acycliques et, d'autre part, d'un bitume moins altéré, caractérisé par la présence de *n*-alcane et d'hydrocarbures ramifiés, notamment, dans la gamme allant de C<sub>15</sub> à C<sub>22</sub>, comme cela avait été observé dans le cas d'un échantillon provenant du tenon de l'un des bras d'une statuette en pierre trouvée à Ras Shamra <sup>31</sup>. On peut également envisager que la présence d'hydrocarbures légers soit liée à une contribution allochtone, attribuable à des produits de dégradation thermique du pétrole dont l'ajout a pu intervenir au moment de l'application du bitume et du façonnage de la faucille ou être postérieure à cet événement, c'est-à-dire à un moment de l'histoire des silex, notamment lors de la chauffe secondaire effectuée afin de remplacer certains éléments endommagés.

Les variations des proportions relatives des hydrocarbures acycliques dans la gamme allant de C<sub>15</sub> à C<sub>22</sub> pourraient refléter les proportions relatives des deux types de bitume utilisés au moment de la préparation de ces matériaux organiques, à moins qu'elles ne soient liées à l'intensité des processus d'altération, tels que le lessivage ou l'évaporation, subis par ces matériaux depuis leur préparation et qui peuvent conduire à la perte des hydrocarbures les plus légers. Il est également possible, dans l'hypothèse où les hydrocarbures dans cette gamme proviendraient d'une contribution allochtone qui s'est ajoutée au cours de l'histoire des silex, que ces variations reflètent les proportions relatives de la composante contaminante.

Les échantillons n° 2762 et n° 2764 sont caractérisés, par ailleurs, par une contribution significative de *n*-alcane dans la gamme C<sub>25</sub>-C<sub>33</sub>, avec un terme majeur en C<sub>27</sub> et une prédominance très marquée des termes impairs, qui signe sans ambiguïté une origine végétale (*fig. 5b*). Cette contribution, qui apparaît de manière moins prononcée dans le cas des échantillons n° 2763 et n° 2761 (prédominance du terme en C<sub>31</sub>), n'a pas été mise en évidence dans l'échantillon n° 2760. La présence de telles distributions de *n*-alcane conduit à envisager soit l'utilisation d'un matériau tel que la cire d'abeille comme ingrédient des mélanges organiques analysés <sup>32</sup>, soit une contribution de débris végétaux, hachés volontairement et incorporés au

---

27. Connan *et al.* 1990.

28. Peters et Moldowan 1993.

29. Seifert *et al.* 1984 ; Peters et Moldowan 1993.

30. Connan *et al.* 1990.

31. Connan *et al.* 1990.

32. Regert *et al.* 2001 ; Garnier *et al.* 2002.

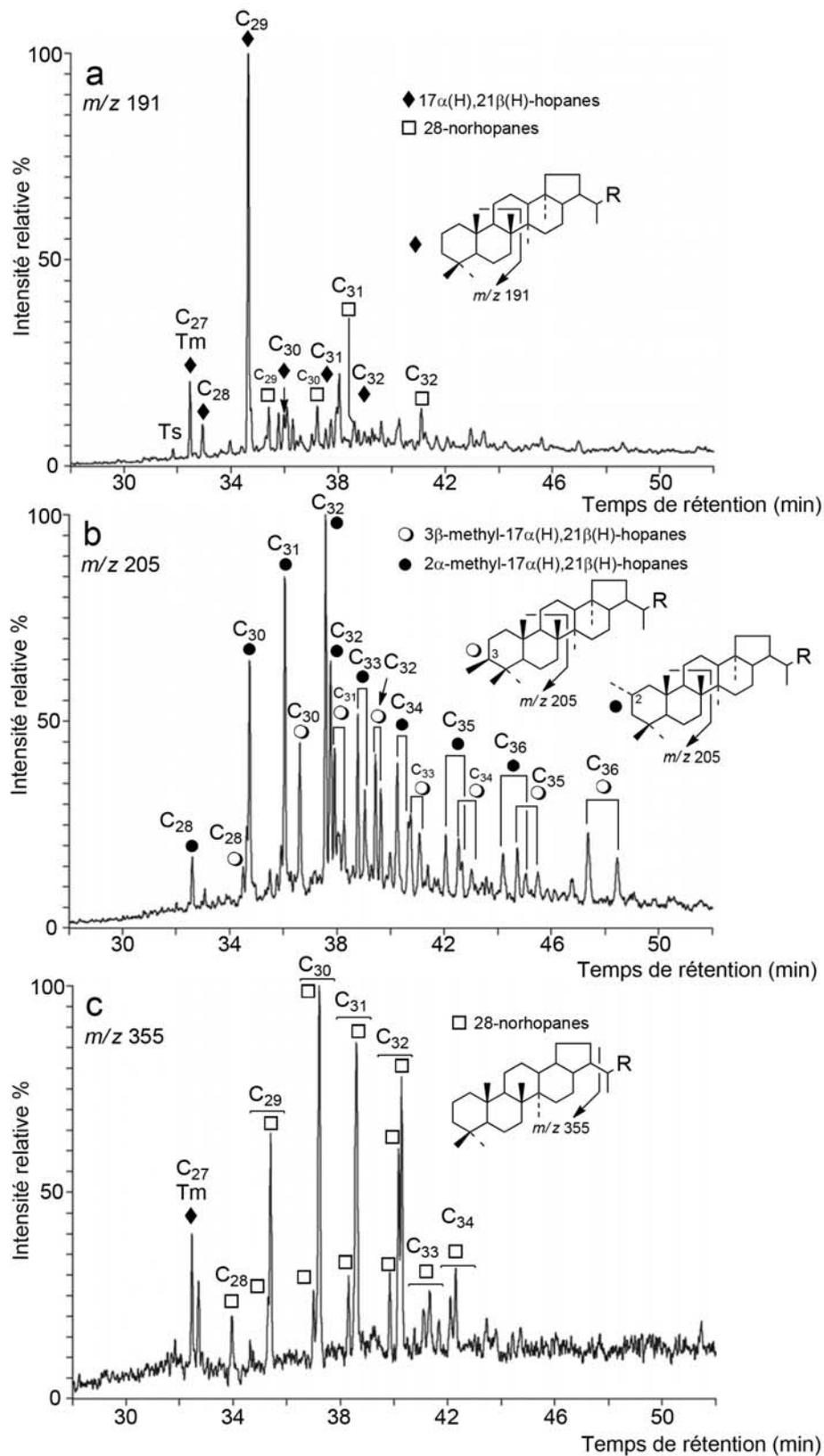


Fig. 6 – Fragmentogrammes de masse (CG-SM, IE, 70eV) représentatifs des échantillons de bitume analysés : l'exemple de l'échantillon n° 2760. (a) m/z 191, (b) m/z 205 et (c) m/z 355 donnant respectivement la distribution des hopanes « réguliers », des 2- et 3-méthylhopanes et des 28-norhopanes.

mélange, telle qu'elle a été reconnue dans d'autres adhésifs bitumineux de lames de silex comme à Mari par exemple<sup>33</sup>. Cependant, dans la mesure où les constituants majeurs de la cire d'abeille que sont les esters lourds de l'acide palmitique<sup>34</sup> n'ont pas été dégagés, une contribution de cire d'abeille semble exclue. D'autre part, l'examen binoculaire (*tabl. I*) n'a pas permis de distinguer des débris végétaux, par ailleurs souvent détectés dans les adhésifs grattés de lames de silex. Cela ne veut pas nécessairement dire qu'ils ne soient pas présents. Une autre explication peut être, cependant, avancée. Il faut se souvenir que les faucilles servaient à couper les céréales et autres végétaux et que, au cours de ces travaux agricoles, les cires cuticulaires de plantes, connues pour contenir des *n*-alcane avec des distributions analogues<sup>35</sup>, ont pu se déposer sur l'adhésif. À cet égard, il faut mentionner également que l'analyse par CG-SM de la fraction polaire estérifiée de l'échantillon n° 2764, obtenue par chromatographie sur gel de silice, montre une distribution d'acides gras linéaires (analysés sous la forme d'esters méthyliques) à prédominance paire, dominée par l'acide palmitique (C<sub>16</sub>) et comprenant également des acides gras plus lourds dans la gamme C<sub>22</sub>-C<sub>34</sub> attribuables à des végétaux. Par ailleurs, cette fraction contient également des stéroïdes végétaux dont le sitostérol. La présence de tous ces composés est effectivement compatible avec une contribution de matériel organique biologique d'origine végétale et, notamment, de cires cuticulaires. On ne peut néanmoins exclure totalement une contamination des échantillons par de la matière organique végétale provenant du sol du site où les échantillons ont été récoltés, quoique l'hypothèse la plus vraisemblable reste, dans ce cas, l'incorporation par l'adhésif des cires cuticulaires des végétaux coupés par les faucilles.

## CONCLUSION

Cette seconde série d'analyses en laboratoire sur des bitumes archéologiques provenant du Bâtiment B du chantier « Grand-rue » d'Ougarit<sup>36</sup> montre, encore une fois, que le matériau était disponible à proximité du site de Ras Shamra (gisement de Kfarié), ce qui semble confirmer que les Ougaritains faisaient appel, préférentiellement, à une source d'approvisionnement régionale pour les artisanats locaux. Nous ne disposons toutefois d'aucune information sur les modalités de transport du matériau depuis le gisement jusqu'à Ougarit et nous ne savons rien de sûr et de précis sur le traitement du bitume, ni s'il a été réalisé sur place ou sur son lieu de destination.

La documentation disponible révèle que l'outillage lithique représente le domaine ayant fourni le plus grand nombre d'occurrences de l'utilisation du bitume et on retiendra le caractère exceptionnel de l'ensemble lithique auquel sont associés les bitumes étudiés. Il s'agit, en effet, du premier atelier de réparation de faucilles mis au jour à Ougarit – sans qu'il soit possible de savoir si cet ensemble représente un atelier à l'usage d'un unique grand domaine agricole (lié à cette résidence) ou s'il s'agit d'un atelier de maintenance à l'usage d'un groupe plus étendu (c'est-à-dire aux occupants de plusieurs habitations).

## Partie expérimentale

### *Extraction et fractionnement des échantillons*

Les échantillons (125-403 mg) ont d'abord été broyés dans un mortier en agate. La poudre obtenue a ensuite été extraite avec un mélange de chlorure de méthylène et de méthanol (1/1 ; v/v) pendant 10 minutes aux ultrasons. La partie insoluble est alors éliminée par centrifugation. L'opération d'extraction est répétée

---

33. Connan et Deschesne 2007.

34. Regert *et al.* 2001 ; Garnier *et al.* 2002.

35. Maffei 1996.

36. Pour le chantier « Grand-rue », voir aussi Geyer, Matoïan et Herveux, dans cet ouvrage.

une seconde fois, et les extraits organiques sont combinés. L'extrait, après adsorption sur gel de silice de granulométrie 40-63  $\mu\text{m}$ , est ensuite fractionné par chromatographie sur silice, et trois fractions sont alors obtenues en éluant successivement avec du cyclohexane (F1), avec un mélange de cyclohexane et de chlorure de méthylène (8/2 ; v/v) (F2), puis avec un mélange de chlorure de méthylène et de méthanol (1/1 ; v/v) (F3). Les fractions F1 et F2 sont analysées par CG-FID. Dans la mesure où l'analyse des fractions F2 n'a pas révélé de produits d'intérêt, seules les fractions F1 ont ensuite été analysées par CG-SM. Dans le cas de l'échantillon n° 2764, la fraction F3 a été traitée par une solution de diazométhane dans le diéthyléther. Après élimination du solvant sous un flux d'azote, la fraction obtenue a été chromatographiée sur gel de silice. La fraction éluée avec du chlorure de méthylène a été analysée par CG-SM.

*Analyse par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM)*

Les analyses de CG-SM ont été réalisées sur un chromatographe en phase gazeuse Thermo Trace couplé à un spectromètre de masse Thermo TSQ fonctionnant en mode impact électronique (70 eV). Les séparations chromatographiques en chromatographie gazeuse ont été faites sur une colonne de type HP5-MS (30 m x 0.25 mm; épaisseur de film : 0.1  $\mu\text{m}$ ). L'hélium est employé comme gaz vecteur. Le programme de température utilisé est le suivant : 70 °C - 200 °C (10 °C min<sup>-1</sup>), 200 °C - 300 °C (4 °C min<sup>-1</sup>), isotherme à 300 °C.

## BIBLIOGRAPHIE

- AL-MAQDISSI M., BAHLOUL K., CALVET Y., CALLOT O., MATOIAN V., SAUVAGE C., 2007, « Rapport préliminaire sur les activités de la mission syro-française de Ras Shamra – Ougarit en 2005 et 2006 (65<sup>e</sup> et 66<sup>e</sup> campagnes) », *Syria* 84, p. 35-54.
- AL-MAQDISSI M., CALVET Y., MATOIAN V., AL-BAHLOUL K., BENECH C., BESSAC J.-C., COQUEUGNIOT É., GEYER B., GOIRAN J.-P., MARRINER N., ONNIS F., SAUVAGE C. 2010, « Rapport préliminaire sur les activités de la mission syro-française de Ras Shamra – Ougarit en 2007 et 2008 (67<sup>e</sup> et 68<sup>e</sup> campagnes) », *Syria* 87, p. 21-51.
- BOËDA E., BONILAUDI S., CONNAN J., JARVIE D., MERCIER N., TOBEY M., VALLADAS H., AL SAKHEL H. 2008, « New evidence for consistent use of bitumen in Middle Paleolithic technical systems at Umm el Tlel (Syria) around 70,000 BP », *Paléorient* 34, 2, p. 67-84.
- BOËDA E., CONNAN J., MUHESEN S. 1998, « Bitumen as Hafting Material on Middle Paleolithic Artifacts from the El Kowm Basin, Syria », in T. Akazawa, K. Aoki and O. Bar-Yosef (eds), *Neandertals and Modern Humans in Western Asia*, New York-Londres, p. 181-204.
- CALVET Y. 2000, « La ville et le territoire d'Ougarit au Bronze récent », *La ville en Syrie, héritages et mutations*, Actes de la table ronde de Damas, janvier 1999, *Bulletin d'Études Orientales* LII, p. 83-95.
- CAUVIN M.-C. 1973, « Problèmes d'emmanchement des faucilles du Proche-Orient : les documents de tell Assouad (Djezireh, Syrie) », *Paléorient* 1, p. 101-106.
- CONNAN J. 1999, « Use and trade of bitumen in antiquity and prehistory: molecular archaeology reveals secrets of past civilizations », *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences* 354, p. 33-50.
- CONNAN J. 2012, *Le bitume dans l'Antiquité*, Éditions Errance, Arles.
- CONNAN J., DESCHESNE O. 1992, « Archaeological bitumen: identification, origins and uses of an Ancient Near Eastern Material », *Materials Research Society Symposium Proceedings*, vol. 267, p. 683-720.

- CONNAN J., DESCHESNE O. 1996, *Le Bitume à Suse, Collection du Musée du Louvre*, Coédition Elf Aquitaine-Réunion des Musées Nationaux, Collection Monographies, Pau-Paris.
- CONNAN J., DESCHESNE O. 2007, « Le bitume à Mari », in J.-C. Margueron, O. Rouault, P. Lombard (éds), *Akh Purattim 1*, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, p. 165-206.
- CONNAN J., DESCHESNE O., DESSERT D. 1990, « L'origine des bitumes archéologiques de Ras Shamra (Syrie) », *Bulletin des Centres de Recherche Exploration-Production Elf-Aquitaine* 14, 2, p. 521-539.
- CONNAN J., DESCHESNE O., DESSERT D. 1991, « L'origine des bitumes archéologiques de Ras Shamra », in M. Yon (éd.), *Arts et industries de la pierre, Ras Shamra – Ugarit VI*, Paris, p. 101-126.
- COPELAND L., VERHOEVEN M. 1996, « Bitumen-coated sickle-blade elements at tell Sabi Abyad II, Northern Syria », in S.K. Kozłowski and H.-G.K. Gebel (eds), *Neolithic Chipped Stone Industries of the Fertile Crescent, and their Contemporaries in Adjacent Regions*, ex oriente *Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment* 3, Berlin, p. 327-330.
- COQUEUGNIOT É. 1991, « Outillage de pierre taillée au Bronze Récent. Ras Shamra 1978-1988 », in M. Yon (éd.), *Arts et Industries de la pierre, Ras Shamra – Ugarit VI*, Paris, p. 127-204.
- COQUEUGNIOT É. 2006, « Mari, Larsa, Ugarit et les outillages en silex à l'Âge du bronze – Réflexions sur le rôle et le statut du travail du silex aux III<sup>e</sup> et II<sup>e</sup> millénaires », in P. Butterlin, M. Lebeau, J.-Y. Monchambert, J.L. Montero Fenollos et B. Müller (éds), *Les espaces syro-mésopotamiens, dimensions de l'expérience humaine au Proche-Orient ancien, volume d'hommages offert à Jean-Claude Margueron, Subartu XVII*, p. 323-338.
- COQUEUGNIOT É. 2009, « Ras Shamra-Ugarit (Syrie) : des outils de silex dans les maisons d'une capitale », *Dossiers d'Archéologie* 332, p. 69.
- FARRIMOND P., TALBOT H.M., WATSON D.F., SCHULZ L.K., WILHELMS A. 2004, « Methylhopanoids: Molecular indicators of ancient bacteria and petroleum correlation tool », *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68, p. 3873-3882.
- GARNIER N., CREN-OLIVÉ C., ROLANDO C., REGERT M. 2002, « Characterization of archaeological beeswax by electron ionization and electrospray ionization mass spectrometry », *Analytical Chemistry* 74, p. 4868-4877.
- GUROVA M. 2005, « Eléments de faucilles néolithiques en silex de la Bulgarie : évidence et contexte », *Archaeologia Bulgarica* IX, p. 1-14.
- KINGERY W.D., VANDIVER P.B., PRICKETT M. 1988, « The beginning of pyrotechnology, part II: production and use of lime and gypsum plaster in the Pre-Pottery Neolithic Near East », *Journal of Field Archaeology* 15, p. 219-244.
- LECHEVALLIER M. 1980, « Les armatures de faucilles de Mehrgarh, Pakistan. Un exemple d'évolution d'un outillage spécialisé du VI<sup>e</sup> millénaire au milieu du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. », *Paléorient* 6, p. 259-267.
- LECHEVALLIER M. 2003, *L'industrie lithique de Mehrgarh. Fouilles 1974-1985*, Paris.
- MAFFEI M. 1996, « Chemotaxonomic significance of leaf wax alkanes in the Gramineae », *Biochemical Systematics and Ecology* 24, p. 53-64.
- MAURER J., MÖHRING T., RULLKÖTTER J., NISSENBAUM A. 2002, « Plant lipids and fossil hydrocarbons in embalming material of Roman period mummies from the Dakhleh Oasis, Western Desert, Egypt », *Journal of Archaeological Sciences* 39, p. 751-762.
- MELLAART J. 1970, *Excavations at Hacilar*, Edinburgh University Press and British Institute of Archaeology at Ankara.
- MOZEL I. 1983, « A reconstructed Sickle from Lachish », *Tel Aviv* 10, p. 182-185.
- MÜLLER-BECK H. 1965, *Seeberg Burgäschisee-süd. Teil 5 : Holzgeräte und Holzbearbeitung*, Acta Bernensia II.
- NYTOFT H.P., BOJENSEN-KOEFELD J.A., CHRISTIANSEN F.G. 2000, « C<sub>26</sub> and C<sub>28</sub>-C<sub>34</sub> 28-norhopanes in sediments and petroleum », *Organic Geochemistry* 31, p. 25-39.
- PETERS K.E., MOLDOVAN M.J. 1993, *The Biomarker Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- REGERT M., COLINART S., DEGRAND L., DECAVALLAS O. 2001, « Chemical alteration and use of beeswax through time: accelerated ageing tests and analysis of archaeological samples from various environmental contexts », *Archaeometry* 43, p. 549-569.

- SEIFERT W.K., MOLDOVAN M.J., DEMAISON G.J. 1984, « Source correlation of biodegraded oil », *Organic Geochemistry* 6, p. 633-643.
- SUMMONS R.E., JAHNKE L.L. 1990, « Identification of the methylhopanes in sediments and petroleum », *Geochimica et Cosmochimica* 54, p. 247-251.
- VAYSON A. 1918-1919, « Faucille préhistorique de Solférino », *L'Anthropologie* XXIX, p. 393-422.
- YON M. 1995, « La Maison d'Ourtenou dans le quartier sud d'Ougarit (Fouilles 1994) », *Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, p. 427-443.
- YON M. 1997, *La cité d'Ougarit sur le tell de Ras Shamra*, Paris.
- YON M. 2008, « Une capitale de l'Âge du Bronze au Levant : Ougarit », in J. Guilaine (dir.), *Villes, villages, campagnes de l'Âge du Bronze, Séminaire du Collège de France*, Éd. Errance, Paris, p. 65-85.
- YON M., CALLOT O. 1995, « Urbanisme et architecture », in M. Yon, M. Szynger et P. Bordreuil (éds), *Le pays d'Ougarit autour de 1200 av. J.-C., Actes du Colloque International, Paris, 28 juin-1<sup>er</sup> juillet 1993*, Ras Shamra – Ougarit XI, Paris, p. 155-168.
- YON M., GACHET J., LOMBARD P., MALLET J. 1990, « Fouilles de la 48<sup>e</sup> campagne (1988) à Ras Shamra – Ougarit », *Syria* 67, p. 1-28.