Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris

Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris

16 (1-2) (2004)
2004(1-2)

L. Bouchneb et B. Maureille

Sillons d'usure interproximaux : reproduction expérimentale, analyse et application des résultats aux observations sur la lignée néandertalienne

Avertissement
Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.
Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.
Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique
L. Bouchneb et B. Maureille, « Sillons d'usure interproximaux : reproduction expérimentale, analyse et application des résultats aux observations sur la lignée néandertalienne », *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* [En ligne], 16 (1-2) | 2004, mis en ligne le 05 mai 2008, Consulté le 10 octobre 2012. URL : http://bmsap.revues.org/821

Éditeur : Société d'anthropologie de Paris
http://bmsap.revues.org
http://www.revues.org

Document accessible en ligne sur : http://bmsap.revues.org/821
Ce document est le fac-similé de l'édition papier.
© Société d'anthropologie de Paris

Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris, n.s., t. 16, 2004, 1-2, p. 37-48

SILLONS D'USURE INTERPROXIMAUX : REPRODUCTION EXPÉRIMENTALE, ANALYSE ET APPLICATION DES RÉSULTATS AUX OBSERVATIONS SUR LA LIGNÉE NÉANDERTALIENNE

INTERPROXIMAL GROOVES ON TEETH: EXPERIMENTAL REPRODUCTION, SEM ANALYSIS AND APPLICATION OF THE RESULTS TO OBSERVATIONS ON NEANDERTHAL LINEAGE

Linda BOUCHNEB [1], Bruno MAUREILLE [1]

RÉSUMÉ

Dès 1911, Siffre observe pour la première fois, sur les faces proximales des molaires mandibulaires gauches du Néandertalien La Quina H5, une perte de substance dentaire sous forme d'une « gouttière » creusée au niveau du collet. En raison d'observations identiques sur un homme actuel, il propose que ces sillons soient le résultat de l'utilisation d'un cure-dent visant à éliminer des particules alimentaires qui se coincent au niveau de l'espace inter-dentaire. Depuis de très nombreux auteurs ont également observé ce type d'usure au sein de divers taxons fossiles, le plus ancien étant considéré comme un « *early Homo* ». Différentes étiologies ont été proposées pour expliquer l'existence de cette perte de substance dentaire, mais on peut actuellement considérer qu'il existe un consensus sur l'utilisation de cure-dent. Néanmoins, à ce jour, personne n'a tenté de reproduire expérimentalement ce type d'usure. À partir de prémolaires d'hommes actuels et de différents matériaux (os et bois de renne non fossile, buis et tendon de veau), utilisés avec et sans particules abrasives, nous avons tenté de reproduire au niveau du collet des dents, des sillons dont les caractéristiques seraient proches de celles décrites sur les dents fossiles présentant des usures de type « en cure-dent ». Avec presque tous les matériaux utilisés, en présence ou non de particules minérales, nous avons réussi à reproduire de tels stigmates. De plus, ces pertes de substance dentaire sont très proches quelle que soit la nature de l'objet faisant office de cure-dent. Une exception, le matériau le plus souple produit des traces qui nous semblent n'avoir jamais été retrouvées chez des fossiles du Paléolithique. L'emploi de matière minérale paraît induire une usure beaucoup plus rapide et des stries dont l'aspect est plus grossier et la profondeur plus importante (étude au microscope électronique à balayage).

À partir de ces résultats, nous discutons les sillons d'usure interproximaux observés chez les membres de la lignée néandertalienne. Il y a une très grande similitude entre ce qui a été décrit chez les fossiles et les sillons obtenus expérimentalement, aussi bien en ce qui concerne leur forme que les stries qui affectent la dépression. Enfin, nos résultats nous permettent de supposer que le cure-dent était un objet occasionnel.

Mots-clés : sillons, usure, abrasion, cure-dent, Néandertalien, MEB.

ABSTRACT

Siffre (1911) was the first to observe, on the left mandibular molars of the La Quina H5 Neandertal, a loss of dental tissues in "gutter" form located at the cemento-enamel junction. By close comparative observations on a living man, he suggested that these grooves were produced by means of a toothpick, for cleaning the food particles accumulated in the interdental space. Since then, several authors have reported interproximal wear grooves in a wide range of fossil hominids, beginning with early Homo*. Various etiologies were proposed to explain the existence of this loss of dental substance, but we may consider that at present there is a consensus on toothpick use. Nevertheless no one has yet attempted to reproduce experimentally this type of tooth wear. This study attempts to reproduce grooves at the*

1. UMR 5199, PACEA, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, Université Bordeaux 1, avenue des Facultés, 334005 Talence CEDEX, France, e-mail : linda.bouchneb@anthropologie.u-bordeaux1.fr ; b.maureille@anthropologie.u-bordeaux1.fr

cement/enamel junction of human premolars using various materials (reindeer bone and antler, calf sinew and wood) with and without abrasive particles. These grooves must be close in appearance to the typical toothpick wear generally described in the literature for fossil teeth. Almost all the materials employed for the experiment, with or without abrasives, produced such grooves. Moreover, they are very close morphologically whatever the nature of the object used as a toothpick. However there is an exception: the flexible material produced marks that we have never seen on Paleolithic fossils. The use of mineral particles appears to increase the speed of wear and to produce deeper scratches.

With these experimental results we discuss the interproximal wear grooves observed on teeth of members of Neanderthal lineage. The macro- and microscopic morphology of these experimental grooves is similar to that reported for fossil hominids. Our results thus enable us to suggest that tooth-picks were occasional objects.

Keywords: *grooves, wear, abrasion, toothpick, Neanderthal, SEM.*

INTRODUCTION

La présence de sillons interproximaux est signalée par de nombreux auteurs et pour différents taxons depuis *early Homo* jusqu'aux hommes actuels (Siffre 1911 ; Weidenreich 1937 ; Patte 1941 ; Ubelaker *et al*. 1969 ; Molnar 1972 ; Wallace 1974 ; Berryman *et al.* 1979 ; Bermudez de Castro, Arsuaga 1983 ; Frayer, Russel 1987 ; Formicola 1988 ; Lukacs, Pastor 1988 ; Brown, Molnar 1990 ; Brown 1991 ; Formicola 1991 ; Frayer 1991 ; Billard 1996 ; Ravy *et al.* 1996 ; Bermudez de Castro *et al.* 1997 ; Couture *et al.* 1999). Toutefois, d'après les données publiées, on peut noter deux exceptions : les Australopithèques *sensus lato* et les hommes anatomiquement modernes du Paléolithique moyen, les cas les plus nombreux ayant été décrits au sein de la lignée néandertalienne (Siffre 1911 ; Frayer, Russel 1987 ; Bermudez de Castro *et al.* 1997 par exemple).

De nombreuses hypothèses ont été évoquées quant aux facteurs étiologiques ayant engendré ces sillons. Entre autres, pour Brothwell (1963), la nature des dents affectées, l'apparence et la localisation des sillons ainsi que leur surface lisse semblent correspondre à une érosion chimique *ante mortem*. Weidenreich (1937) avait préalablement émis une hypothèse semblable. Wallace (1974) considère quant à lui que cette usure résulterait du passage entre les dents de particules solides lors de la phase de déglutition. Cette conception étiologique est critiquée d'une manière générale. Par la suite, Brown et Molnar (1990) interprètent les sillons interproximaux présents sur la denture d'aborigènes australiens comme étant la conséquence de la pratique d'activités de façonnage d'objets. En effet, d'après ces auteurs, l'utilisation de la bouche comme une « troisième main » (Molnar 1972) pour le traitement mécanique de tendons de marsupiaux serait à l'origine de la formation des sillons abrasifs sur les dents jugales des Naarinyeris. Néanmoins, l'utilisation d'un objet plus ou moins rigide passant dans l'espace interdentaire est l'hypothèse la plus souvent retenue. C'est Siffre (1911) qui, au cours de l'étude des molaires du Néandertalien La Quina H5, évoque pour la première fois l'utilisation d'un cure-dent. Cette hypothèse est reprise plus tard par de nombreux auteurs, la friction avec un objet dur étant une action à visée hygiénique et/ou thérapeutique, consistant à éliminer les aliments accumulés au niveau de l'espace interdentaire ou à soulager la douleur ou la gêne causées par des pathologies dentaires telles les caries et la résorption alvéolaire (Siffre 1911 ; Ubelaker *et al.* 1969 ; Berryman *et al.* 1979 ; Bermudez de Castro, Arsuaga 1983 ; Eckhardt, Piermarini 1988 ; Lukacs, Pastor 1988 ; Frayer 1991 ; Ungar *et al.* 2001). Une action répétée d'ordre individuelle à valeur « psychonévrotique » ou symbolique a également été avancée par Formicola (1988). Ce dernier appuye son raisonnement sur l'absence de pathologie carieuse ou osseuse sur la denture d'individus du Paléolithique supérieur d'une des grottes de Grimaldi. Notons aussi que Lebel *et al.* (2001) décrivent ce trait comme anecdotique sur une dent pré-néandertalienne du Bau-de-L'Aubesier.

Les auteurs envisagent donc des étiologies variées et nombreuses, il semble néanmoins que l'utilisation d'un cure-dent est la plus fréquemment retenue. Quant à la nature du matériel utilisé pour produire une telle usure, peu de suggestions ont été avancées. Néanmoins les auteurs évoquent essentiellement trois types de matériaux : l'os, les tendons d'animaux et le bois végétal (Martin 1923 ; Bermudez de Castro, Arsuaga 1983 ; Puech, Cianfarani 1988 ; Brown, Molnar 1990 ; Billard 1996). En fonction des caractéristiques morphologiques des sillons observés sur les faces proximales des dents, des hypothèses présentant des similitudes ont été avancées relativement à la forme et à la dureté de l'instrument employé. Siffre (1911) publie une description sommaire d'un « *objet pointu et assez aigu pour ne creuser qu'un mm à sa pointe, et assez dur pour entamer un tissu dentaire comme l'émail* ». Ubelaker *et al.* (1969),

émettent également l'idée d'un « *cylindrical instrument* », puis Bermudez de Castro et Pérez (1986), suggèrent qu'il s'agit d'un « *hard object acting as a tooth-pick* », par la suite Bermudez de Castro *et al.* (1997) décrivent cet objet hypothétique comme étant : « *thin, hard, and inflexible (or semi-rigid)* ».

Pour essayer de préciser la nature de l'objet utilisé dans le cadre de cette hypothèse, nous avons tenté de reproduire expérimentalement, à l'aide de divers matériaux, sur les faces mésiale et distale de dents jugales, des sillons d'usure interproximaux proches de ceux décrits dans la littérature. Puis nous avons confronté nos résultats aux différentes observations effectuées au sein de la lignée néandertalienne.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

L'échantillon dentaire dont nous disposons est constitué de quatre premières prémolaires maxillaires non fossiles. Les dents sont saines, elles avaient été extraites en vue d'un traitement orthodontique. Il est évident que nous ne pouvions pas utiliser du matériel ancien ou fossile du fait d'une part du caractère destructif de notre expérimentation et, d'autre part, des transformations de la structure de la dent et de ses caractéristiques physico-chimiques, en raison de l'évolution taphonomique de tout vestige enfoui (apparition de micro-fractures de la couronne, etc.). Préalablement à la production expérimentale de l'abrasion, les organes dentaires ont fait l'objet d'observations, à la loupe binoculaire et au microscope électronique à balayage, afin de vérifier la présence éventuelle d'anomalies (stries, usures, fractures…) sur les faces proximales. Toutes les pièces utilisées étaient parfaitement intactes.

Les matériaux que nous avons sélectionnés pour produire les usures sont les suivants : de l'os long de renne (*Rangifer tarandus*) dans lequel nous avons débité des esquilles d'approximativement 3 mm d'épaisseur, du bois de renne à partir duquel nous avons façonné des baguettes effilées de section arrondie dont le diamètre est d'environ 3,2 mm, du bois végétal, plus précisément du buis (*Buxus sempervirens*), dont nous avons sélectionné de fins rameaux (2 mm) de flexibilité réduite et des lanières de tendon de bovidé d'environ 1,5 mm d'épaisseur.

Méthodes

L'expérience que nous avons menée en 2001 (Bouchneb, Maureille 2002) visait à reproduire une abrasion des tissus dentaires de type « en cure-dent », avec des outils de diverses natures. Le choix de ces différents matériaux s'est inspiré des suggestions faites par les auteurs quant à la nature du matériel abrasif employé par les préhistoriques pour produire de tels sillons (Martin 1923 ; Schultz 1977 ; Bermudez de Castro, Arsuaga 1983 ; Brown, Molnar 1990 ; Brown 1991 ; Billard 1996). De même nous avons tenté de nous « ajuster » dans nos choix aux matières premières qui pouvaient être utilisées par les hommes préhistoriques et plus spécialement ceux du Paléolithique. Nous reviendrons plus loin sur une étude voisine de la nôtre, Hlusko (2003), qui a réalisé expérimentalement un sillon d'usure interproximal à l'aide de tiges de graminées.

Différents auteurs ont également souligné le rôle non négligeable joué par de fines particules dures dans la production de l'abrasion (Wallace 1974 ; Schultz 1977 ; Berryman *et al.* 1979 ; Bermudez de Castro, Arsuaga 1983). Pour remplir cette fonction, nous avons utilisé du limon provenant d'une source d'eau potable de la vallée du Moustier en Périgord. Nous avons réalisé une séparation des différentes séquences granulométriques et la fraction que nous allons utiliser, au cours de nos expérimentations, est composée de particules dont le diamètre est compris entre 0,05 et 63 µm, sachant qu'actuellement, il existe dans le commerce des filtres anti-impuretés destinés à un usage domestique, dont la maille est de 50 µm. Les particules que nous allons utiliser sont, par conséquent, peu différentes de celles que l'on peut trouver dans l'eau que l'on consomme encore d'ordinaire lorsque l'on utilise ce type de filtre.

Nous disposons donc de quatre prémolaires et, pour chacune d'entre-elles, nous avons un matériau abrasif distinct (*tabl. I*). Pour une même dent, deux faces sont usées, l'une à l'aide de l'outil que l'on prendra soin

	Dents		Nature de l'outil utilisé	Eau	Particules
	dénomination	face			
Échantillon 1	P^3 droite	mésiale	Os de renne	+	-
		distale	Os de renne	+	+
	P^3 gauche	mésiale	Bois de renne	+	-
		distale	Bois de renne	+	+
Échantillon 2	P^3 droite	mésiale	Bois végétal	+	-
		distale	Bois végétal	+	+
	P^3 gauche	mésiale	Tendon de bovidé	+	-
		distale	Tendon de bovidé	+	+

Tabl. I- Récapitulatif du protocole expérimental.

Table I—Summary of the experimental protocol.

d'humidifier avec de l'eau. Pour l'autre face, outre l'outil et l'eau, une petite quantité de particules limoneuses est ajoutée, celle-ci est maintenue en suspension de manière à troubler légèrement le liquide et à recouvrir l'objet abrasif trempé.

La salive joue un rôle mécanique et chimique non négligeable, elle agit comme un solvant et un lubrifiant, et son flux est multiplié par trois lors d'une stimulation mécanique (Zolghadri 1994). Il nous semblait donc important de faire intervenir ce paramètre pour être le plus proche possible des conditions du vivant. L'eau représente le liquide qui semble pouvoir se substituer au mieux à la salive. En effet, l'eau représente le constituant pondéral principal de la salive, à raison de 990 ml/l (Zolghadri 1994), et leurs pH ne présentent pas de brusques différences (pH salivaire : 7,2 après stimulation).

L'abrasion a été appliquée manuellement sur les faces proximales des prémolaires, à la jonction amélo-cémentaire, perpendiculairement à l'axe mésio-distal de la dent. Nous avons pris en compte deux paramètres essentiels de la force destructrice (*tabl. II*) : le temps au cours duquel l'abrasion a été exécutée (en minutes) et la fréquence de l'abrasion (nombre de mouvements de va-et-vient par minute). Les différences de fréquence observées sont dues au fait que l'abrasion a été réalisée manuellement et qu'il est difficile de maintenir une vitesse constante. Au fur et à mesure du déroulement de notre expérimentation, nous avons déterminé trois stades d'usure se situant à 10, 15 et 35 mn d'abrasion.

Au terme de chacune des phases d'usure, nous avons réalisé des moulages en silicone (Xantopren® VL plus et Optosil®-Xantopren®) ainsi que des positifs en résine epoxy. Ce sont ces derniers qui ont été observés au microscope électronique à balayage (Hitashi S2500) avec des grossissements compris entre x20 et x300.

RÉSULTATS

Afin de faciliter la lecture des résultats, ceux-ci sont décrits successivement aux différents stades d'abrasion en fonction de la nature du matériel abrasif utilisé pour réaliser l'usure. Le tableau 3 regroupe la totalité des résultats.

	Dents		Outil Utilisé	Force abrasive					
	dénomination	face		Temps (en min)	Fréquence (mouvements/min)	Temps (en min)	Fréquence (mouvements/min)	Temps (en min)	Fréquence (mouvements/min)
Échantillon 1	P^3 droite	mésiale	Os de Renne	10	154	15	177	35	168
		distale		10	164	15	175	-	-
	P^3 gauche	mésiale	Bois de renne	10	151	15	170	35	171
		distale		10	151	15	162	-	-
Échantillon 2	P^3 droite	mésiale	Bois végétal	10	163	15	173	35	172
		distale		10	164	15	171	-	-
	P^3 gauche	mésiale	Tendon de veau	10	155	15	159	35	165
		distale		10	167	15	166	-	-

Tabl. II - Quantification de la force abrasive appliquée aux prémolaires maxillaires.

Table II—Quantification of the abrasive force applied to the upper premolars.

Stade final d'abrasion	Outil abrasif utilisé	Sillon		Stries		Morphologie des sillons	
		Présence	Épaisseur	Présence	Taille	Forme	Extrémités
Stade 2	Os de renne et particules	Oui	+++	Oui	+++	cylindrique	biseautées
	Bois de renne et particules	Oui	+++	Oui	+++	cylindrique	biseautées
	Bois végétal et particules	Oui	++	Oui	++	cylindrique	biseautées
	Tendon de veau et particules	Oui	+	Oui	+	tore	abruptes
Stade 3	Os de renne	Oui	+++	Oui	++	cylindrique	biseautées
	Bois de renne	Oui	++	Oui	++	cylindrique	biseautées
	Bois végétal	Oui	+	Oui	+	cylindrique	biseautées
	Tendon de veau	Non	-	Oui	++	a minima	-

Tabl. III - Caractéristiques des zones abrasées de nos échantillons dentaires, au stade final de l'abrasion.

Table III—Characteristics of the abraded areas of the dental samples, at the final stage of abrasion.

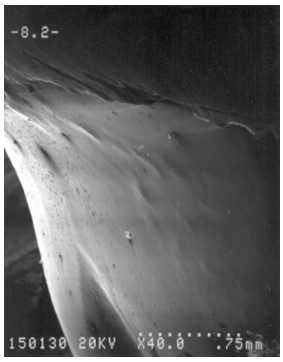
Abrasion réalisée à l'aide du tendon de veau

Pour l'usure effectuée avec le tendon de veau seul, on ne distingue pas de signes d'abrasion à l'œil nu, quel que soit le stade d'usure. Néanmoins, au microscope électronique à balayage (grossissements x20 et x300), dès le premier stade l'usure se présente sous la forme d'une zone de polissage, peu profonde et tapissée de fines stries. Au stade 1 (après 10 mn d'abrasion) les stries sont orientées selon deux axes, par contre pour les stades 2 et 3 (à 15 et 35 mn d'abrasion), les stries ont toutes une direction vestibulo-linguale.

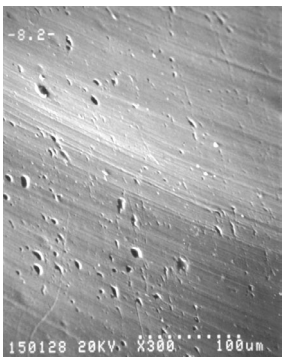
Quand l'abrasion a été réalisée à l'aide du tendon de veau additionné de particules (*fig. 1a, b*), dès le stade 1 la zone abrasée que l'on obtient se distingue de toutes celles produites avec les autres outils, à la fois par sa forme et par son extension. Cette usure a un aspect poli très brillant, elle est peu profonde et s'étend sur la totalité de la face distale, débordant légèrement sur les angles disto-vestibulaire et disto-lingual. Aux grossissements x50 et x300, on distingue nettement des stries parallèles au grand axe de l'usure. Au terme de l'expérience, l'outil a davantage creusé les tissus dentaires, le sillon obtenu adopte parfaitement les formes de la racine, son aspect est comparable au type 3 de la typologie de Ravy *et al.* (1996), avec une forme dérivée du tore (*fig. 2*). La surface du sillon est parcourue de stries plus fines que celles que l'on obtient avec les autres outils.

Fig. 1 - Abrasion réalisée à l'aide du tendon de veau et de particules.
a : face distale au stade 2, vue de profil par l'angle disto-lingual (x20),
b : face distale au stade 2 (x300).

Fig. 1–Abrasion made with calf sinew and mineral particles.
a: distal face at the second stage, in profile view from the disto-lingual angle (x20),
b: distal face at the second stage of wear (x300).



a



b

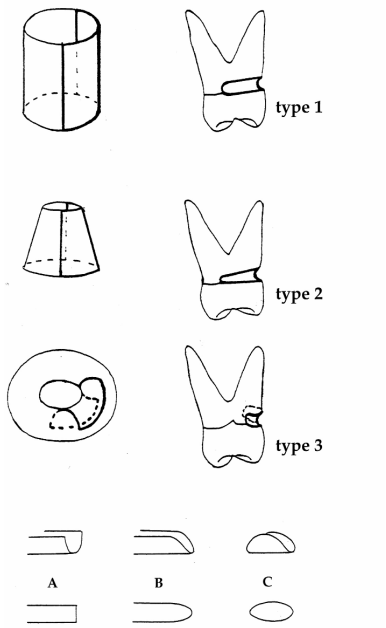


Fig. 2 - Modélisation des types de sillons et d'extrémités, d'après Ravy et al. *(1996).*

Fig. 2—Pattern of different forms of grooves and ends of grooves, according to Ravy et al. *(1996).*

Sillon

Type 0 : la surface dentaire est seulement polie et parcourue d'un faisceau de stries parallèles, sans que l'émail soit véritablement creusé. C'est une usure a minima.

Type 1 : il peut être considéré comme dérivant du cylindre, l'émail et la dentine étant creusés en « gouttière ».

Type 2 : la forme du sillon est considérée comme dérivant du cône, dans ce cas de figure, les bords du sillon ne sont pas parallèles aux stries.

Type 3 : la forme du sillon est dérivée du tore, il est soit régulier (anneau) soit irrégulier.

Extrémités du sillon

Type A : le sillon se termine de manière abrupte.

Type B : l'extrémité du sillon se termine en biseau.

Type C : il n'y a plus de bords parallèles, le sillon est réduit aux deux extrémités, prenant en projection la forme d'une ellipse.

Abrasion réalisée à l'aide de l'os de renne

Dès le premier stade d'usure, lorsque l'outil est utilisé seul, on distingue au collet deux zones d'usure concaves de forme ovalaire, séparées par la dépression racinaire assez marquée. Au grossissement x300, l'usure est tapissée de très fines striations parallèles. Au cours des stades d'abrasion suivants, ces zones d'usure se sont davantage creusées et étendues, la densité des microstries est également plus importante. Au terme du troisième stade d'usure (*fig. 3*), le sillon présente un caractère spécifique, en effet celui-ci présente un « double contour ». Cette particularité est mise en relation avec l'évolution de la surface de l'outil abrasif.

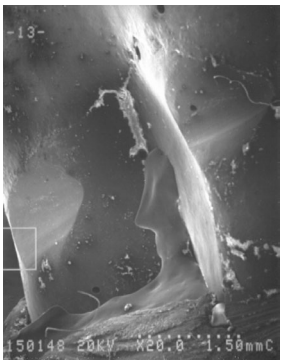


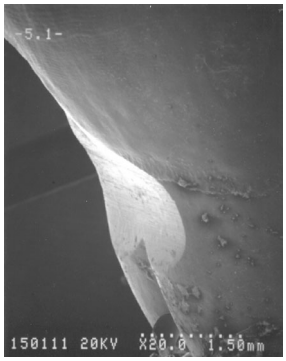
Fig. 3 - Abrasion réalisée à l'aide de l'os de renne. Face mésiale au stade 3 (x20).

Fig. 3—Abrasion made with reindeer bone. Mesial face at the third stage (x20).

Quand l'outil a été imprégné de particules minérales pour procéder à l'abrasion (*fig. 4*), on discerne parfaitement à partir du premier stade un sillon qui s'étend sur la totalité de la paroi racinaire. Ce dernier a un aspect tubulaire et son mode de terminaison est en biseau. Au grossissement x300, le sillon est parcouru de stries très nettes et parallèles, elles sont plus profondes, et leur largeur semble plus importante que lorsque l'os de renne a été utilisé sans la fraction minérale. Au terme de l'abrasion, le sillon est plus prononcé et ses contours sont plus nets.

Fig. 4 - Abrasion réalisée à l'aide de l'os de renne et de particules. Face distale au stade 2 (x20).

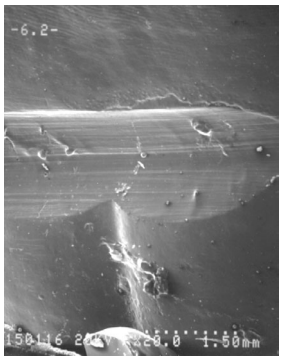
Fig. 4—Abrasion made with reindeer bone and mineral particles. Distal face at the second stage (x20).

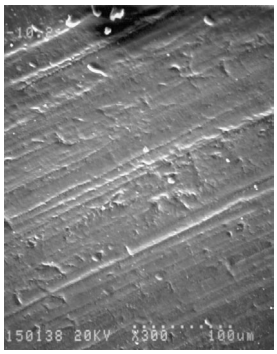


Abrasion réalisée à l'aide du bois de renne

Le bois de renne seul produit une usure dont la forme, la localisation et l'évolution sont identiques à celles de l'abrasion obtenue à l'aide de l'os de renne, c'est-à-dire deux zones abrasées de forme ovalaire dont l'étendue, la profondeur et la densité en micro-stries s'accentuent au fil de l'abrasion.

En présence de particules minérales dans le milieu aqueux, le bois de renne produit, dès le premier stade (*fig. 5a*), un sillon d'usure d'aspect tubulaire qui s'étend sur la quasi-totalité de la face dentaire abrasée. À fort grossissement (*fig. 5a*), la surface du sillon présente des stries parallèles d'apparence beaucoup plus grossière que celles qu'on peut observer avec du bois de renne sans particule et comparable à celle qu'on peut voir avec de l'os de renne et des particules. Cependant ces stries présentent un caractère particulier du fait de leur aspect ondulé. Au stade suivant (*fig. 5b*) le sillon est plus marqué, il prend une allure singulière, il semble se creuser en V. Cet aspect est en rapport avec l'évolution de la surface de l'outil abrasif. Ce dernier avait à l'origine une section arrondie, puis au fil de l'abrasion, on observe une diminution de son diamètre. De même, la face de l'instrument au contact de la dent au cours de l'usure s'est « aiguisée », dégageant ainsi une arête grossièrement aiguë. Au grossissement x300, on voit qu'à ce stade les stries tapissant la surface abrasée ne présentent plus cet aspect ondulé que l'on pouvait observer à la phase précédente.





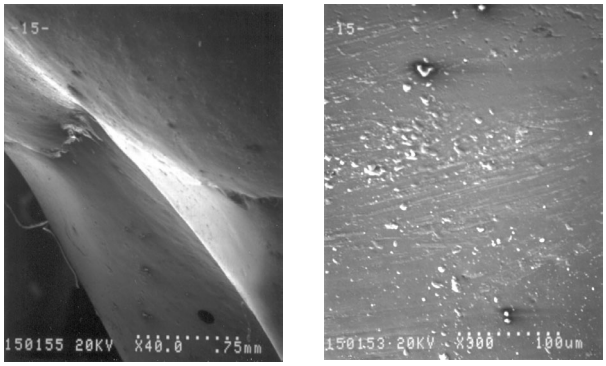
a b

Fig. 5 - Abrasion réalisée à l'aide du bois de renne et de particules.
a : face distale au stade 1 (x300),
b : face distale au stade 2 (x20).

Fig. 5—Abrasion made with reindeer antler and mineral particles.
a: distal face at stage 1 (x300),
b: distal face at stage 2 (x20).

Abrasion réalisée à l'aide du bois végétal

En l'absence de particules (*fig. 6a*), le rameau de buis produit une usure comparable à celle produite par le bois et l'os de renne dans les mêmes conditions, à un moindre degré cependant. À fort grossissement (*fig. 6b*), on remarque de fines stries, orientées dans l'ensemble parallèlement à l'axe vestibulo-lingual ; cependant leur organisation est plus irrégulière que ce que l'on peut observer pour les autres échantillons.

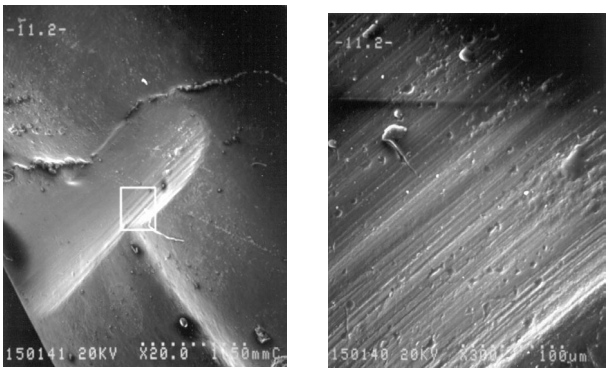


a b

Fig. 6 - Abrasion réalisée à l'aide du bois végétal.
a: face mésiale au stade 3 (x40),
b: face mésiale au stade 3 (x300).

Fig. 6—Abrasion made with wood.
a: distal face at stage 3 (x40),
b: distal face at stage 3 (x300).

Lorsque l'outil est additionné de limon pour produire l'abrasion (*fig. 7a, b*), l'usure prend la forme d'un sillon tubulaire, aux extrémités biseautées, tapissé de stries fines, denses, régulières et parallèles au grand axe du sillon. Cependant, au terme du second stade d'abrasion, on peut noter que le degré d'usure obtenu avec cet outil est inférieur à celui atteint avec les deux autres outils plus rigides, et ce avec ou sans particules.



a b

DISCUSSION

Discussion à propos de l'expérimentation

L'ensemble de ces résultats met en évidence une évolution différentielle de l'usure par abrasion. Ces transformations graduelles et continues sont fonction de la présence ou de l'absence de particules limoneuses, mais également de l'outil abrasif utilisé. D'une façon générale, le matériel abrasif additionné de particules induit une usure beaucoup plus rapide que lorsque l'outil est utilisé seul. Ainsi, à un stade équivalent, les échantillons pour lesquels du limon a été ajouté à l'eau présentent un degré d'usure beaucoup plus avancé que ceux pour lesquels l'eau était dépourvue de toute particule.

La nature de l'outil influe sur l'évolution de la formation des sillons interproximaux à travers deux paramètres essentiels : la morphologie des sillons (*fig. 2*) et la vitesse d'abrasion. En effet, en fonction du matériel abrasif utilisé, la forme des sillons diffère. Nous pouvons rapprocher l'abrasion produite à l'aide de l'os de renne, du bois de renne et du bois végétal. Ces trois matériaux entraînent l'apparition d'un sillon de forme quasiment hémicylindrique, les tissus dentaires étant creusés en « gouttière » dont les extrémités sont biseautées. Par contre, le tendon de bovidé va être à l'origine de la formation d'un sillon prenant schématiquement l'allure d'un tore régulier, épousant les reliefs convexes de la face proximale et des angles qu'elle décrit avec les faces vestibulaire et linguale. Le mode de terminaison du sillon constitue un intermédiaire entre un type en biseau et un type abrupt. En ce qui concerne la vitesse d'abrasion, il semble que l'outil le plus efficace, en termes d'abrasion, soit l'os de renne. Il précède de peu le bois de renne. Ce dernier, lorsqu'il est couplé aux particules de limon connaît une efficacité abrasive tout aussi importante que celle de l'os associé lui aussi à la fraction minérale. Ensuite, à un degré moindre, on retrouve le bois végétal et enfin le tendon animal.

La surface abrasée de tous les échantillons dentaires est parcourue de stries, quel que soit l'instrument employé et ceci, avec ou sans particules minérales. Dans

Fig. 7 - Abrasion réalisée à l'aide du bois végétal et de particules.
a: face distale, vue par l'angle disto-lingual (x20),
b: face distale, vue par l'angle disto-lingual (x300).

Fig. 7—Abrasion made with wood and mineral particles.
a: distal face (x20) from the disto-lingual angle,
b: distal face (x300) from the disto-lingual angle.

l'ensemble, ces stries sont parallèles à la ligne de direction du mouvement et par conséquent au grand axe du sillon. Cependant, il existe des spécificités au niveau des dimensions et de la morphologie des stries en fonction de la nature de l'objet utilisé et de la présence ou non de limon. En effet, l'os et le bois de renne, en l'absence de particules, vont engendrer des stries fines et régulières qui au fil de l'abrasion sont de plus en plus marquées. La surface dentaire a un aspect très homogène. Par contre quand ces mêmes outils sont additionnés de particules minérales, alors les stries ont un aspect plus grossier et une profondeur plus importante. Les stries affectant la dent usée à l'aide du bois de renne et du limon semblent néanmoins moins rectilignes, elles forment de légères sinuosités par rapport à celles qu'on observe dans les mêmes conditions avec l'os de renne. Le bois végétal utilisé seul engendre des stries très étroites, courtes et dont l'orientation n'est pas strictement homogène. La surface de l'usure présente une densité de stries visiblement plus faible que pour les deux cas précédents. Lorsque l'abrasion est réalisée à la fois avec le bois végétal et les particules limoneuses, les stries sont plus épaisses, plus profondes et plus longues, elles témoignent également d'une grande homogénéité ainsi que d'une densité plus importante. Enfin, deux particularités caractérisent l'usure par tendon de veau, la première réside dans le fait que les stries produites en présence ou en l'absence de particules dures sont essentiellement visibles au niveau des zones de convexité radiculaires. La seconde caractéristique est que, contrairement aux autres outils, il semble que pour cet instrument les stries ont des dimensions plus importantes quand aucune particule abrasive n'est adjointe au protocole.

Notons par ailleurs qu'une expérience a été menée par Hlusko (2003), qui a réalisé expérimentalement un sillon d'usure interproximal sur une prémolaire humaine actuelle à l'aide de tiges de graminées. Cette étude, dont le protocole était beaucoup plus simple (un seul matériau testé, pas d'investigation en microscopie électronique à balayage) et moins varié que le nôtre (pas de particules abrasives), confirme nos résultats selon lesquels un outil de nature végétale peut produire des sillons proches de ceux décrits dans la littérature pour un *early Homo*. Toutefois, nous avons montré que l'on peut rapprocher l'abrasion réalisée avec le bois et l'os de renne de celle produite à l'aide de rameaux végétaux, et qu'il est ainsi difficile de distinguer ces trois usures avec certitude au regard de leurs seules caractéristiques macroscopiques. Rappelons que Hlusko (2003) ne fournit pas de photographies de l'aspect du sillon produit avec de très forts grossissements, ni de photographies au microscope électronique à balayage. Or notre étude montre clairement qu'il existe des spécificités microscopiques distinctes en fonction de la nature de l'outil employé, mais également en fonction de la présence ou non de particules minérales dures.

Application à la lignée néandertalienne

L'usure en cure-dent a été observée sur la denture de nombreux taxons, plus particulièrement chez les membres de la lignée néandertalienne pour lesquels les cas les plus abondants et les plus marqués ont été décrits (La Quina, Martin 1923 ; Krapina, Frayer, Russell 1987 ; La Sima de los Huesos, Bermudez de Castro *et al.* 1997).

Les différentes observations réalisées sur les fossiles font état de nombreuses analogies au niveau de l'aspect, des dimensions, de la forme et de la localisation des sillons interproximaux. En effet chez ces derniers les sillons, dans leur forme typique, ont : un aspect tubulaire, une surface tapissée de micro-stries, une direction vestibulo-linguale oblique de leur axe (avec la face distale de la dent plus impliquée vestibulairement, et la face mésiale de la dent contiguë plus impliquée lingualement), une plus grande fréquence sur les dents maxillaires que sur les dents mandibulaires, une localisation essentiellement sur les molaires et prémolaires (Formicola 1991). Ces sillons ne sont jamais associés à une abrasion occlusale ou vestibulaire, ils ne s'étendent qu'exceptionnellement sur la totalité de la face affectée depuis l'angle vestibulaire jusqu'à l'angle lingual, et ne sont jamais aussi larges au niveau de la marge vestibulaire qu'au niveau de la marge linguale (ou vice versa), présentant ainsi une asymétrie typique entre la vue vestibulaire et la vue linguale, avec une forme biseautée (Frayer 1991). Souvent les dents présentant une telle usure sont isolées, mais lorsqu'elles ne le sont pas, la présence de ces sillons semble être étroitement liée à un certain degré de dénudation des racines, qui serait vraisemblablement une condition nécessaire à leur formation (Bermudez de Castro *et al.* 1997).

Nos résultats sont parfaitement en accord avec les remarques de Wallace (1974), selon lesquelles les stries sont présentes malgré l'absence de sillon, par exemple dans le cas des usures a minima (Couture *et al.* 1999), mais jamais absentes en présence de sillons. Effectivement, toutes les faces dentaires que nous avons usées sont parcourues de stries, quelles que soient la

nature de l'outil utilisé et les conditions d'utilisation (c'est-à-dire sans ou avec des particules limoneuses). D'après notre étude, il semble donc que la présence de stries soit un caractère indubitable d'une usure par abrasion, authentifiant ainsi l'étiologie de ce type de perte de substance dentaire. Nos résultats supportent donc l'hypothèse de Frayer et Russell (1987), qui ont attribué la présence de fines stries longitudinales au niveau des sillons interproximaux, présents sur les dents des Néandertaliens de Krapina, au mouvement de va-et-vient de l'outil utilisé comme cure-dent. De même Schultz (1977) s'est intéressé aux sillons d'usure présents sur la denture d'une population indienne de Californie. Il a alors suggéré qu'il ne faille pas négliger le rôle du matériel abrasif microscopique contenu dans les fibres des plantes dans la production de l'attrition. Ainsi, soutenus par les suggestions de Schultz (1977) et Frayer et Russell (1987), ainsi que par les résultats de notre expérimentation, nous pouvons soumettre l'hypothèse que la présence de ces micro-stries n'est pas uniquement due à l'action des particules dures présentes dans l'environnement buccal. Ces dernières constituent néanmoins un abrasif supplémentaire, non indispensable dans la formation des sillons et des stries (Berryman *et al.* 1979), accentuant la vitesse de formation des premiers et les dimensions des secondes. Mais certains auteurs signalent l'existence de cas de sillons dépourvus de stries (Bermudez de Castro, Arsuaga 1983 ; Ravy *et al.* 1996). Toutefois, en l'absence de description plus précise, par ces derniers, nous pouvons nous demander s'il s'agit réellement d'une usure par abrasion ou si, comme le suggèrent Ravy *et al.* (1996), « *l'activité, cause du sillon, a été interrompue suffisamment de temps pour que s'effacent les stries par polissage très fin ou érosion chimique* ».

Brown et Molnar (1990) et Brown (1991) ont suggéré que la présence de sillons interproximaux sur les dents postérieures des aborigènes australiens qu'ils ont étudiés serait le fruit du traitement mécanique de tendons de marsupiaux. Cette hypothèse a été vivement critiquée par certains auteurs comme Formicola (1991) et Frayer (1991), sur la base de critères morphologiques. En effet, pour ces auteurs, les sillons dits en cure-dent présentent en général un aspect bien défini (apparence tubulaire, extrémités biseautées, étendue limitée…) qu'un matériau comme le tendon animal, du fait de sa flexibilité importante, ne peut reproduire. Ravy *et al.* (1996) soulignent également que la morphologie attendue d'un sillon produit par un matériau souple serait, selon leur typologie, de type 3 (*fig. 2*, la forme du sillon est dérivée du tore, il est soit régulier (anneau) soit irrégulier), alors que les sillons produits par un outil rigide répondent au type 1B (*fig. 2*, le sillon peut être considéré comme dérivant du cylindre, l'émail et la dentine étant creusés en « gouttière » se terminant en biseau). Au regard des résultats que nous obtenons, il est peu probable que l'hypothèse étiologique proposée par Brown et Molnar (1990) puisse être envisagée pour un membre de la lignée néandertalienne. En effet, aucun sillon décrit dans la littérature comme caractéristique de l'usure en cure-dent ne ressemble à l'usure produite à l'aide du tendon de veau.

Enfin, deux cas ne correspondent à aucune description faite jusque là sur un Néandertalien. Il s'agit de l'usure réalisée à l'aide du bois de renne et de particules (au stade 2) et de celle obtenue à l'aide de l'os de renne seul (au stade 3). On peut remarquer que le sillon, en section, semble présenter une forme en V pour le premier et une forme à « double contour » pour le second. Nous avons attribué ces morphologies particulières à l'évolution de la forme de l'outil abrasif au cours de son utilisation, puisque nous l'utilisons toujours de la même façon (avec une force et une fréquence donnée). En effet, l'analyse des outils en os et en bois de renne nous permet de constater des modifications importantes de la surface avec laquelle l'abrasion des organes dentaires a été effectuée. Pour l'os de renne, cela se traduit par la disparition d'une partie de l'os cortical, dégageant ainsi un bord émoussé et poli. Le bois de renne a subi une diminution de son diamètre ainsi que la formation d'une arête donnant ainsi à l'outil une section quasi-triangulaire. Le fait qu'aucune usure décrite jusqu'à présent dans la littérature ne soit comparable pourrait signifier que les Néandertaliens ne devaient pas utiliser le même objet à chaque fois qu'ils en éprouvaient le besoin, ou bien qu'ils ne l'utilisaient pas systématiquement sur une de ses faces, ou alors pas suffisamment longtemps pour en modifier la forme. Par là même, il devient très peu probable que l'on puisse un jour retrouver et déterminer un cure-dent datant du Paléolithique.

CONCLUSIONS

Notre premier objectif était de produire expérimentalement des sillons d'usure dits en cure-dent, proches de ceux décrits dans la littérature, sur les faces mésiale et distale de dents jugales actuelles, à l'aide de matériaux de diverses natures. Naturellement, nous nous sommes attachés à mettre en évidence des caractéristiques

macro- et microscopiques précises des atteintes en fonction des outils et des conditions d'utilisation. Ceci afin de réaliser des comparaisons avec les sillons décrits dans la littérature pour la lignée néandertalienne et de proposer des hypothèses relatives à la nature de l'objet employé par les hommes fossiles pour réaliser ce type de lésion involontairement.

Le matériel odontologique dont nous disposions pour mener cette étude comprenait quatre premières prémolaires maxillaires actuelles. Nous avons sélectionné différents matériaux abrasifs pour produire l'usure : os et bois de renne, rameaux de buis, tendon de bovidé, particules de limon. L'abrasion a été appliquée à la jonction amélo-cémentaire, en tenant compte de la durée et de la fréquence.

Nous avons réussi à reproduire une usure de type « cure-dent » sur des dents jugales et chacune des usures obtenues présente des spécificités distinctes.

Les résultats que nous obtenons mettent en évidence l'influence de la nature du matériel employé et de la présence ou non de particules dures, sur la morphologie des sillons abrasifs. En effet, il est possible au regard de la forme générale du sillon, de son mode de terminaison, ainsi que de son aspect microscopique, d'inférer l'objet causal en termes d'objet rigide ou d'objet flexible. De même nous pouvons montrer que, contrairement aux suggestions de nombreux auteurs, les particules minérales ne sont pas un élément nécessaire à la production du sillon et des stries, même si celles-ci jouent néanmoins un rôle évident sur la vitesse de l'abrasion et la morphologie des stries.

À la lumière des résultats obtenus et conformément à ce qui a été observé chez les Néandertaliens, il est très peu probable que l'instrument responsable de la formation des sillons en cure-dent, décrits dans la littérature, ait été un objet souple tel que du tendon. Il s'avère en effet que cet objet, de par sa flexibilité importante, ne peut reproduire les caractéristiques bien définies d'un sillon en cure-dent. L'objet utilisé par les hommes fossiles devait vraisemblablement être un matériau dur comme le bois animal, végétal ou l'os, appliqué contre la dent dans un milieu additionné de particules minérales ou non.

Enfin, si nous retenons l'hypothèse de l'utilisation d'un cure-dent comme cause de la production des sillons interproximaux, il paraît important de discuter le temps au cours duquel cette activité a été pratiquée pour produire de tels stigmates, mais également la durée d'utilisation d'un même outil. Les paramètres de la force abrasive, appliquée au cours de notre expérimentation, ne sont pas la représentation de l'utilisation habituelle d'un cure-dent, qui est probablement plus lente et brève. En conséquence, la production de tels sillons a dû nécessiter un intervalle de temps relativement long. Il semble difficile que cela ne représente que la conséquence d'une simple activité occasionnelle et cela plaide pour l'hypothèse de Formicola (1988). Par contre, la forme particulière des sillons réalisés à l'aide du bois de renne avec des particules et de l'os de renne seul nous permettent de suggérer que la durée d'utilisation par les préhistoriques d'un même outil ne devait pas être suffisamment importante pour en modifier la forme.

Naturellement, la reconduction d'une telle expérimentation semble nécessaire afin de soutenir la validité de nos interprétations, mais également pour élargir l'éventail des matériaux abrasifs susceptibles de produire un sillon interproximal. De plus, il serait intéressant d'étudier la variation des dimensions du sillon et de celles de l'objet permettant sa création. En ce qui concerne les hommes fossiles, il est également nécessaire de proposer un protocole très précis pour étudier et décrire ces atteintes afin de pouvoir éventuellement préciser leur étiologie. On peut noter le manque important d'informations sur ces pertes de substance dentaire qui concerne le diamètre et la profondeur du sillon, la densité et la profondeur des stries, la variabilité des ondulations en fonction des grossissements. Enfin, il est nécessaire que les termes descriptifs employés par les différents auteurs soient harmonisés. La typologie établie par Ravy *et al.* (1996), à l'aide d'éléments issus de la géométrie, constitue une base de réflexion.

Il serait aussi essentiel, en fonction des observations de l'un d'entre nous (B.M.) sur les vestiges de Rochelot (Couture *et al.* 1999), confortées récemment par une étude encore inédite d'autres vestiges néandertaliens, de revoir les séries ayant livré auparavant une ou plusieurs dents présentant des usures en cure-dent, mais également les taxons sur lesquels cela n'a pas été observé. Ceci permettrait de vérifier qu'il n'existe pas de cas d'usure a minima, qui auraient échappé à des études précédentes et de tenter de mieux cerner l'état sanitaire des individus et des groupes présentant ces atteintes si particulières.

Remerciements

Nous tenons à remercier F. Rouais du Laboratoire de Biophysique de l'Université Bordeaux 2, qui a réalisé les clichés microscopiques. Nous remercions également M. Sampeur, A. El-Hafiane, M. Lenoir, C. Beauval, S. Madeleine pour nous avoir donné le matériel nécessaire à notre étude et P. Semal pour nos discussions.

BIBLIOGRAPHIE

BERMUDEZ DE CASTRO (J.M.), ARSUAGA (J.L.) 1983, L'usure anormale du collet de la dent des populations préhispaniques des Canaries, *L'Anthropologie* 87 : 521-533.

BERMUDEZ DE CASTRO (J.M.), ARSUAGA (J.L.), PEREZ (P.J.) 1997, Interproximal grooving in the Atapuerca-SH hominid dentitions, *American Journal of Physical Anthropology* 102: 369-376.

BERMUDEZ DE CASTRO (J.M.), PEREZ (P.J.) 1986, Anomalous tooth-neck wear in North African Mesolithic populations, *Paleopathology Newletter* 54: 5-10.

BERRYMAN (H.E.), OWSLEY (D.W.), HENDERSON (A.M.) 1979, Non carious interproximal grooves in Arika Indian dentitions, *American Journal of Physical Anthropology* 50: 209-212.

BILLARD (M.) 1996, L'abrasion artificielle des dents comme aspect révélateur d'habitudes culturelles : observation comparée de deux sites du Chalcolithique-Bronze ancien (Drôme et Ardèche), *in L'identité des populations archéologiques,* XVIe rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, APDCA, Antibes, p. 329-343.

BOUCHNEB (L), MAUREILLE (B.) 2002, Sillons d'usure interproximaux : Reproduction expérimentale, analyse et applications, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 14, 1-2 : 202.

BROTHWELL (D.R.) 1963, The macroscopic dental pathology of some earlier human population, *in* D.R. Brothwell. (ed.), *Dental anthropology*, Pergamon Press, Oxford, p. 271-288.

BROWN (T.) 1991, Interproximal grooving: different appearances, different etiologies, reply to Dr Formicola, *American Journal of Physical Anthropology* 86: 86-87.

BROWN (T.), MOLNAR (S.) 1990, Interproximal grooving and task activity in Australia, *American Journal of Physical Anthropology* 81: 545-553.

COUTURE (C.), MAUREILLE (B.), TOURNEPICHE (J.-F.) 1999, Le Néandertalien de Rochelot (Saint-Amant-de-Bonnieure, Charente), Un cas exceptionnel d'usure en cure-dent, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 11, 3-4 : 488.

ECKHARDT (R.B.), PIERMARINI (A.L.) 1988, Interproximal grooving of teeth: additional evidence and interpretation, *Current Anthropology* 29: 668-671.

FORMICOLA (V.) 1988, Interproximal grooving of teeth: additionnal evidences and interpretation, *Current Anthropology* 29: 663-664.

FORMICOLA (V.) 1991, Interproximal grooving: different appearences, different etiologies, *American Journal of Physical Anthropology* 86: 85-86.

FRAYER (D.W.) 1991, On the etiology of interproximal grooves, *American Journal of Physical Anthropology* 85: 299-304.

FRAYER (D.W.), RUSSEL (M.D.) 1987, Artificial grooves on the Krapina Neanderthal teeth, *American Journal of Physical Anthropology* 74: 393-405.

HLUSKO (L.J.) 2003, The oldest Hominid habit? Experimental evidence for toothpicking with grass stalks, *Current Anthropology* 44: 738-741.

LEBEL (S.), TRINKAUS (E.), FAURE (F.), FERNANDEZ (P.), GUÉRIN (C.), RICHTER (D.), MERCIER (N.), VALLADAS (H.), WAGNER (G.A.) 2001, Comparative morphology and paleobiology of Middle Pleistocene human remains from the Bau de l'Aubesier (Vaucluse), France, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 11097-11102.

LUKACS (J.R.), PASTOR (R.F.) 1988, Activity-induced patterns of dental abrasion in Prehistoric Pakistan: evidence from Mehrgarh and Harappa, *American Journal of Physical Anthropology* 76: 377-398.

MARTIN (H.) 1923, Recherche sur l'évolution du Moustérien dans le gisement de La Quina : l'homme fossile de La Quina, t. 3. *Archives de Morphologie générale et expérimentale 15*, Librairie O. Douir, Paris, 264 p.

MOLNAR (S.) 1972, Tooth wear and culture: a survey of tooth functions among some prehistoric populations, *Current Anthropolology* 13: 511-526.

PATTE (E.) 1941, Usures artificielles des dents chez le Sinanthrope, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 212 : 1-3.

PUECH (P.F.), CIANFARANI (F.) 1988, Interproximal grooving of teeth: additional evidence and interpretation, *Current Anthropology* 29: 665-668.

RAVY (E.), CLÈRE (J.), PUECH (P.-F.) 1996, Traces d'activités humaines sur des dents du Chalcolithique ardéchois, *L'Anthropologie* 100 : 574-588.

SCHULTZ (P.D.) 1977, Task activity and anterior tooth grooving in prehistoric Californian Indians, *American Journal of Physical Anthropology* 46: 87-92.

SIFFRE (A.) 1911, Note sur une usure spéciale des molaires du squelette de La Quina, *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 8 : 740-741.

UBELAKER (D.H.), PHENICE (T.W.), BASS (W.M.) 1969, Artificial interproximal grooving of the teeth in American Indian, *American Journal of Physical Anthropology* 30: 145-150.

UNGAR (P.S.), GRINE (F.E.), TEAFORD (M.K.), PÉREZ-PÉREZ (A.) 2001, A review of interproximal wear grooves on fossil hominin teeth with new evidence from Olduvai Gorge, *Archives of Oral Biology* 46: 285-292.

WALLACE (J.A.) 1974, Approximal grooving of teeth, *American Journal of Physical Anthropology* 40: 385-390.

WEIDENREICH (F.) 1937, The dentition of *Sinanthropus pekinensis*, *Paleontologia Sinica* 101: 1-180.

ZOLGHADRI (F.) 1994, *La salivation*, Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, Université de Bordeaux, p. 7-10, 47-48.