

## De l'efficacité des faucilles néolithiques au Proche-Orient : approche expérimentale

Laurence Astruc, Mohamed Ben tkaya, Loïc Torchy, Ciler Altinbilek, Semra Balcı, Christophe Bontemps, Bernard Gassin, Stéphane Ducret, Nurcan Kayacan, Kemal Kayan, Nejla Kurt, Olgaç Oral, Mihriban Özbaşaran, Jacques Pelegrin, Amelia Rodriguez Rodriguez, Özgür Toprak

---

### Citer ce document / Cite this document :

Astruc Laurence, Ben tkaya Mohamed, Torchy Loïc, Altinbilek Ciler, Balcı Semra, Bontemps Christophe, Gassin Bernard, Ducret Stéphane, Kayacan Nurcan, Kayan Kemal, Kurt Nejla, Oral Olgaç, Özbaşaran Mihriban, Pelegrin Jacques, Rodriguez Rodriguez Amelia, Toprak Özgür. De l'efficacité des faucilles néolithiques au Proche-Orient : approche expérimentale. In: Bulletin de la Société préhistorique française, tome 109, n°4, 2012. pp. 671-687;

doi : 10.3406/bspf.2012.14202

[http://www.persee.fr/doc/bspf\\_0249-7638\\_2012\\_num\\_109\\_4\\_14202](http://www.persee.fr/doc/bspf_0249-7638_2012_num_109_4_14202)

---

Document généré le 16/04/2017

## Abstract

In the Near East “sickles” or “glossy pieces” occur for the first time during the Natufian period. These tools are either “sickle blades” or “sickle elements”. “Sickle blades” are used hafted or hand-held as single cutting tools. “Sickle elements” are inserted in a haft in order to create a composite instrument. When sickles are made from flint, they are easily recognized since they usually bear a macroscopic gloss that covers a wide area on both sides of the tool. Experimental and microscopic studies have shown that the majority of these tools were used as sickles to harvest cereals or, less frequently, soft siliceous plants such as reeds and typha. Macroscopic glosses of different natures develop on various occasions, for example : on elements mounted on threshing sledges ; when limestone is worked with the addition of water ; when humid clay is scraped ; etc. When sickle elements are made from obsidian, no macroscopic gloss develops and use wear is rarely observed with the naked eye. In this case, the worn area on the tool presents a mat aspect and abrasion features. Such tools are rarely recognized as such. Sometimes, abrasion features are erroneously interpreted as harvesting marks. The frequency of harvesting instruments increased during the Neolithic period. According to several analysts, the use of sickles to harvest cereals was preferred to other harvesting techniques such as uprooting, the use of beaters and baskets, and mesoarias in order to maximize yields. Moreover, the evolution of the morphology of sickles has often been related to the gradual adoption and the spread of agriculture. Sickles found on archaeological sites may be complete or broken. The hafts were made from wood, antler, or horn and the sickle elements were inserted parallel or oblique to the haft and often glued with bitumen. If only sickle elements are discovered on the site, the distribution of the gloss and the bitumen and the size of the blanks provide information on the mode of hafting, the degree of curvature of the haft, and, in some cases, the number of lithic inserts. The aim of the present paper is to examine the relation between the morphology and efficiency of the sickles and the adoption of agriculture by the Neolithic communities in the Near East. Based on publications, we identify three major steps in the evolution of sickle manufacturing in this region : the appearance of composite sickles, increased curvature of the hafts, and the adoption of oblique inserts. An experimental programme was devised in order to evaluate the impact of the following factors on sickle productivity : the harvester ; the curvature of the haft ; the length of the cutting edge of the lithic blade ; the position of the blade in relation to the haft (parallel or oblique) ; the raw material used (flint or obsidian). Statistical analysis of the results allows the impact of each factor and of combinations of factors to be evaluated. Our research has shown that the harvester parameter is important. The knowledge, skill, and physical strength of the harvester as well as his/ her adaptation to the use of different tools and to different working conditions influence productivity. These factors affect the movement executed by the harvester, the distribution of use wear on the tool, and the degree of damage on the cutting edge. Our results also stress the impact of the lithic tool's raw material on sickle efficiency. As a result of its mechanical properties, flint is better adapted to harvesting than obsidian. In particular, flint is less brittle and less prone to abrasion than obsidian. We examine the distinct behaviour of the two raw materials, when they are subject to similar constraints, through macroscopic and microscopic analysis of the damage on the experimental tools. Considering the interaction between the morphology of the haft and the position of the inserts, our data confirm that the use of a curved haft with obliquely set inserts increases the cutting capacity of the sickle. The curvature of the haft and the length of the cutting edge determine the number of strokes needed to harvest a given field area. When archaeological data are examined, published information on sickle morphology concerns mainly the Natufian in the southern Levant and the PPNA and PPNB in northern Syria. The scarcity of obsidian sickle elements can be related to the difficulty of identifying characteristic use wear but also to the choice of flint for its mechanical properties and the uneven geographical distribution of obsidian. Large quantities of obsidian sickle blades are found in archaeological sites located near obsidian sources, for example, Aşıklı Höyük in Cappadocia, Turkey. Three stages are identified in the evolution of Near Eastern sickles between 12000 and 7000 B. C. During the Natufian period, the adoption of composite instruments had an influence on the efficiency of the sickles. During the PPNB, the gradual increase of haft curvature probably played a role in the harvester's tempo and movements. In the latest phase of the PPNB, the practice of agriculture was widespread and composite sickles with a curved haft and oblique inserts are common. We argue that this choice

can be partly explained by the need for sickle efficiency. Changes in the system of lithic production and the organization of agricultural activities during the same period also influence the adoption of oblique inserts. Moreover, comparisons between the evolution of sickles in different geographical areas, northern Syria and Cyprus, indicate that technical traditions, technical transfer and societal context were more critical in the choice of sickle morphology.

## Résumé

Les faucilles apparaissent au Proche-Orient dès le Natoufien et deviennent de plus en plus fréquentes au Néolithique. On les retrouve sur les sites sous forme de « lame-faucille » ou d' « éléments de faucille » armant les manches pour former des outils composites. Plus exceptionnellement, des faucilles composites plus ou moins fragmentaires sont préservées. Certains auteurs considèrent que l'évolution morphologique de ces instruments composites traduit une recherche d'efficacité qui ne cesse de s'intensifier depuis l'adoption de l'agriculture jusqu'à sa généralisation. En reprenant la littérature, nous avons identifié trois étapes majeures dans l'évolution de la fabrication des faucilles au Proche-Orient avec l'apparition successive des instruments composites, des manches courbes, puis de la faucille courbe à insertion en épi. Les expérimentations manuelles de moisson de céréales ont été mises en place pour évaluer l'influence des paramètres suivants : la courbure plus ou moins marquée du manche, la longueur de tranchant, la position des inserts (emmanchement parallèle ou oblique), et, enfin, la matière première de l'outil (silex ou obsidienne) et le facteur humain. Le traitement statistique des résultats nous permet d'évaluer l'influence de chacun de ces paramètres ainsi que des associations de paramètres. Le facteur humain reste un paramètre essentiel. Nous avons ensuite pu montrer que le silex avait des qualités de coupe plus importantes que l'obsidienne pour ce type d'activité et l'analyse microscopique des usures nous a permis de déterminer quels étaient les comportements différenciés de ces deux matériaux. Il apparaît ensuite que l'interaction entre la courbure du manche et le mode d'insertion des éléments influencent le rendement de coupe : l'association entre un manche courbe et des insertions en épi est plus favorable. La courbure du manche et la longueur de tranchant ont enfin une influence sur le nombre de coups de faucille nécessaire pour moissonner un champ d'une superficie donnée. Si nous considérons la région pour laquelle nous avons le plus de données, la Syrie du Nord, les résultats montrent que la rareté des éléments de faucille en obsidienne pourrait être au moins en partie liée aux caractéristiques propres du matériau. Il est pourtant des sites à immédiate proximité des zones d'approvisionnement en obsidienne où les éléments de faucille en obsidienne sont pléthores (exemple cappadocien d'A , sıklı Höyük). Pour la Syrie du Nord, encore, on observe au moment de la généralisation de l'agriculture une préférence plus que marquée pour les faucilles à manche courbe et inserts obliques. Pourtant, la recherche d'efficacité ne semble pas le facteur déterminant pour expliquer cette préférence. Les questions de spécialisation technique des activités de taille et d'organisation sociale des activités agricoles sont primordiales.

Laurence ASTRUC,  
Mohamed BEN TKAYA,  
Loïc TORCHY et collab.\*

# *De l'efficacité des faucilles néolithiques au Proche-Orient : approche expérimentale*

## **Résumé**

*Les faucilles apparaissent au Proche-Orient dès le Natoufien et deviennent de plus en plus fréquentes au Néolithique. On les retrouve sur les sites sous forme de « lame-faucille » ou d'« éléments de faucille » armant les manches pour former des outils composites. Plus exceptionnellement, des faucilles composites plus ou moins fragmentaires sont préservées. Certains auteurs considèrent que l'évolution morphologique de ces instruments composites traduit une recherche d'efficacité qui ne cesse de s'intensifier depuis l'adoption de l'agriculture jusqu'à sa généralisation. En reprenant la littérature, nous avons identifié trois étapes majeures dans l'évolution de la fabrication des faucilles au Proche-Orient avec l'apparition successive des instruments composites, des manches courbes, puis de la faucille courbe à insertion en épi.*

*Les expérimentations manuelles de moisson de céréales ont été mises en place pour évaluer l'influence des paramètres suivants : la courbure plus ou moins marquée du manche, la longueur de tranchant, la position des inserts (emmanchement parallèle ou oblique), et, enfin, la matière première de l'outil (silex ou obsidienne) et le facteur humain. Le traitement statistique des résultats nous permet d'évaluer l'influence de chacun de ces paramètres ainsi que des associations de paramètres. Le facteur humain reste un paramètre essentiel. Nous avons ensuite pu montrer que le silex avait des qualités de coupe plus importantes que l'obsidienne pour ce type d'activité et l'analyse microscopique des usures nous a permis de déterminer quels étaient les comportements différenciés de ces deux matériaux. Il apparaît ensuite que l'interaction entre la courbure du manche et le mode d'insertion des éléments influencent le rendement de coupe : l'association entre un manche courbe et des insertions en épi est plus favorable. La courbure du manche et la longueur de tranchant ont enfin une influence sur le nombre de coups de faucille nécessaire pour moissonner un champ d'une superficie donnée.*

*Si nous considérons la région pour laquelle nous avons le plus de données, la Syrie du Nord, les résultats montrent que la rareté des éléments de faucille en obsidienne pourrait être au moins en partie liée aux caractéristiques propres du matériau. Il est pourtant des sites à immédiate proximité des zones d'approvisionnement en obsidienne où les éléments de*

\* Avec la collaboration de Ciler ALTINBILEK, Semra BALCI, Christophe BONTEMPS, Stéphane DUCRET, Bernard GASSIN, Nurcan KAYACAN, Kemal KAYAN, Nejla KURT, Olgaç ORAL, Mihriban ÖZBAŞARAN, Jacques PELEGRIN, Amelia RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ et Özgür TOPRAK.

*faucille en obsidienne sont pléthores (exemple cappadocien d'Aşıklı Höyük). Pour la Syrie du Nord, encore, on observe au moment de la généralisation de l'agriculture une préférence plus que marquée pour les faucilles à manche courbe et inserts obliques. Pourtant, la recherche d'efficacité ne semble pas le facteur déterminant pour expliquer cette préférence. Les questions de spécialisation technique des activités de taille et d'organisation sociale des activités agricoles sont primordiales.*

**Mots clés**

*Faucille, efficacité, expérimentation, silex, obsidienne, Proche-Orient, agriculture.*

**Abstract**

*In the Near East “sickles” or “glossy pieces” occur for the first time during the Natufian period. These tools are either “sickle blades” or “sickle elements”. “Sickle blades” are used hafted or hand-held as single cutting tools. “Sickle elements” are inserted in a haft in order to create a composite instrument. When sickles are made from flint, they are easily recognized since they usually bear a macroscopic gloss that covers a wide area on both sides of the tool. Experimental and microscopic studies have shown that the majority of these tools were used as sickles to harvest cereals or, less frequently, soft siliceous plants such as reeds and typha. Macroscopic glosses of different natures develop on various occasions, for example: on elements mounted on threshing sledges; when limestone is worked with the addition of water; when humid clay is scraped; etc. When sickle elements are made from obsidian, no macroscopic gloss develops and use wear is rarely observed with the naked eye. In this case, the worn area on the tool presents a mat aspect and abrasion features. Such tools are rarely recognized as such. Sometimes, abrasion features are erroneously interpreted as harvesting marks.*

*The frequency of harvesting instruments increased during the Neolithic period. According to several analysts, the use of sickles to harvest cereals was preferred to other harvesting techniques such as uprooting, the use of beaters and baskets, and mesoarias in order to maximize yields. Moreover, the evolution of the morphology of sickles has often been related to the gradual adoption and the spread of agriculture. Sickles found on archaeological sites may be complete or broken. The hafts were made from wood, antler, or horn and the sickle elements were inserted parallel or oblique to the haft and often glued with bitumen. If only sickle elements are discovered on the site, the distribution of the gloss and the bitumen and the size of the blanks provide information on the mode of hafting, the degree of curvature of the haft, and, in some cases, the number of lithic inserts.*

*The aim of the present paper is to examine the relation between the morphology and efficiency of the sickles and the adoption of agriculture by the Neolithic communities in the Near East. Based on publications, we identify three major steps in the evolution of sickle manufacturing in this region: the appearance of composite sickles, increased curvature of the hafts, and the adoption of oblique inserts. An experimental programme was devised in order to evaluate the impact of the following factors on sickle productivity: the harvester; the curvature of the haft; the length of the cutting edge of the lithic blade; the position of the blade in relation to the haft (parallel or oblique); the raw material used (flint or obsidian). Statistical analysis of the results allows the impact of each factor and of combinations of factors to be evaluated.*

*Our research has shown that the harvester parameter is important. The knowledge, skill, and physical strength of the harvester as well as his/her adaptation to the use of different tools and to different working conditions influence productivity. These factors affect the movement executed by the harvester, the distribution of use wear on the tool, and the degree of damage on the cutting edge. Our results also stress the impact of the lithic tool's raw material on sickle efficiency. As a result of its mechanical properties, flint is better adapted to harvesting than obsidian. In particular, flint is less brittle*

*and less prone to abrasion than obsidian. We examine the distinct behaviour of the two raw materials, when they are subject to similar constraints, through macroscopic and microscopic analysis of the damage on the experimental tools. Considering the interaction between the morphology of the haft and the position of the inserts, our data confirm that the use of a curved haft with obliquely set inserts increases the cutting capacity of the sickle. The curvature of the haft and the length of the cutting edge determine the number of strokes needed to harvest a given field area.*

*When archaeological data are examined, published information on sickle morphology concerns mainly the Natufian in the southern Levant and the PPNA and PPNB in northern Syria. The scarcity of obsidian sickle elements can be related to the difficulty of identifying characteristic use wear but also to the choice of flint for its mechanical properties and the uneven geographical distribution of obsidian. Large quantities of obsidian sickle blades are found in archaeological sites located near obsidian sources, for example, Aşıklı Höyük in Cappadocia, Turkey.*

*Three stages are identified in the evolution of Near Eastern sickles between 12000 and 7000 B.C. During the Natufian period, the adoption of composite instruments had an influence on the efficiency of the sickles. During the PPNB, the gradual increase of haft curvature probably played a role in the harvester's tempo and movements. In the latest phase of the PPNB, the practice of agriculture was widespread and composite sickles with a curved haft and oblique inserts are common. We argue that this choice can be partly explained by the need for sickle efficiency. Changes in the system of lithic production and the organization of agricultural activities during the same period also influence the adoption of oblique inserts. Moreover, comparisons between the evolution of sickles in different geographical areas, northern Syria and Cyprus, indicate that technical traditions, technical transfer and societal context were more critical in the choice of sickle morphology.*

#### **Keywords**

*Sickle, Efficiency, Experiment, Flint, Obsidian, Near East, Agriculture.*

Les notions d'agriculture pré-domestique et domestique ne peuvent pleinement rendre compte du passage d'une économie de chasseurs-cueilleurs à celle d'agriculteurs au Proche-Orient. Depuis le Natoufien jusqu'au PPNB moyen, le processus qui conduit des premières expériences agricoles à la transformation morphologique des céréales sauvages en céréales domestiques est long (Hillman et Davies, 1990; Colledge, 2001; Colledge *et al.*, 2004; Colledge et Conolly, 2007; Tanno et Willcox, 2006; Willcox, 2008). La séquence botanique du site de Mureybet sur le moyen Euphrate qui s'étend sur 3500 ans, de 11500 à 8000 av. J.-C., illustre bien cette dimension temporelle : aucune trace de céréales morphologiquement domestiques n'a été recueillie. Elles n'apparaissent dans la région qu'à partir de 7700 av. J.-C., dans les niveaux PPNB Moyen de Halula et d'Abu Hureyra (Willcox et Roitel, 1998; Willcox, 2002). Les premières manipulations agricoles sont favorisées par les changements climatiques de la fin du Dryas récent et du début de l'Holocène (Bar Yosef et Belfer-Cohen, 2002; Moore *et al.*, 2000; Willcox *et al.*, 2009; Colledge et Conolly, 2010). Le développement de l'agriculture s'ancre surtout dans des évolutions socio-économiques et culturelles profondes, étalées sur plusieurs générations, un processus qui ne prend pas

nécessairement la même forme d'une région à une autre (Willcox, 2008; Özkan *et al.*, 2011).

Les faucilles apparaissent dès le Natoufien et ne font que se multiplier avec le temps. Il s'agit soit d'un élément lithique unique (« lame-faucille »), soit d'inserts (« éléments de faucille ») armant les manches pour former des outils composites (Cauvin, 1983; Cauvin, dir., 1983; Stordeur, 1987). En termes d'efficacité, les faucilles présentent des avantages certains par rapport à une cueillette à main nue, aux techniques de battage, d'érousage et à l'utilisation de *mesoarias* (Cauvin, 1983; Ibañez *et al.*, 1998). Une corrélation entre l'évolution de la forme des faucilles et le développement de l'agriculture a été proposée pour le moyen Euphrate (Ibañez *et al.*, 1998). L'argumentation reprise à l'occasion de la publication de Mureybet (Ibañez, dir., 2008) repose surtout sur une vision diachronique du Natoufien au PPNB récent faisant référence à des données variées : céréales sauvages ou domestiques, durée des moissons, caractéristiques des faucilles, morphologie des traces d'usure, importance quantitative des restes botaniques, développement du stockage, utilisation ou non de la paille (comme dégraissant, pour le fourrage ou les litières), etc. L'évolution des caractéristiques des faucilles est ici considérée comme liée à une recherche d'efficacité de l'outil (Bar Yosef, 1998). Elle est

retracée à l'aide des manches conservés et des éléments lithiques qui portent des traces macroscopiques d'usure (lustres et bitume).

En reprenant la littérature, nous avons identifié trois étapes majeures dans l'évolution de la fabrication des faucilles au Proche-Orient avec l'apparition successive des instruments composites, des manches courbes, puis de la faucille courbe à insertion en épi.

---

### LA FABRICATION DES FAUCILLES : TROIS ÉTAPES

---

*La première étape* est tout simplement celle de l'adoption des instruments composites pour la récolte de céréales. Les manches droits ou très légèrement convexes, en os (ce qui n'exclut par ailleurs pas l'emploi de manches en bois végétal, matière périssable) sont bien documentés dès le Natoufien à Umm ez-Zoueitina (une lamelle d'Helwan lustrée, emmanchée longitudinalement dans un fragment de faucille en os : Neuville, 1951), el-Ouad (un manche avec deux fragments de lames non lustrées : Garrod, 1932), Kebara et Mallaha (sans inserts : Turville-Petre, 1932). Certains de ces manches sont décorés (el-Ouad et Kebara : Bar Yosef, 1998, fig. 6). Les découvertes de Wadi Hammeh 27 viennent compléter ce corpus avec une quantité particulièrement importante de manches en os interprétés par le fouilleur comme des faucilles (huit complètes ou presque complètes et quarante-sept fragments) de morphologie et de taille différentes (Edwards, 2007). Un manche en os de 33 cm de long, armé de lamelles d'Helwan accolées les unes aux autres, formant ainsi deux tranchants parallèles de 20 cm de long environ, a été découvert dans une cache (*cluster* 9). Cette découverte est essentielle car elle démontre que des instruments composites très sophistiqués étaient déjà utilisés au Natoufien ancien, dès 12500-12000 BC calibré. Le fait que nous n'ayons que peu d'indices directs de l'utilisation pour la moisson de la plupart des manches natoufiens (et néolithiques précéramiques, d'ailleurs) relève à la fois d'un développement insuffisant des analyses fonctionnelles et aussi du fait que ces manches sont le plus souvent trouvés dans des contextes où ils sont stockés entre deux récoltes : sont alors mis en réserve les manches nus, les manches armés non-utilisés ou les manches armés encore utilisables. Le fouilleur de Wadi Hammeh 27 indique que les éléments de faucille en silex sont courants sur le site et portent des lustres bien marqués dans un contexte où les céréales récoltées étaient l'orge sauvage (Colledge, 2001). La disposition des lustres sur les éléments lithiques natoufiens indiquent une insertion parallèle (Anderson, 1983, 1988 et 1991 ; Anderson et Valla, 1996 ; Grossman *et al.*, 2005 ; Ibañez, 2008 ; Unger-Hamilton, 1989 et 1991). Si les analyses fonctionnelles venaient à confirmer ces données, nous serions alors au Natoufien devant un corpus de faucilles utilisées pour la moisson de céréales sauvages présentant une variété de formes qui peut correspondre à une gamme d'utilisation plus large que ce qui avait été envisagé jusque là et/ou à des variations individuelles lors de la fabrication. Le fait

que certaines de ces faucilles soient décorées montre que les manches étaient des objets particuliers auxquels les individus étaient attachés. Cette adoption de manches composites n'exclut pas l'utilisation de couteaux à moissonner armés d'une seule lame qui sont attestés plus tard au PPNA et au PPNB ancien à Mureybet (Ibañez, 2008).

*La seconde étape* correspond à l'adoption des manches courbes dès le PPNB moyen. L'exemple de la faucille de Nahal Hemar est le plus connu. Le manche est en corne, légèrement courbe et d'une longueur de 28 cm. Les trois éléments en silex sont insérés longitudinalement, séparés semble-t-il par une colle ou résine, formant un tranchant de quelque 14 cm de long. La répartition des lustres sur les éléments de faucille au PPNB moyen à Mureybet IVB indique l'utilisation d'un manche d'une courbure équivalente à celle de Nahal Hemar (Ibañez, 2008). Cette dernière préfigure la faucille de Halula dont seuls le bitume et les inserts sont conservés. Elle a un rayon de courbure très marqué et est armée de quatre lames bipolaires qui forment un tranchant d'une longueur d'environ 33 cm (Borrell et Molist, 2007). Cette faucille composite très courbe, la qualité des inserts et l'emmanchement sophistiqué ont amené les auteurs à considérer cet outil comme signant un moment d'intensification de l'agriculture. L'argument réside en grande partie dans la datation de l'objet, entre 7600 et 7300 cal. BC, au moment donc de l'apparition et de la généralisation des céréales de morphologie domestique sur le moyen Euphrate.

*La troisième étape* est celle de l'adoption et de la généralisation de la faucille courbe à insertion en épi. Nous n'avons pas pour ces périodes d'exemple de manche conservés : nos arguments proviennent donc uniquement des inserts et de la localisation des lustres et du bitume lorsqu'il est conservé. Cette troisième étape s'organise en deux temps. Le premier est celui de l'adoption de manches à insertion oblique. Dans la vallée du Balikh, l'insertion oblique est d'abord pratiquée avec des lames : des exemples sont connus dès la fin du PPNB moyen (?) à Sabi Abyad II (Astruc, 2004) et jusqu'à la fin du PPNB (Sabi Abyad I et II). Elle est ensuite pratiquée avec des éclats. Ce changement dans le mode d'emmanchement intervient donc dans le cadre strict de l'activité qu'est la moisson de céréales. L'exemple de la vallée du Balikh montre que l'adoption de l'insertion oblique est initialement indépendante du phénomène de simplification lithique observé dans cette région à partir de la fin du PPNB et du début du PN et correspond bien au premier temps de cette troisième étape.

Le second temps est celui de l'adoption et de la généralisation de la faucille courbe à insertion en épi, auxquelles on assiste au Nord de la Syrie et notamment sur le moyen Euphrate, dans les vallées de l'Oronte, du Balikh et du Khabur (Astruc, 2004 ; Astruc, 2011a et b ; Astruc et Russel sous presse ; Ibañez *et al.*, 1998 ; Nishiaki, 2000 et 2007 ; Arimura, 2007). Ce mode d'insertion permet de moins investir techniquement dans la production des éléments lithiques. Les lames peuvent être remplacées par des éclats moins standardisés, plus courts, plus irréguliers. Il est ainsi parfaitement adapté au phénomène général observé, au Levant nord, à partir

du PPNB récent : une simplification des modes de production des assemblages en silex. Les savoir-faire bipolaires ne semblent plus faire l'objet d'une transmission suffisante au sein des villages et ils tendent à disparaître. Les implantations humaines plus nombreuses et de taille moins importante ont recours, dans des proportions variables aux réseaux d'échange pour constituer leurs assemblages lithiques complétant ainsi leurs productions domestiques souvent peu investies par des outillages de meilleure qualité en silex ou en obsidienne. Nous sommes là, avec les faucilles à insertion oblique, devant une tradition technique qui se généralise car elle répond parfaitement à la fois à un besoin d'efficacité lors de la moisson de céréales et à un contexte technique et social particulier : les faucilles peuvent être produites dans le cadre du village ou du hameau, sur des matériaux locaux avec un minimum d'investissement technique, dans un cadre domestique. Au PPNB récent, les céréales sont morphologiquement domestiques et l'agriculture a une importance grandissante dans les communautés : les restes botaniques conservés et les éléments de faucille sont nombreux, les capacités de stockage s'accroissent (Astruc et Russel, sous presse).

Dès le Natoufien, l'emploi de faucilles a été interprété comme une réponse à un besoin d'efficacité : « It seems that the Natufians adopted the use of sickles for harvesting because of their need to maximize yield and minimize time, the reason being the limited availability

of fields of wild stands » (Bar Yosef, 1998, p. 164-165). Des champs de céréales sauvages peu étendus et dispersés, des plantes fragiles qui doivent être récoltées dans un court laps de temps, des conditions climatiques contraignantes auraient eu une influence sur l'adoption des faucilles au moment des toutes premières expériences agricoles. Les expériences de culture de champs de céréales sauvages en Europe initiées par G. Hillman ont permis d'estimer ce temps de récolte à environ une semaine (comm. G. Willcox in Ibañez *et al.*, 1998; Willcox, 2009). Des moissons expérimentales ont été conduites pour tester différentes techniques de récolte et mieux documenter les gestes qui leur sont associés (Helmer, 1983; Anderson, 1999; Ibañez *et al.*, 1998). Nous proposons dans le cadre de cet article une approche bien plus particulière : un protocole expérimental dont le but est de déterminer quels sont les paramètres et les associations de paramètres qui favorisent le mieux l'efficacité de l'outil. Les expérimentations antérieures n'avaient pas tenté de pondérer l'influence de chacun des paramètres. Il s'agissait ainsi pour nous d'aller plus loin en cherchant à démêler ce qui relève lors de la moisson :

- d'une variabilité individuelle : les moissonneurs ayant plus ou moins d'expérience, un geste particulier, une cadence de coupe variable ou s'adaptant plus ou moins bien aux différents outils ;
- de la morphologie du manche : une courbure plus importante est-elle plus favorable à une coupe ? ;

	Opérateur	Manche	Matière première	Insertion	Longueur de coupe	Temps (minutes)	Nombre de coups	Nombres de tiges récoltées en 2 minutes
1	1	1	1	-1	1	16.25	476	1400
2	-1	-1	1	-1	1	14.8	366	2280
3	-1	1	-1	-1	1	13.58	657	1690
4	-1	0	-1	-1	1	9.92	382	1986
5	1	-1	-1	-1	1	14.03	358	840
6	-1	1	1	1	1	14	562	989
7	-1	0	1	1	1	15	321	878
8	1	-1	1	1	1	15.33	419	1239
9	1	0	-1	1	1	18	476	1974
10	-1	-1	-1	1	1	11.63	471	1552
11	-1	1	1	1	-1	45	972	748
12	1	0	1	-1	-1	17.57	495	1380
13	1	-1	1	-1	-1	22	618	1294
14	1	1	-1	-1	-1	20	402	670
15	-1	-1	-1	-1	-1	13	474	2291
16	1	1	1	-1	-1	19.92	533	724
17	-1	-1	1	1	-1	14.9	358	1230
18	-1	1	-1	1	-1	11	526	1527
19	-1	0	-1	1	-1	8.5	306	1874
20	1	-1	-1	1	-1	17.25	495	1072
21	-1	-1	-1	1	-1	13	496	1100
22	-1	1	-1	1	-1	13.38	523	1522
23	-1	1	-1	1	-1	10.17	441	1601
24	-1	1	1	-1	-1	10	436	1775

**Tabl. 1** – Plan d'expérience (établi par S. Ducret). Paramètres d'entrée (codes *infra*) et paramètres de sortie. Opérateur 1 : K. Kayan ; -1 : L. Torchy. Manche 1 : manche n° 1, droit ; -1 : manche n° 3, courbe ; 0 : manche n° 2, de courbure intermédiaire. Matière première 1 : obsidienne ; -1 : silex. Insertion 1 : longitudinal ; -1 : oblique. Longueur de tranchant 1 : 20 cm ; -1 : 15 cm.

**Table 1** – Experimental programme (established by S. Ducret). Parameters (codes *infra*) and quantification of efficiency. Experimenter 1 : K. Kayan ; -1 : L. Torchy. Haft 1 : haft no 1, straight ; -1 : haft no 3, curved ; 0 : haft no 2, intermediate curve. Raw material 1 : obsidian ; -1 : flint. Hafting -1 : oblique ; 1 : longitudinal. Length of the cutting edge 1 : 20 cm ; -1 : 15 cm.

Source	Somme Carrés	d.f.	Moyenne Carrés	F	p
Opérateur	319,1521	1	319,1521	3,2682	0,16836
Manche	5,1106	2	2,5553	0,026166	0,97439
Matière première	184,6282	1	184,6282	1,8906	0,26283
Insertion	26,3276	1	26,3276	0,2696	0,63948
Longueur de tranchant	144,8074	1	144,8074	1,4828	0,31037
Opérateur*Manche	139,3171	2	69,6586	0,71331	0,55792
Opérateur*Matière première	67,7959	1	67,7959	0,69424	0,46586
Opérateur*Insertion	3,9322	1	3,9322	0,040266	0,8538
Opérateur*Longueur de tranchant	113,2802	1	113,2802	1,16	0,36036
Manche*Matière première	129,0115	2	64,5057	0,66055	0,57848
Manche*Insertion	164,4604	2	82,2302	0,84205	0,51256
Manche*Longueur de tranchant	69,2691	2	34,6346	0,35466	0,72734
Matière première*Insertion	171,4072	1	171,4072	1,7552	0,27709
Matière première*Longueur de tranchant	2,5788	1	2,5788	0,026407	0,88124
Insertion*Longueur de tranchant	159,4724	1	159,4724	1,633	0,2912
Erreur	292,9651	3	97,655		
Total	1174,363	23			

**Tabl. 2** – Test ANOVA : temps de coupe.

*Table 2* – ANOVA test: duration of the harvesting.

Ordre d'influence	Valeurs	+	-
Matière première de l'insert	2,62	Silex	Obsidienne
Opérateur	1,65	L. Torchy	K. Kayan
Longueur du tranchant	-1,3	20 cm	15 cm
Manche	1,15	Courbe	Courbe intermédiaire Droit
Insertion	0,21	Oblique	Longitudinal

**Tabl. 3** – Régression linéaire : facteurs d'influence sur le temps de coupe, dans l'ordre décroissant.

*Table 3* – Linear regression: duration of the harvesting.

- de la matière première de l'outil : le silex est-il plus efficace que l'obsidienne ou inversement ? ;
- de la longueur de tranchant : un tranchant plus long améliore-t-il les qualités de coupe d'une faucille ? ;
- de la position des inserts : l'insertion en épi ou parallèle au manche apporte-t-elle une meilleure qualité de coupe ?

## TEST EXPÉRIMENTAL

Le protocole expérimental que nous avons construit découle directement de ces questions. Elles définissent, en effet, dans notre plan d'expérience, les paramètres d'entrée : 1) les moissonneurs ; 2) les types de manche ; 3) les matières premières des outils lithiques ; 4) les modes d'insertion des éléments lithiques ; 5) les longueurs de tranchant. Les paramètres de sortie qui permettent de juger de l'efficacité de tel ou tel instrument sont les suivants : 1) le temps de coupe ; 2) le nombre de coups de faucille donnés ; 3) le nombre de tiges coupées en deux minutes ; 4) le rendement évalué à partir du nombre de tiges coupées en deux minutes. Nous avons envisagé de peser la récolte mais ceci s'est avéré moins adapté aux conditions particulières d'expérimentation : conditions climatiques, arrachage des tiges, pollution par la terre, erreurs de calcul.

Le protocole est organisé sur le principe de l'orthogonalité : chaque modalité de chaque paramètre est

	Opérateur	Matière première	Interaction Op./MP
$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$
16,40	1,27	2,03	- 1,66

**Tabl. 4** – Facteurs d'influence sur le temps de coupe.

*Table 4* – Impact of the different factors on the duration of harvesting.

mise en regard de chaque modalité des autres paramètres. Notre matrice d'expérimentation comporte vingt-quatre essais, soit la moitié du nombre d'essais nécessaires pour une approche classique globale (tabl. 1). Cette matrice comportant cinq paramètres d'entrée et trois paramètres de sortie a ensuite été traitée en utilisant trois méthodes statistiques complémentaires. Les analyses de variance ANOVA (tabl. 2, 5 et 7) permettent de savoir si une ou plusieurs variables dépendantes (disposées dans différentes lignes d'un tableau) sont en relation avec une ou plusieurs variables dites indépendantes (disposées dans différentes colonnes d'un tableau). La méthode de la régression linéaire (tabl. 3, 6 et 8) permet de vérifier et quantifier l'influence de chaque facteur. Enfin, la méthode de la surface de réponse (tabl. 4, 9 et 10 ; fig. 3, 4 et 5), une interpolation polynomiale, permet d'étudier l'influence des paramètres sur les résultats et la manière dont ils interagissent.

Les modalités choisies pour les paramètres d'entrée ont été les suivantes. Les moissonneurs étaient deux :

un étudiant en doctorat de l'université de Toulouse - Le Mirail, L. Torchy (fig. 1b), qui n'avait jusque là aucune expérience de la moisson et K. Kayan, habitant du village de Kızılkaya (fig. 1a) à la retraite qui a lui

une pratique commune de cette activité avec une faucille en métal. Les deux moissonneurs ne se différencient donc pas seulement par leur expérience : ils n'ont pas notamment le même âge, la même forme

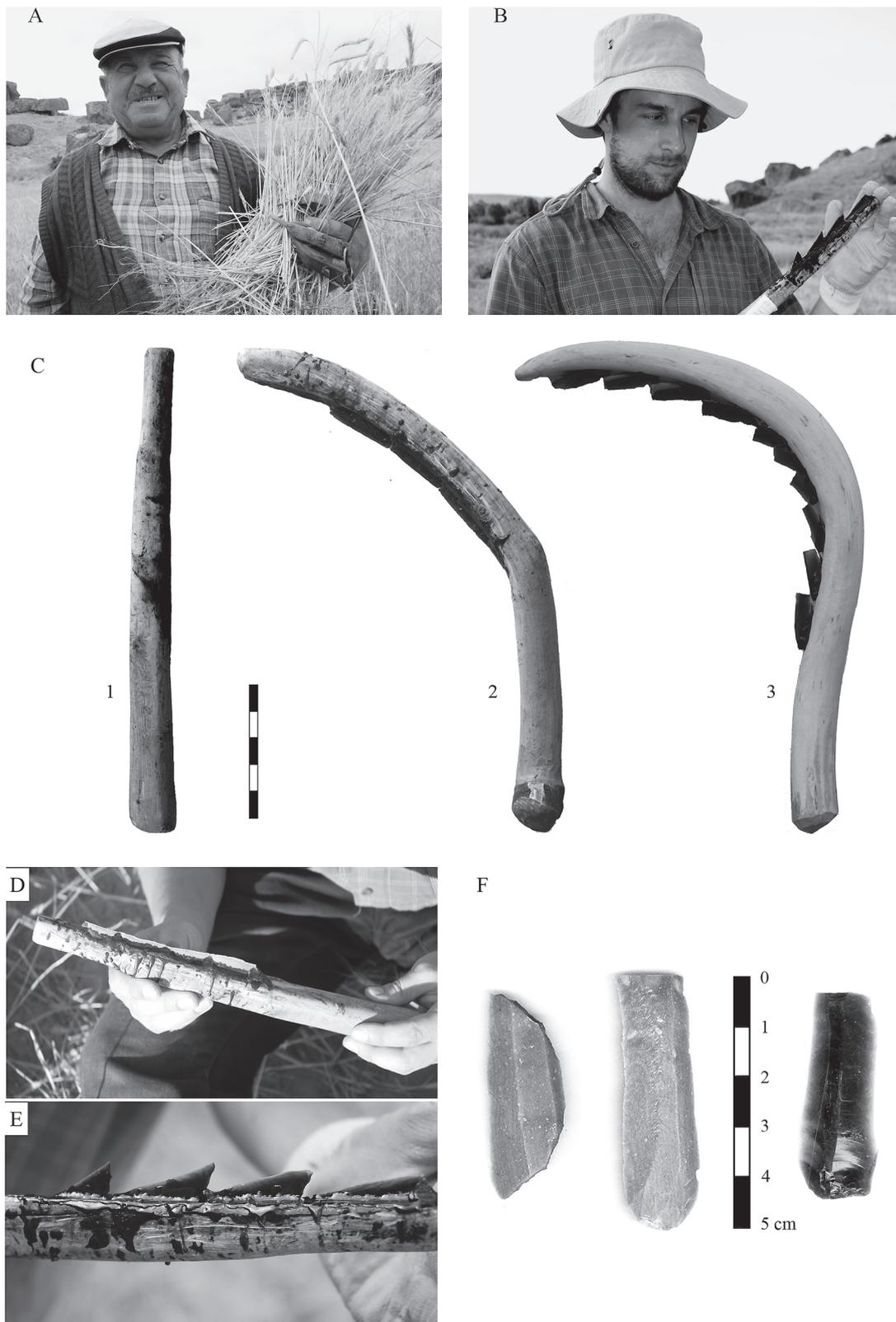


Fig. 1 – Paramètres d'entrée.  
 Fig. 1 – Parameters.

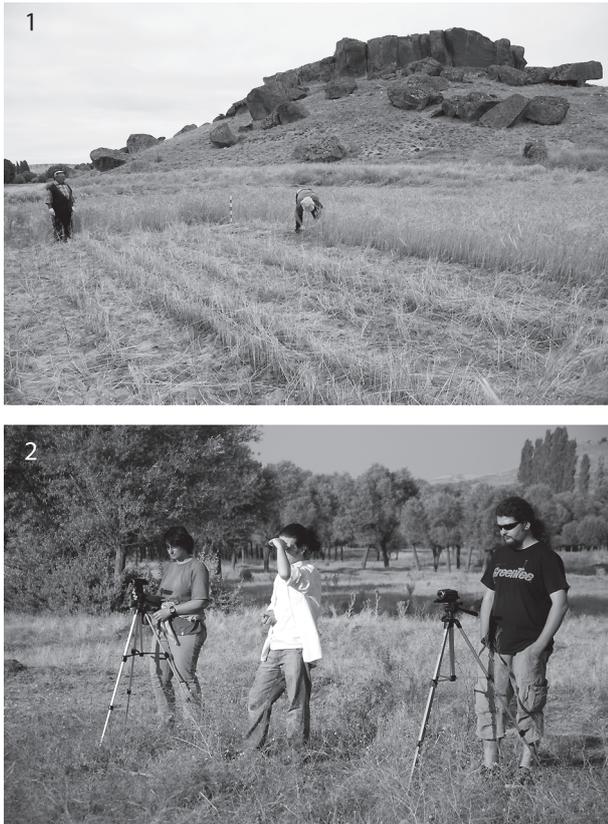


Fig. 2 – 1 : Le champ ; 2 : Des expérimentations filmées.  
Fig. 2 – 1: Field; 2: Filmed experiments.

physique, la même détermination, la même capacité d'adaptation à des outils inhabituels.

Les manches que nous avons utilisés sont en bois de différentes espèces et de différentes courbures : n° 1 droit (fig. 1c : 1), n° 2 de courbure intermédiaire (fig. 1c : 2), n° 3 courbe (fig. 1c : 3). Ce dernier est une réplique réalisée par C. Bontemps d'un manche restitué à partir de la faucille de Halula dans la moyenne vallée de l'Euphrate (deuxième moitié du VIII<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. : Borrell et Molist, 2007).

Les inserts (fig. 1f) ont été fabriqués par J. Pelegrin dans une obsidienne parfaitement homogène et d'extrêmement bonne qualité provenant de Kaletepe-Kömürcü (Göllü Dağ est, Cappadoce) et dans un silex sec, brun-jaune, parfois rubané, de texture opaque *mudstone*, légèrement rugueux, trouvé dans la vallée de l'Euphrate à proximité du site d'Akarçay Tepe (Birecik, Sud-Est anatolien). Les éléments de faucille utilisés ont des caractéristiques morphométriques similaires : qualité du bord, angulation, longueur/largeur/épaisseur des inserts.

Nous avons constitué des tranchants de longueur de 15 et 20 cm pour tenter de discuter de l'influence de ce facteur. Les éléments lithiques ont été insérés parallèlement au tranchant (fig. 1d) ou en épi (fig. 1e).

L'expérimentation s'est tenue à Kızılkaya, à proximité du site Néolithique acéramique d'Aşıklı Höyük, en Cappadoce durant l'été 2009. Elle a été réalisée avec une équipe de l'université d'Istanbul. Nous avons opté

pour une surface constante de champs de 30 m<sup>2</sup> (fig. 2, n° 1). Les céréales coupées étaient du blé et de l'orge modernes cultivés en Cappadoce. Tous les tests ont été filmés (fig. 2, n° 2) ce qui nous a permis de contrôler le temps de coupe et d'obtenir des informations sur le geste, sur la cadence et sur les difficultés rencontrées par les moissonneurs.

Les difficultés rencontrées lors de la mise en place de ce test expérimental sont les suivantes. La densité de plantes était d'abord variable d'une parcelle à l'autre. Les céréales récoltées étaient de deux types différents : les caractéristiques mécaniques des tiges étaient donc différentes. La maturité des céréales a évolué entre les premières et les dernières coupes.

## RÉSULTATS

### Analyse statistique

Les résultats expérimentaux sont interprétés de diverses façons d'un paramètre de sortie à l'autre.

### Le temps de coupe

Lors de l'expérimentation, il est apparu très vite que le temps de coupe nécessaire à la moisson des 30 m<sup>2</sup> ne constituerait pas le meilleur des paramètres de sortie car il varie largement d'un moissonneur à l'autre. Ceci a été confirmé par les résultats statistiques puisque quelle que soit la méthode employée, l'opérateur apparaît comme un paramètre important (tabl. 2-4, fig. 3). Plus intéressant, l'analyse de variance ANOVA (tabl. 2) a révélé que le type de matériau a également une influence importante sur le temps (cf. valeur faible de p, tabl. 2). Une analyse plus fine par la méthode de la régression linéaire montre, en fait, que la matière première de l'insert est le facteur qui a le plus d'influence sur le temps de coupe (tabl. 3) : l'opérateur vient ensuite ; puis la longueur de tranchant

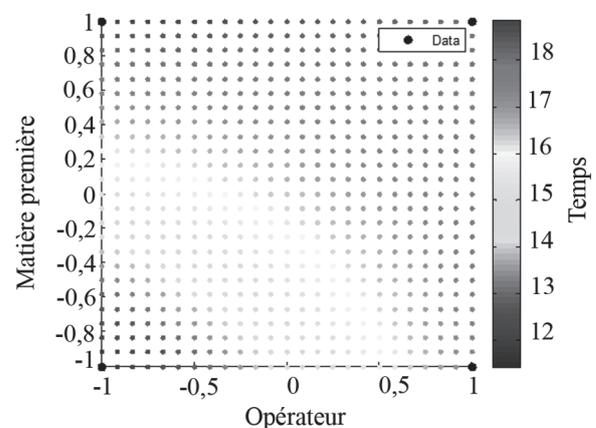


Fig. 3 – Évolution du temps de coupe en fonction de l'opérateur et du type de matériau. Opérateur 1 : K. Kayan; -1 : L. Torchy. Matière première 1 : obsidienne; -1 : silex.  
Fig. 3 – Evolution of the duration of cutting in relation to the harvester and the type of raw material. Harvester: 1: K. Kayan; -1, L. Torchy; Raw material 1: obsidian; -1: flint.

et le manche, moins influents ; le mode d'insertion des éléments lithiques n'ayant enfin que peu d'influence. La figure 3 représente la surface de réponse de la variation du temps en fonction de l'opérateur et du type de matière première (tabl. 4). Elle souligne un point important : le silex permet un temps de coupe plus réduit, et ceci, quel que soit l'opérateur.

### Le nombre de coups de faucille

Le paramètre de sortie « nombre de coups de faucille » reflète le geste et la cadence. Le test ANOVA indique par la valeur élevée de *p* que ce paramètre de sortie est peu sensible aux différents facteurs influençant le déroulement de l'expérimentation (tabl. 5). La méthode de régression linéaire montre, en revanche, que les paramètres les plus influents sont d'abord la courbure du manche, puis la longueur de tranchant et la matière première des inserts (tabl. 6). Il s'agit là d'une indication sur le confort qu'apporte telle ou telle faucille aux opérateurs : le manche courbe associé à la longueur de tranchant la plus forte (20 cm) faite d'inserts de silex est le plus favorable à la coupe.

### Le nombre de tiges coupées en deux minutes

Le nombre de tiges coupées en deux minutes a été considéré comme le paramètre de sortie le plus

significatif pour illustrer le rendement de la faucille. Il nous permet en outre de nous affranchir de l'influence que peut avoir l'usure de l'outil sur son efficacité. L'analyse de variance ANOVA (tabl. 7) indique que l'opérateur est le paramètre le plus important, un paramètre qui interagit avec tous les autres.

Le rendement est en outre très sensible à l'interaction entre le type de manche et la matière première. La méthode de la régression linéaire (tabl. 8) montre les facteurs d'influence sur le rendement dans l'ordre décroissant : l'opérateur est suivi par le type de matériau, les trois autres facteurs ayant une influence plus limitée. Les éléments qui pour chaque paramètre sont les plus favorables à l'obtention d'un fort rendement sont les suivants : L. Torchy, le silex, le manche courbe (n° 3), l'insertion oblique des éléments lithiques, la longueur de tranchant la plus importante (20 cm). La figure 5 montre l'évolution du rendement en fonction de la longueur de tranchant, du type d'insertion et de la courbure du manche (tabl. 10).

L. Torchy est plus efficace que K. Kayan. Mais, la méthode de la surface de réponse (fig. 4, tabl. 9) complète ce résultat en indiquant que le silex a une influence positive sur le rendement de l'outil indépendamment de l'opérateur ou de tout autre facteur. L. Torchy gagne en efficacité lorsque les inserts sont en silex. Le rendement de K. Kayan est moins sensible au type de matériau même si les outils en silex sont là aussi plus favorables.

Source	Somme Carrés	d.f.	Moyenne Carrés	F	p
Opérateur	47579,0413	1	47579,0413	1,7985	0,27239
Manche	4978,4971	2	2489,2485	0,094092	0,91278
Matière première	28171,424	1	28171,424	1,0649	0,37801
Insertion	5529,4529	1	5529,4529	0,20901	0,67862
Longueur de tranchant	28773,1416	1	28773,1416	1,0876	0,37365
Opérateur*Manche	38358,3641	2	19179,182	0,72496	0,55355
Opérateur*Matière première	61302,0882	1	61302,0882	2,3172	0,22532
Opérateur*Insertion	1702,663	1	1702,663	0,064359	0,81613
Opérateur*Longueur de tranchant	51578,4421	1	51578,4421	1,9496	0,25701
Manche*Matière première	59694,5861	2	29847,2931	1,1282	0,43117
Manche*Insertion	48725,3756	2	24362,6878	0,92089	0,48772
Manche*Longueur de tranchant	14563,2649	2	7281,6325	0,27524	0,7767
Matière première*Insertion	46360,1835	1	46360,1835	1,7524	0,27741
Matière première*Longueur de tranchant	1033,5005	1	1033,5005	0,039066	0,85595
Insertion*Longueur de tranchant	46192,1324	1	46192,1324	1,746	0,27811
Erreur	79366,587	3	26455,529		
Total	427899,958	23			

Tabl. 5 – Test ANOVA : nombre de coups de faucille.

Table 5 – ANOVA test: number of sickle strokes.

Nombre de coups de faucille	Valeurs	+			-
Manche	52,28	Droit	Courbure intermédiaire		Courbe
Longueur de tranchant	- 28,27	15 cm			20 cm
Matière première de l'insert	21,5	Obsidienne			Silex
Insertion	8,6	Longitudinal			Oblique
Opérateur	-5,7	L. Torchy			K. Kayan

Tabl. 6 – Régression linéaire : facteurs d'influence sur le nombre de coups de faucille dans l'ordre décroissant.

Table 6 – Linear regression: impact of the different factors on the number of sickle strokes (decreasing order).

Source	Somme Carrés	d.f.	Moyenne Carrés	F	Prob > F
Opérateur	618352,8503	1	618352,8503	152,8934	0,0011396
Manche	173859,3621	2	86929,6811	21,4942	0,016661
Matière première	128871,5427	1	128871,5427	31,8647	0,011003
Insertion	10185,6677	1	10185,6677	2,5185	0,21071
Longueur de tranchant	61132,8328	1	61132,8328	15,1156	0,030164
Opérateur*Manche	295437,3029	2	147718,6515	36,5248	0,007835
Opérateur*Matière première	70791,6534	1	70791,6534	17,5039	0,024886
Opérateur*Insertion	576878,4783	1	576878,4783	142,6385	0,0012626
Opérateur*Longueur de tranchant	361262,6925	1	361262,6925	89,3255	0,0025106
Manche*Matière première	419176,2712	2	209588,1356	51,8226	0,0047181
Manche*Insertion	344714,2623	2	172357,1312	42,6169	0,0062695
Manche*Longueur de tranchant	317381,7918	2	158690,8959	39,2378	0,0070655
Matière première*Insertion	543932,3936	1	543932,3936	134,4922	0,001377
Matière première*Longueur de tranchant	166579,7394	1	166579,7394	41,1884	0,0076665
Insertion*Longueur de tranchant	252413,875	1	252413,875	62,4116	0,0042274
Erreur	12133,0217	3	4044,3406		
Total	5219044	23			

**Tabl. 7** – Test ANOVA : rendement (nombre de tiges coupées en deux minutes).  
**Table 7** – ANOVA test: efficiency (number of stems cut in two minutes).

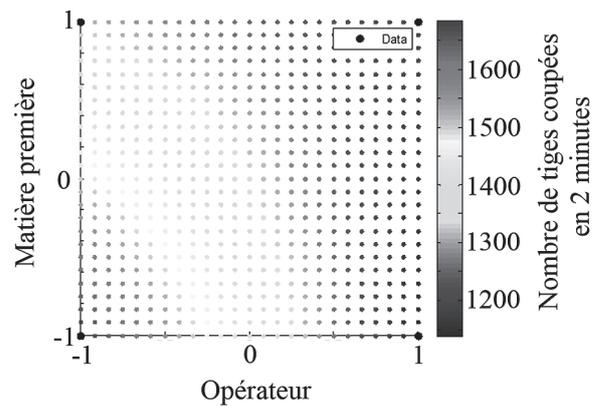
Ordre d'influence	Valeurs	+	-
Opérateur	-179,6	L. Torchy	K. Kayan
Matière première des inserts	-124	Silex	Obsidienne
Manche	-87,2	Courbe	Courbure intermédiaire Droit
Insertion	-76	Oblique	Longitudinale
Longueur de tranchant	69	20 cm	15 cm

**Tabl. 8** – Régression linéaire : facteurs d'influence sur le rendement (nombre de tiges coupées en deux minutes) dans l'ordre décroissant.  
**Table 8** – Linear regression: impact of the different factors on the number of stems cut in two minutes (decreasing order).

La méthode de la surface de réponse permet aussi de mettre en évidence le fait, et c'est important (fig. 5, tabl. 10), que la courbure du manche et l'insertion oblique ont une forte influence et que ces deux paramètres interagissent. La longueur de tranchant n'a en revanche que peu d'influence (cf. valeur faible de  $\beta_3$ ) mais la gamme de variation de longueur que nous avons testée n'est peut-être pas suffisante.

En conclusion, ce test permet de déterminer quels sont les paramètres qui influent de manière significative sur les résultats :

- le facteur humain a une influence importante sur le nombre de tiges coupées en deux minutes;
- la matière première des inserts d'une faucille a une influence significative sur l'efficacité lors de la coupe : le silex a des qualités de coupe supérieure à l'obsidienne (fig. 4, tabl. 9);
- l'interaction entre la courbure du manche et le mode d'insertion a ensuite le plus d'influence (tabl. 10). L'association entre un manche courbe et des inserts emmanchés en épi assure un meilleur rendement (nombre de tiges coupées en deux minutes);
- le nombre de coups de faucille donné pour moissonner un champ de même superficie est limité par le choix d'un manche courbe, d'une longueur de tranchant de 20 cm.



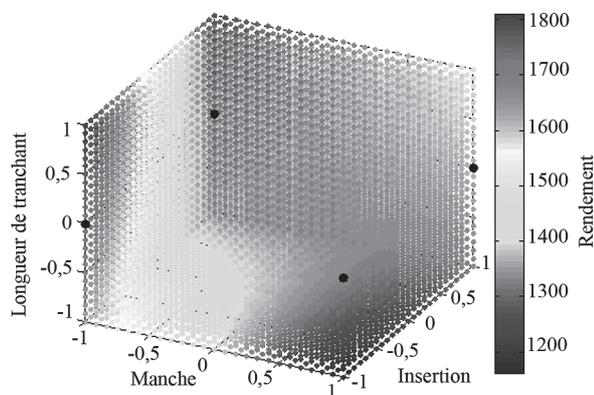
**Fig. 4** – Évolution du nombre de tiges coupées en deux minutes en fonction de l'opérateur et du type de matériau. Opérateur 1 : K. Kayan; -1 : L. Torchy. Matière première 1 : obsidienne; -1 : silex.  
**Fig. 4** – Evolution of the number of stems cut in two minutes in relation to the harvester and the type of raw material. Harvester 1: K. Kayan; -1: L. Torchy; Raw material 1: obsidian; -1: flint.

	Opérateur	Matière première	Interaction Op./MP
$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
1336,40	- 163	- 74,32	108,5

**Tabl. 9** – Facteurs d'influence.  
**Table 9** – Impact and interaction of two factors: harvester and raw material.

### Utilité et maniabilité

L'appréciation d'un « bon » outil peut être évaluée en termes d'efficacité ce qui recouvre à la fois les notions d'utilité (adéquation à la tâche) et de maniabilité (performance dans la réalisation de la tâche, satisfaction que procure l'utilisation de l'objet et facilité d'apprentissage). L'expérimentation a été faite exclusivement sur un des modes supposés de récolte : la coupe près du sol. Nous avons interrogé à l'issue de la moisson nos deux opérateurs pour recueillir leur appréciation. Tous deux ont indiqué que chaque type de faucille était utilisable. Les performances des manches ont pu être évaluées par une simple notation proposée par K. Kayan. Le manche n° 1 (droit), le manche n° 2 (de courbure intermédiaire) et le manche n° 3 (courbe) ont été classés respectivement par K. Kayan 20/50/100, et par L. Torchy 20/70/100. K. Kayan n'a pas adapté son geste à la morphologie du manche. Il a utilisé les trois manches de la même manière dans un geste transversal simple en ramenant la faucille vers lui. Ce geste est le même que celui qu'il utilise avec sa faucille moderne en métal. Il s'agit d'une coupe réalisée très près du sol qui conduit en général à un nombre important de tiges arrachées. En revanche, L. Torchy, tout en indiquant que la courbure du manche augmente l'efficacité et réduit la fatigue, a noté qu'il avait naturellement adopté un geste différent en fonction de la courbure du manche. Son geste se rapproche de celui



**Fig. 5** – Évolution du rendement (nombre de tiges coupées en deux minutes) en fonction du type de manche, de l'insertion et de la longueur de tranchant. Manche 1 : manche n° 1, droit; -1 : manche n° 3, courbe; 0 : manche n° 2, de courbure intermédiaire. Matière première 1 : obsidienne; -1 : silex. Insertion 1 : longitudinal; -1 : oblique. Longueur de tranchant 1 : 20 cm; -1 : 15 cm.

**Fig. 5** – Evolution of productivity (number of stems cut in two minutes) in relation to the curvature of the haft, the mode of insertion and the length of the cutting edge. Haft 1: haft no. 1, straight; -1: haft no. 3, curved; 0: haft no. 2, intermediate curvature. Raw material 1: obsidian; -1: flint. Mode of insertion -1: oblique; 1: longitudinal. Length of the cutting edge 1: 20 cm; -1: 15 cm.

de K. Kayan lorsqu'il utilise un manche droit. La courbure du manche lui permet d'adopter un geste plus complexe : de rassembler une gerbe plus importante de céréales et de couper l'ensemble avec un mouvement semi-circulaire et transversal. La coupe ici réalisée est une coupe basse mais dans une position plus haute que lorsque K. Kayan moissonne. Une coupe qui provoque moins d'arrachage et permet de mieux utiliser les qualités de coupe des manches n° 2 et 3.

K. Kayan ne perçoit pas de différence entre les deux types d'insertion, entre les deux matières premières et entre les deux longueurs de tranchant. L. Torchy ne perçoit pas non plus de différence entre une longueur de 15 ou 20 cm et lie cela au fait qu'il ne se sert vraiment que de la partie médiane du tranchant. L. Torchy insiste sur le fait que les inserts doivent dépasser suffisamment du manche et ceci notamment lors de l'insertion parallèle. Il estime que les inserts obliques sont probablement plus efficaces que les inserts parallèles. Mais, il insiste surtout sur la différence entre inserts en silex et en obsidienne : l'obsidienne semble plus efficace en tout début de test mais perd de son efficacité plus rapidement que le silex. Nos deux moissonneurs ont donc une appréciation assez similaire de la maniabilité des manches. K. Kayan a toutefois plus de difficulté à apprécier les paramètres qui influent sur la qualité de coupe (matière première, longueur de tranchant, insertion). Ceci est dû non seulement au fait que le geste qu'il emploie permet moins de profiter des qualités de coupe distinctes des faucilles mais aussi au fait qu'il était moins familier et donc peut-être moins attentif que L. Torchy aux principes de l'expérience. L'apprentissage a été pour L. Torchy rapide quel que soit le manche considéré.

### Usure de l'outil, une différence entre inserts en obsidienne et inserts en silex

L'usure de l'outil a également une influence sur son efficacité. Or, l'analyse fonctionnelle montre bien que l'obsidienne et le silex réagissent différemment aux contraintes lors de l'utilisation. Parmi les quatre attributs d'usure – écaillage, émoussé, striation, poli – nous ne traiterons ici que de ceux qui ont une influence directe sur l'efficacité : l'écaillage et l'émoussé du fil du tranchant. La description détaillée des usures des outils de moisson avec une étude comparative des endommagements sur silex et obsidienne fera l'objet d'un autre article. Précisons simplement une tendance générale : les polis sont plus facilement perceptibles sur les inserts en silex et les stries et les émoussés plus visibles sur obsidienne. Les lustres ne sont perceptibles que sur le silex à l'œil nu tandis que des plages mates et une abrasion signalent parfois une usure sur obsidienne.

	Manche	Insertion	Longueur de Tranchant	Interaction Manche/Insertion	Interaction Manche/L. Tr.	Interaction Insertion/L. Tr.
$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$
1426,63	- 84,45	- 90,11	62,45	116,61	30,67	- 60

**Tabl. 10** – Facteurs d'influence sur le nombre de tiges coupées en deux minutes.  
**Table 10** – Impact on the number of stems cut in two minutes.

Silex		Opérateur			Manche			Insertion			Position des inserts			
		K. Kayan	L. Torchy		Droit	Intermédiaire	Courbe	Longitudinale	Oblique	Proximal	Prox.-Mésial	Mésial	Mésial-Distal	Distal
Orientation	Transversale	0,68	0,7		0,62	0,64	0,72	0,72	0,58	0,58	0,73	0,88	0,72	0,45
	Oblique	0,18	0,3		0,29	0,29	0,22	0,21	0,33	0,33	0,27	0,13	0,27	0,27
	Absent	0,14	0		0,1	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	-	-	-	0,27
Type	DL	0,36	0,6		0,48	0,57	0,44	0,62	0,33	0,33	0,55	0,63	0,55	0,45
	C	0,14	0,1		0,14	0,07	0,11	0,14	0,08	0,08	0,27	-	0,09	0,09
	DLP	0,36	0,3		0,29	0,29	0,39	0,17	0,5	0,5	0,18	0,38	0,36	0,18
Développement	DLP MIP	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Absent	0,14	0		0,1	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	-	-	-	0,27
	---	0,95	0,9		0,95	0,71	1	0,97	0,83	0,92	1	0,88	0,91	0,82
Continuité	Alignés	-	0		-	0,07	-	-	0,04	0,08	-	-	-	-
	Isolés	-	0		-	0,14	-	-	0,08	-	0,13	0,09	-	-
	Absent	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obsidienne	Alignés	0,32	0,4		0,33	0,57	0,28	0,48	0,25	0,42	0,36	0,38	0,36	0,36
	Isolés	0,55	0,6		0,57	0,36	0,67	0,45	0,66	0,5	0,64	0,63	0,64	0,36
	Absent	0,14	0		0,1	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	-	-	-	0,27
Orientation	Transversale	0,56	0,7		0,8	0,38	0,71	0,6	0,82	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7
	Oblique	0,44	0,3		0,2	0,63	0,29	0,4	0,18	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3
	DL	0,06	0		0,05	0,13	-	0,07	-	-	0,1	-	0,1	-
Type	C	0,31	-		0,05	0,25	0,08	0,1	0,09	-	0,2	0,1	-	0,2
	DLP	0,5	0,6		0,6	0,13	0,46	0,53	0,5	0,58	0,5	0,6	0,5	0,4
	DLP P	0,13	0,3		0,15	0,5	0,29	0,3	0,09	0,25	0,1	0,2	0,2	0,3
Développement	DLP MIP	-	0,1		0,15	0	0,17	-	0,32	0,17	0,1	0,1	0,2	0,1
	Absent	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	---	0,19	0,5		0,35	-	0,42	0,37	0,27	0,58	0,3	0,1	0,3	0,3
Continuité	Alignés	0,06	0		0,05	-	0,04	0,03	0,05	0,08	-	0,1	-	-
	Isolés	0,31	0,3		0,2	0,5	0,29	0,33	0,23	0,17	0,4	0,2	0,3	0,4
	Absent	0,06	0		0,1	-	0,04	0,07	0,05	-	0,1	0,1	-	0,1
Obsidienne	Alignés	0,06	0		0,1	-	0,04	0,07	0,05	-	0,1	0,3	0,1	0,2
	Isolés	0,06	0		0,1	-	0,04	0,07	0,05	0,08	-	-	0,2	-
	Absent	-	0,1		0,05	-	0,08	0	0,14	-	0,1	0,1	-	-
Continuité	Alignés	0,31	0,7		0,7	0,5	0,5	0,57	0,59	0,75	0,5	0,6	0,5	0,5
	Isolés	0,69	0,3		0,3	0,5	0,5	0,43	0,41	0,25	0,5	0,4	0,5	0,5
	Absent	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 11 – Relevé des écaillures sur les inserts en obsidienne et en silex.  
Table 11 – Scaling on the edge of inserts made of obsidian and flint.

## Écaillage

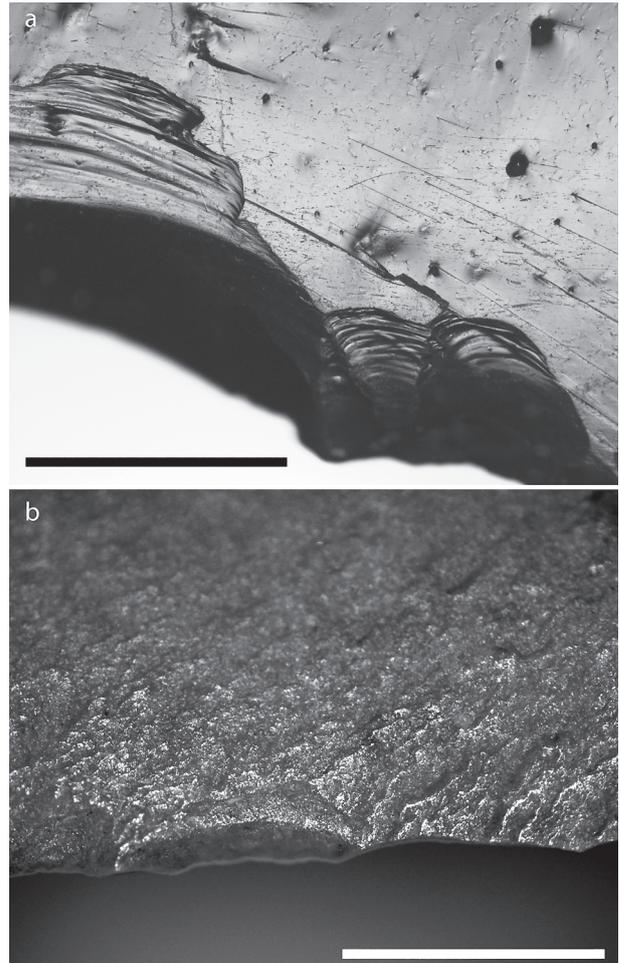
Les écaillures localisées en zones proximale, mésiale et distale des inserts ont été relevées à un grossissement de  $\times 10$ . La continuité, le développement, la morphologie, la localisation et l'orientation des écaillures ont été mis en relation, par le calcul d'un coefficient avec les paramètres d'entrée que sont les moissonneurs, le manche, l'insertion des éléments et la position de l'insert dans le manche. Ce relevé systématique permet de dresser un tableau de synthèse sur la fragilité des inserts en obsidienne et en silex utilisés pour la moisson (tabl. 11).

Or, la fragilité des tranchants est significativement plus importante pour l'obsidienne (fig. 6a) que pour le silex (fig. 6b). Dans un cas comme dans l'autre, les écaillures sont très majoritairement d'orientation transversale. Les enlèvements obliques au tranchant sont toutefois plus fréquents sur obsidienne que sur silex.

Les types d'écaillures et leur distribution indiquent que le silex, contrairement à l'obsidienne, est un matériau qui ne s'écaille que dans les zones de contraintes maximum. L'absence d'enlèvement n'est d'abord signalée que pour le silex : soit sur les inserts situés à l'extrémité distale du tranchant, soit, dans une moindre mesure, à l'extrémité proximale de celui-ci. Lorsque l'on considère les cinq types d'écaillures – demi-lune (DL), demi-lune pennée (DLP), demi-lune pennée perlée (DLPP), demi-lune pennée micro-perlée (DLPMP), conchoïdale (C) –, on constate ensuite que :

- sur obsidienne, ils sont en majorité de type demi-lune pennée et parfois perlé ou micro-perlé. Il s'agit donc de fractures par flexion et de fractures de faible largeur et extension dues au glissement des tiges sur le tranchant ;
- sur le silex, ils sont en demi-lune et en demi-lune pennée puis plus rarement de type conchoïdal. Les écaillures perlées et micro-perlées (écaillures juxtaposées de faible extension) sont, quant à elles, plus exceptionnelles.

On note assez fréquemment sur les inserts les plus fragiles, donc en obsidienne mais aussi dans une moindre mesure en silex, la présence d'une écaillure en demi-lune marquée à la jonction de l'insert avec la colle d'emmanchement. Cet endommagement est plus fréquent lorsqu'il s'agit d'emmanchement en épi. Il découle d'une usure localement transversale quand les tiges s'accumulent à cet endroit au moment de la coupe. Des enlèvements axiaux burinants à l'extrémité des inserts ont enfin été observés sur obsidienne et non sur silex. Enfin, et c'est intéressant de le noter, les contraintes exercées sur les inserts ne sont pas les mêmes dans le cas d'une insertion longitudinale ou oblique. Ce constat a été possible en examinant le degré de continuité de l'écaillage sur les inserts en silex : avec les insertions longitudinales, il existe un vrai équilibre entre écaillures alignées et isolées tandis qu'avec une insertion en épi, le coefficient d'écaillures alignées par rapport aux enlèvements isolés est faible. Ces différences de contraintes ne sont, en revanche, que peu perceptibles sur obsidienne à cause de la fragilité du matériau.



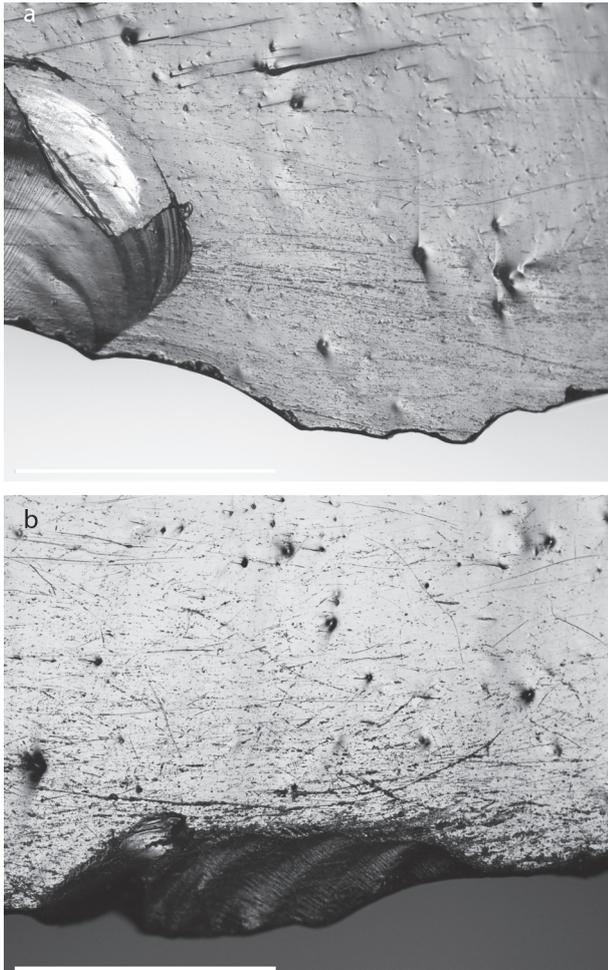
**Fig. 6** – Moisson de céréales. Photographies prises au microscope métallographique à  $\times 50$  montrant le développement beaucoup plus fort de l'écaillage sur obsidienne (a : test 12) que sur le silex (b : test 19). On perçoit le poli sur la surface du silex, attribut d'usure bien plus difficile à percevoir sur une surface d'obsidienne. Échelle : 0,01 mm.

**Fig. 6** – Cereal harvesting. Photographs taken with a metallographic microscope ( $\times 50$ ) showing a greater development of scaling for obsidian (a: test 12) than for flint (b: test 19). Polish is visible on the flint surface and not on the obsidian surface. Scale: 0.01 mm.

## Émoussé

En ce qui concerne les endommagements par abrasion, les observations macro- et microscopiques ont montré des émoussés du fil du tranchant et des abrasions des zones usées de développement variable d'un test à l'autre. Ces endommagements sont plus sévères pour l'obsidienne qui a tendance à s'émousser plus rapidement. Des variations d'émoussé sont observées selon la position de l'insert dans le manche et le geste employé. Les degrés d'abrasion les plus importants sont observés sur les outils utilisés de quatre des cinq tests réalisés par K. Kayan et lors d'un des cinq tests réalisés par L. Torchy.

Pour illustrer les variations d'abrasion visibles sur les inserts, nous proposons deux exemples extrêmes (fig. 7) : a) un insert portant de l'écaillage, une striation abondante, une très légère abrasion de surface ; b) un insert portant de l'écaillage, une abrasion de surface importante et un émoussé du fil du tranchant. Les variations dans le degré d'abrasion des inserts sont liées



**Fig. 7** – Des éléments en obsidienne portant des degrés divers d’abrasion de surface et d’émoussé du fil du tranchant (a : test 18 ; b : test 14 ;  $\times 50$ ). Échelle : 0,01 mm.

**Fig. 7** – Obsidian sickle elements showing different degrees of surface abrasion and of blunting of the cutting edge. Photographs taken with a metallographic microscope ( $\times 50$ ; a: test 18; b: test 14). Scale: 0.01 mm.

au contact avec le sédiment lors de la coupe. Il dépend ainsi de la hauteur de coupe et du geste employé tous deux distincts d’un moissonneur à l’autre (*supra*).

En conclusion, cette première synthèse des résultats tracéologiques indique donc clairement que les deux matières premières ne réagissent pas de la même façon aux contraintes générées par l’utilisation lors de la moisson de céréales. L’obsidienne est beaucoup plus fragile et sensible à l’abrasion. Ces résultats viennent conforter les commentaires de L. Torchy à l’issue de l’expérimentation. Les qualités de coupe de l’obsidienne sont meilleures mais s’altèrent trop rapidement au cours de la moisson. Le silex est en revanche moins sensible à l’écaillage et plus résistant à l’abrasion. Il a une bonne tenue pendant toute la durée des tests.

## CONCLUSION

Les résultats de notre expérimentation ont souligné l’importance qu’a le facteur humain lors de la réalisation

d’une activité technique. C’est pour cela que nous avons choisi délibérément des moissonneurs qui ne se différenciaient pas seulement par l’expérience qu’ils avaient de la moisson de céréales (*supra*). L’influence de ce facteur a en outre été accentuée par une durée de test courte qui n’a rien à voir, et c’est un biais important, avec les temps de moisson dans les sociétés traditionnelles qui sont de l’ordre de plusieurs jours voire de plusieurs semaines. Il est aussi évident que nous n’avons pas testé toutes les techniques et systèmes de récolte de céréales dont la diversité est notamment perceptible à la lecture d’ouvrages agricoles qui relatent les techniques de l’époque industrielle (moisson à la faucille ou au volant, déplacements dans le champ, etc. : Paillet, 1995, chapitre 1).

Notre but a toutefois été atteint puisque nous avons démontré par l’expérimentation que chacun des paramètres qui constituent une faucille composite concourent de manière variable à son efficacité et qu’ils interagissent entre eux. Il existe une hiérarchie de ces paramètres et cette hiérarchie est applicable aux données archéologiques. Nous avons démontré que la morphologie de la faucille a une influence sur la rentabilité du moissonneur par le confort que l’outil lui apporte et par le fait qu’elle permet de limiter ou non le nombre de coups portés pour moissonner un champ donné. L’importance du geste en technologie (Bril et Roux, 2002) a une nouvelle fois été soulignée. Un geste acquis est difficile à adapter lorsque l’on change d’outil et aura une influence sur l’efficacité de coupe.

Après l’opérateur, c’est la matière première des inserts d’une faucille qui a le plus d’influence sur l’efficacité. Nous avons ainsi pu montrer que le silex a des qualités de coupe supérieure à l’obsidienne dans le cadre de cette activité. Notre documentation archéologique au Proche-Orient est à l’heure actuelle constituée uniquement de « lames-faucilles » et d’« inserts de faucille » en silex. Les usures produites lors de la moisson ne sont pas, sur obsidienne, perceptibles à l’œil nu, et les analyses fonctionnelles sur les assemblages en verre volcanique ne font que commencer. La complémentarité possible entre inserts de faucille en silex et en obsidienne sera à examiner au cas par cas car elle peut révéler différentes traditions dans la fabrication des faucilles. Nous ne prendrons ici que deux exemples. Des éléments de faucille en obsidienne portant une usure longitudinale ont été identifiés à proximité des sources d’obsidienne de Cappadoce à Aşıklı Höyük (Anderson, 1996; Astruc, 2011d) mais aussi à Shillourokambos (phase ancienne B) à Chypre au VIII<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. (Astruc, 2011c). Dans le premier cas, la moisson de céréales est très bien représentée dans un contexte où l’obsidienne, locale, représente l’essentiel du matériel (le silex correspond à moins de 0,1 %). Dans le second cas, elle est très majoritairement représentée par des inserts en silex, des lamelles débitées sur tranche d’éclats, emmanchées en épi (Guilaine *et al.*, 2011) et les seuls inserts portant une usure longitudinale sont des lamelles très exceptionnelles (deux spécimens identifiés) en obsidienne débitées par pression provenant de Cappadoce : des faucilles composites relevant de deux traditions distinctes sont donc attestées dans la phase ancienne B de Shillourokambos). On constate, en outre, pour la phase ancienne A

et les phases moyenne et récente du même site, l'emploi exclusif de faucille à emmanchement longitudinal en silex.

Plusieurs commentaires peuvent être faits à propos des trois étapes majeures dans l'évolution des faucilles identifiées entre 12000 et 7000 avant J.-C. Dès les premières expériences agricoles, des manches à inserts multiples emmanchés longitudinalement (étape 1) apportent une efficacité importante lors de la moisson et cela même si les manches sont droits. L'augmentation progressive au cours du PPNB de la courbure du manche (étape 2) est une évolution importante car elle a un rôle non négligeable sur la cadence et sur le geste du moissonneur. Une courbure du manche associée avec une longueur de tranchant suffisante (d'au moins 20 cm) réduit le nombre de coups de faucille donnés et facilite la coupe par l'emploi d'un geste qui permet de rassembler un nombre de tiges important. Notre expérimentation montre bien que les caractéristiques de la faucille de Halula sont plus favorables à la coupe que celle de Nahal Hemar. Enfin, nous avons démontré qu'un manche courbe et des inserts emmanchés en épi assurent la meilleure efficacité (étape 3). Or, les faucilles constituées d'un manche courbe à insertion oblique se généralisent au Levant nord à partir du PPNB récent, de l'Oronte à l'ouest au Sinjar à l'est au moment de la généralisation massive de l'agriculture.

Le modèle que nous venons de présenter paraît donc fonctionner pour la région concernée: l'évolution des faucilles en Syrie du Nord est liée à une recherche d'efficacité de l'outil, mais, sans doute pas seulement à cela. Au PPNB récent, l'adoption des faucilles courbes à insertion oblique dans une aire géographique si large n'est pas seulement liée à une recherche d'efficacité des faucilles, à l'exploitation de céréales domestiques, à l'organisation de la moisson, du traitement des produits primaires et secondaires qui en sont issus et de leur stockage. Elle est liée à une modification profonde des sociétés néolithiques à la fin du VIII<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., à des changements importants dans la spécialisation technique des productions lithiques, à une réorganisation des activités au sein des communautés et dans la participation de ces dernières dans les réseaux d'échange (Astruc et Russel, sous presse). Tout ceci démontre que les modifications apportées aux outils agricoles ne peuvent être interprétées sans examiner en détail le contexte sociétal dans lesquels ils apparaissent. Ce constat vaut d'ailleurs pour les faucilles,

comme pour les houes (Ibañez *et al.*, 1998) et le *tribulum* (Anderson, 2006). Le modèle fonctionne en outre peut-être dans cette région mais il n'est pas nécessairement exportable. À Chypre, par exemple, de la fin du IX<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. au V<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., du Néolithique acéramique à la Culture de Sotira, les faucilles composites appartiennent très majoritairement à la tradition à insertion longitudinale (Guilaine *et al.*, 2011 ; Astruc, 2002). Or, pendant un laps de temps relativement court au VIII<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., des faucilles à insertion oblique ont été reconnues (*supra*, phase ancienne B : Briois, 2011 ; Mac Cartney et Todd, 2005). Traditions, emprunts et transferts techniques ont ici sans doute une influence bien plus importante qu'une quelconque recherche d'efficacité. ■

**Remerciements :** Ce travail a été effectué dans le cadre du programme blanc de l'Agence nationale de la recherche « Obsidians, Technical and Social practices in Anatolia » (ANR-08-BLAN-0318-CD9) dirigé par L. Astruc (CNRS, IFEA, Istanbul). Ce programme s'effectue en collaboration avec le département de Préhistoire de l'université d'Istanbul et le Laboratoire de tribologie et de dynamique des surfaces de l'École centrale de Lyon. L'expérimentation a été conduite à Aşıklı Höyük (Istanbul University Research Fund, projet n° : 3343, 6647, 15794) avec la permission du département de la Culture et des Musées du ministère de la Culture. Nous remercions l'ensemble de ces institutions. L'expérimentation n'aurait pas été possible sans le soutien de M. Özbaşaran et l'aide des habitants du village de Kızılkaya et des membres de la fouille d'Aşıklı Höyük. Nos remerciements vont en particulier à N. Kayan, Y. Dede, Y. Kocayaz et G. Duru. Nous devons également remercier F. Borrell, J. Ibañez Estevez et M. Molist qui nous ont gracieusement fourni les matières premières. Les collections expérimentales de l'« Obsidian Use Project » qui ont trait à la taille ont été mises à disposition des étudiants de l'université d'Istanbul. Ils comportent, outre le référentiel de la moisson, une collection de référence inédite et de premier ordre pour la distinction des stigmates de taille par percussion indirecte, par pression et par percussion à la pierre tendre mise en place par J. Pelegrin qui devrait faire l'objet d'une publication par les membres de l'OUP. Rozalia Christidou doit ici être remerciée pour l'attention qu'elle a bien voulu porter à la relecture de cet article.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON P. C. (1983) – A Consideration of the Uses of Certain Backed and "Lusted" Stone Tools from Late Mesolithic and Natufian Levels of Abu Hureyra and Mureybet, Syria, in M.-C. Cauvin (dir.), *Traces d'utilisation sur les outils néolithiques du Proche-Orient*, actes de la table ronde (Lyon, juin 1982), Lyon, Maison de l'Orient méditerranéen (TMO, 5), p. 77-98.

ANDERSON P. C. (1988) – Using Prehistoric Stone Tools to Harvest Cultivated Wild Cereals: Preliminary Observations of Traces and Impact, in S. Beyries (dir.), *Industries lithiques : tracéologie et technologie*, Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports, International Series 411), p. 175-195.

ANDERSON P. C. (1991) – Harvesting of Wild Cereals during the Natufian as Seen from Experimental Cultivation and Harvest of Wild Einkorn Wheat and Microwear Analysis of Stone Tools, in O. Bar Yosef et F. R. Valla (dir.), *The Natufian Culture in the Levant*, Ann Arbor (Mich.), International Monographs in Prehistory (Archaeology Series, 1), p. 521-556.

ANDERSON P. C. (1996) – Functional Interpretation of Obsidian Tools from Aşıklı Höyük (Pre Pottery Neolithic, Central Anatolia): Microscopic and Experimental Data, *Poster presented at XVII. Kazı, Araştırma ve Arkeometri Toplantısı*, Ankara.

- ANDERSON P. C. (1999) – Experimental Cultivation, Harvest and Threshing of Wild Cereals. Their Relevance for Interpreting the Use of Epipalaeolithic and Neolithic Artifacts, in P. Anderson (dir.), *Prehistory of Agriculture. New Experimental and Ethnographic Approaches*, Los Angeles, University of California, Institute of Archaeology (Monograph, 40), chap. 12, p. 118-139.
- ANDERSON P. C. (2006) – Premiers tribulums, premières tractions animales au Proche-Orient vers 8000-7500 BP?, in P. Pétrequin et R.-M. Arbogast (dir.), *De l'araire au chariot. Premières tractions animales en Europe occidentale du Néolithique à l'âge du Bronze moyen*, actes de la table ronde internationale (Le Frasnais, Jura, 12-15 juin 2002), Paris, CNRS (Monographies du CRA, 29), p. 299-316.
- ANDERSON P. C., VALLA F. (1996) – Glossed Tools from Hayonim Terrace: Blank Choice and Functional Tendencies, in S. K. Kozłowski et H. G. K. Gebel (dir.), *Neolithic Chipped Stone Industries of the Fertile Crescent, and their Contemporaries in Adjacent Regions*, Berlin, Ex oriente (Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment, 3), p. 341-362.
- ARIMURA M. (2007) – *Néolithisation de la Syrie du Nord-Ouest. L'évolution des industries lithiques à Tell Ain El-Kerkh (bassin du Rouj, 8500-6000 cal. BC)*, thèse de doctorat, université Lumière Lyon 2, 606 p.
- ASTRUC L. (2002) – *L'outillage lithique taillé de Khirokitia. Analyse fonctionnelle et spatiale*, Paris, CNRS (Monographies du CRA, 25), 250 p.
- ASTRUC L. (2004) – Des pointes de flèche aux faucilles. Mutations économiques et sociales au VIII<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. en Méditerranée orientale : l'exemple de la vallée du Balikh (Syrie du Nord), *Annales de la fondation Fyssen*, 18, p. 69-77.
- ASTRUC L. (2011a) – Points and Glossed Pieces from Tell Sabi Abyad II and Tell Damishliyya, (Balikh Valley, Djezireh): a View from Use-Wear Analysis, in E. Healey, S. Campbell et O. Maeda (dir.), *The State of the Stone Terminologies, Continuities and Contexts in Near Eastern Lithics*, actes de la 6<sup>e</sup> PPN Conference on Chipped and Ground Stone Artefacts in the Near East (Manchester, 3-5 mars 2008) et du 4<sup>e</sup> PPN Workshop on Chipped Lithic Industries (Niğde, Cappadoce, 4-8 juin 2001), Berlin, Ex oriente (Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment, 13), p. 465-473.
- ASTRUC L. (2011b) – A Note on the Complexity of Lithic Assemblages, in E. Healey, S. Campbell et O. Maeda (dir.), *The State of the Stone Terminologies, Continuities and Contexts in Near Eastern Lithics*, actes de la 6<sup>e</sup> PPN Conference on Chipped and Ground Stone Artefacts in the Near East (Manchester, 3-5 mars 2008) et du 4<sup>e</sup> PPN Workshop on Chipped Lithic Industries (Niğde, Cappadoce, 4-8 juin 2001), Berlin, Ex oriente (Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment, 13), p. 257-263.
- ASTRUC L. (2011c) – Du Gollüdağ à Shillourokambos : de l'utilisation d'obsidiennes anatoliennes en contexte insulaire, in J. Guilaine, F. Briois et J.-D. Vigne (dir.), *Shillourokambos, un établissement néolithique pré-céramique à Chypre. Les fouilles du secteur 1*, Paris, Errance et École française d'Athènes, p. 727-744.
- ASTRUC L. (2011d) – Aşıklı Höyük, IXth Millennium cal. BC: the Lithic Industry, présentation orale au XXXIII. Kazı, Araştırma ve Arkeometri Toplantısı, Malatya (Turquie).
- ASTRUC L., RUSSEL A., sous presse – Trends in Early Pottery Neolithic Projectiles and Wild Fauna Exploitation at Tell Sabi Abyad I, Northern Syria, in O.P. Nieuwenhuys, R. Bernbeck, J. Rogasch et P. P. M. G. Akkermans (dir.), *Interpreting the Late Neolithic of Upper Mesopotamia*, Turnhout, Brepols (Palma Series).
- BAR YOSEF O. (1998) – The Natufian Culture in the Levant, Threshold to the Origins of Agriculture, *Evolutionary Anthropology*, 6, 5, p. 159-177.
- BAR YOSEF O., BELFER-COHEN A. (2002) – Facing Environmental crisis, in R. T. J. Cappers et S. Bottema (dir.), *The Dawn of Farming in the Near East*, Berlin, Ex oriente (Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment, 6), p. 55-66.
- BORRELL F., MOLIST M. (2007) – Projectile Points, Sickle Blades and Glossed Points. Tools and Hafting Systems at Tell Halula (Syria) during the VIIIth Millennium cal. BC, *Paléorient* 33, 2, p. 59-77.
- BRIL B., ROUX V. (2002) – *Le geste technique : réflexions méthodologiques et anthropologiques*, Ramonville-Saint-Agne, Ères = *Revue d'anthropologie des connaissances, technologies, idéologies, pratiques*, 14, 2, 309 p.
- BRIOIS F. (2011) – Les industries lithiques du Néolithique pré-céramique, in J. Guilaine, F. Briois et J.-D. Vigne (dir.), *Shillourokambos, un établissement néolithique pré-céramique à Chypre. Les fouilles du secteur 1*, Paris, Errance et École française d'Athènes, p. 663-719.
- CAUVIN M.-C. (1983) – Les faucilles préhistoriques du Proche-Orient. Données morphologiques et fonctionnelles, *Paléorient*, 9, 1, p. 63-79.
- CAUVIN M.-C., dir. (1983) – *Traces d'utilisation sur les outils néolithiques du Proche-Orient*, actes de la table ronde du CNRS (Lyon, 8-10 juin 1982), Lyon, Maison de l'Orient méditerranéen (TMO, 5), 274 p.
- COLLEDGE S. (2001) – *Plant Exploitation on Epipalaeolithic and Early Neolithic Sites in the Levant*, Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports, International Series 986), 268 p.
- COLLEDGE S., CONOLLY J., dir. (2007) – *The Origins and Spread of Domestic Crops in Southwest Asia and Europe*, Walnut Creek, California Left Coast Press, 448 p.
- COLLEDGE S., CONOLLY J. (2010) – Reassessing the Evidence for the Cultivation of Wild Crops during the Younger Dryas at Tell Abu Hureyra, Syria, *Environmental Archaeology* 15, 2, p. 124-138.
- COLLEDGE S., CONOLLY J., SHENNAN S. (2004) – Archaeobotanical Evidence for the Spread of Farming in the Eastern Mediterranean, *Current Anthropology*, 45, p. 35-58.
- EDWARDS P. C. (2007) – A 14,000 Year-Old Hunter-Gatherer's Toolkit, *Antiquity*, 81, p. 865-876.
- GARROD D. A. E. (1932) – A New Mesolithic Industry: the Natufian of Palestine, *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 62, p. 257-269.
- GROSMAN L., ASHKENAZY H., BELFER-COHEN A. (2005) – The Natufian Occupation of Nahal Oren, Mt. Carmel, Israel: The Lithic Evidence, *Paléorient*, 31, 2, p. 5-26.
- GUILAINE J., BRIOIS F., VIGNE J.-D., dir. (2011) – *Shillourokambos, un établissement néolithique pré-céramique à Chypre. Les fouilles du secteur 1*, Paris, Errance et École française d'Athènes, 1248 p.
- HELMER D. (1983) – Les faucilles et les gestes de la moisson, in M.-C. Cauvin (dir.), *Traces d'utilisation sur les outils néolithiques du Proche-Orient*, actes de la table ronde du CNRS (Lyon, 8-10 juin 1982), Lyon, Maison de l'Orient méditerranéen (TMO, 5), p. 189-198.
- HILLMAN G., DAVIES S. (1990) – Measured Domestication Rates in Wild Wheat and Barley under Primitive Cultivation, and their Archaeological Implications, *Journal of World Prehistory*, 4, p. 157-219.
- IBAÑEZ J. J., GONZALEZ J. E., PALOMO A., FERRER A. (1998) – Pre-Pottery Neolithic A and Pre-Pottery Neolithic B Lithic Agricultural Tools on the Middle Euphrates: the Sites of Tell Mureybet and Tell Halula, in A. B. Damania, J. Valkoun, G. Willcox et C. O. Qualset (dir.), *The Origins of Agriculture and Crop Domestication*, actes du Harlan Symposium (Alep, 10-14 mai 1997), Alep, ICARD, p. 132-144.
- IBAÑEZ J., dir. (2008) – *Le site néolithique de Tell Mureybet (Syrie du Nord), en hommage à Jacques Cauvin*, Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports, International Series 1843), 731 p.
- MAC CARTNEY C., TODD I. (2005) – Tenta Chipped Stone Report, in I. Todd (dir.), *Vasilikos Valley Project 7: Excavations at Kalavassos-Tenta 2*, Savedalen, Paul Astroms (Studies in Mediterranean Archaeology, 71.7), p. 177-264.
- MOORE A. M. T., HILLMAN G. C., LEGGE A. J. (2000) – *Village on the Euphrates: from Foraging to Farming at Abu Hureyra*, New York, Oxford University Press, 608 p.
- NEUVILLE R. (1951) – *Le Paléolithique et le Mésolithique du désert de Judée*, Paris, Masson (Archives de l'Institut de paléontologie humaine, mémoire 24), 270 p.

NISHIAKI Y. (2000) – *Lithic Technology of Neolithic Syria*, Oxford, Archaeopress, 241 p.

NISHIAKI Y. (2007) – Patterns of Flint Exploitation and Use at the Neolithic Settlement of Tell Seker al-Aheimar, Northeast Syria, in C. Delage (dir.), *Chert Availability and Prehistoric Exploitation in the Near East*, Oxford, John and Erica Hedges (British Archaeological Reports, International Series 1615), p. 87-103.

ÖZKAN H., WILLCOX G., GRANER A., SALAMINI F., KILIAN B. (2011) – Geographic Distribution and Domestication of Wild Emmer Wheat (*Triticum dicoccoides*), *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58, 1, p. 11-53.

PAILLET A. (1995) – *Archéologie de l'agriculture en Bourbonnais : paysages, outillages et travaux agricoles de la fin du Moyen Âge à l'époque industrielle*, Nonette, Éditions Créer, 340 p.

STORDEUR D., dir. (1987) – *La main et l'outil. Manches et emmanchements préhistoriques*, actes de la table ronde du CNRS (Lyon, novembre 1984), Lyon, Maison de l'Orient méditerranéen (TMO, 15), 336 p.

TANNO K., WILLCOX G. (2006) – How fast was Wild Wheat Domesticated?, *Science*, 311, p. 1886.

TURVILLE-PETRE F. (1932) – Excavations in the Mugharet el-Kebarah, *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 62, p. 271-276.

UNGER-HAMILTON R. (1989) – The Epi-Paleolithic of Southern Levant and the Origins of Cultivation, *Current Anthropology*, 30, p. 88-103.

UNGER-HAMILTON R. (1991) – Natufian Plant Husbandry in the Southern Levant and Comparison with that of the Neolithic Periods: the Lithic Perspective, in O. Bar Yosef et F. R. Valla (dir.), *The Natufian Culture in the Levant*, Ann Arbor (Mich.), International Monographs in Prehistory (Archaeology Series, 1), p. 521-556.

WILLCOX G. (2002) – Geographical Variation in Major Cereal Components and Evidence for Independent Domestication Events in the Western Asia, in R. T. J. Cappers et S. Bottema, (dir.), *The Dawn of Farming in the Near East*, Berlin, Ex oriente (Studies in Near Eastern Production, Subsistence and Environment, 6), p. 133-140.

WILLCOX G. (2008) – Nouvelles données archéobotaniques de Mureybet et la néolithisation du moyen Euphrate, in J. Ibañez (dir.), *Le site néolithique de Tell Mureybet (Syrie du Nord), en hommage à Jacques Cauvin*, Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports, International Series 1843), p. 103-114.

WILLCOX G. (2009) – Gordon Hillman's Pioneering Influence on Near Eastern Archaeobotany, a Personal Appraisal, in A. Fairbairn et E. Weiss (dir.), *From Foragers to Farmers, Papers in Honour of Gordon C. Hillman*, Oxford, Oxbow Books, p. 15-18.

WILLCOX G., BUXO R., HERVEUX L. (2009) – Late Pleistocene and Early Holocene Climate and the Beginnings of Cultivation in Northern Syria, *The Holocene*, 19, 1, p. 151-158.

WILLCOX G., ROITEL V. (1998) – Rapport archéobotanique préliminaire de trois sites précéramiques du moyen Euphrate (Syria), *Cahiers de l'Euphrate*, 8, p. 65-84.

---

**Laurence ASTRUC**

USR 3131, Institut français d'études anatoliennes  
Nuru Ziya Sokak, 10 P.K. 54  
34433 Beyoğlu, Istanbul, Turquie  
laurence.astruc@laposte.net

**Mohamed BEN TKAYA**

UMR 5513, Laboratoire de tribologie et  
dynamique des systèmes, Université de Lyon,  
École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne,  
École centrale de Lyon  
36, avenue Guy-de-Collongue, 69131 Écully  
Mohamed.Ben-Tkaya@ec-lyon.fr

**Loïc TORCHY**

UMR 5608 « TRACES »  
Université de Toulouse – Le Mirail,  
Maison de la Recherche  
5, allées Antonio-Machado  
31058 Toulouse cedex 9  
l.torchy@laposte.net

**Christophe BONTEMPS**

Résidence Cours du Parc  
45, cours du Parc, 21000 Dijon  
bontemps.c@wanadoo.fr

**Stéphane DUCRET**

TRACEDGE, Cercle des Officiers  
13, place de Verdun, BP 284  
38009 Grenoble cedex 1  
stephane.ducret@tracedge.com

**Ciler ALTINBILEK, Semra BALCI,**

**Nurcan KAYACAN, Nejlâ KURT,**

**Olgac ORAL, Özgür TOPRAK,**

**Mihriban ÖZBAŞARAN**

Istanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi  
Arkeoloji Bölümü, Prehistorya Anabilim Dalı  
Ordu Cadesi, Laleli  
34134 Fatih, Istanbul, Turquie  
cileraltinbilek@gmail.com  
semra\_yildirim@yahoo.com  
nurcan\_kayacan@yahoo.com  
nejkurt@gmail.com  
olgac69@hotmail.com  
ozgurtoprak07@gmail.com  
ozbasaran.mihriban@gmail.com

**Bernard GASSIN**

UMR 6130 « CEPAM »  
Université de Nice - Sophia Antipolis  
24, avenue des Diables-Bleus  
06357 Nice cedex 4  
bgassin@libertysurf.fr

**K. KAYAN**

Kızılkaya, Gülağaç  
Aksaray, Turquie

**Jacques PELEGRIN**

UMR 7055 « Préhistoire et Technologie »  
Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie  
21, allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex  
jacques.pelegrin@mae.u-paris10.fr

**Amelia RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Departamento de Ciencias Históricas  
35001, Las Palmas de Gran Canaria, Espagne  
arodriguez@dch.ulpgc.es