Ecole doctorale 227

« Sciences de la Nature et de l'Homme »

24-26 mai 2016



Analyse microtopographique de traces de découpe intentionnelle sur des fossiles de 2,6 Ma dans les Siwaliks (piémonts himalayens)

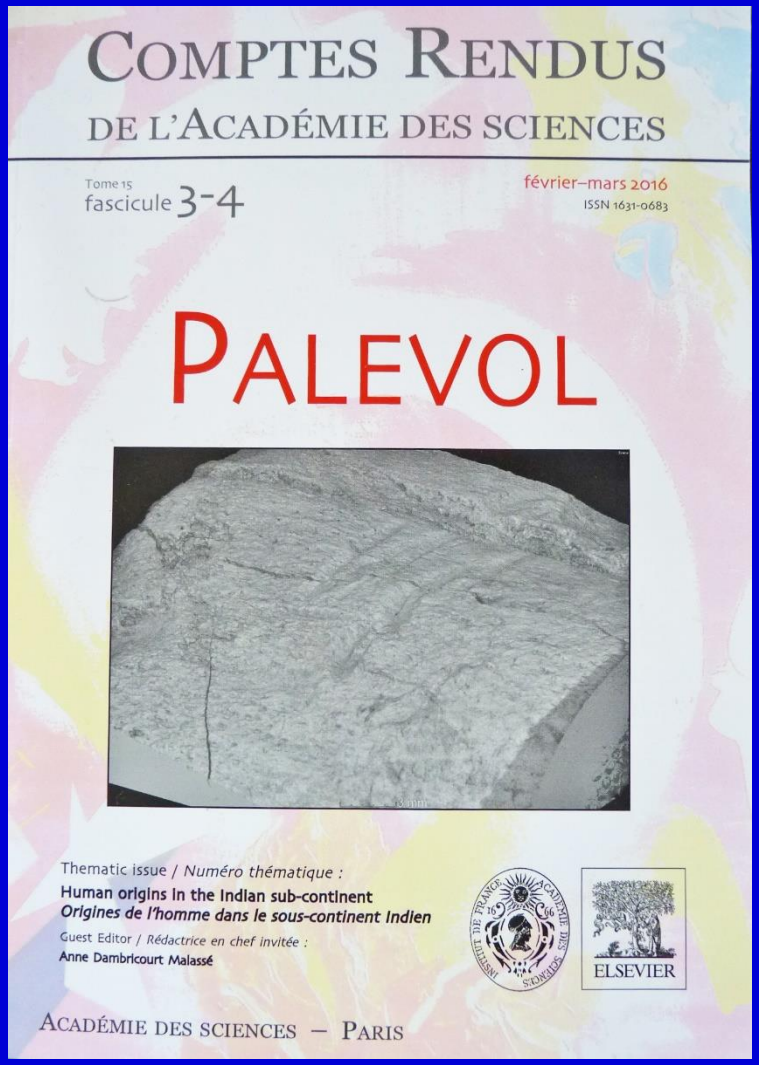
Anne DAMBRICOURT MALASSÉ, Anne-Marie MOIGNE

Mukesh SINGH, Thomas CALLIGARO

L'usage des photos relatives aux collections de Masol et de l'Institut de Paléontologie Humaine doit mentionner la référence de ce cours
Leur copyright A. Dambricourt Malassé

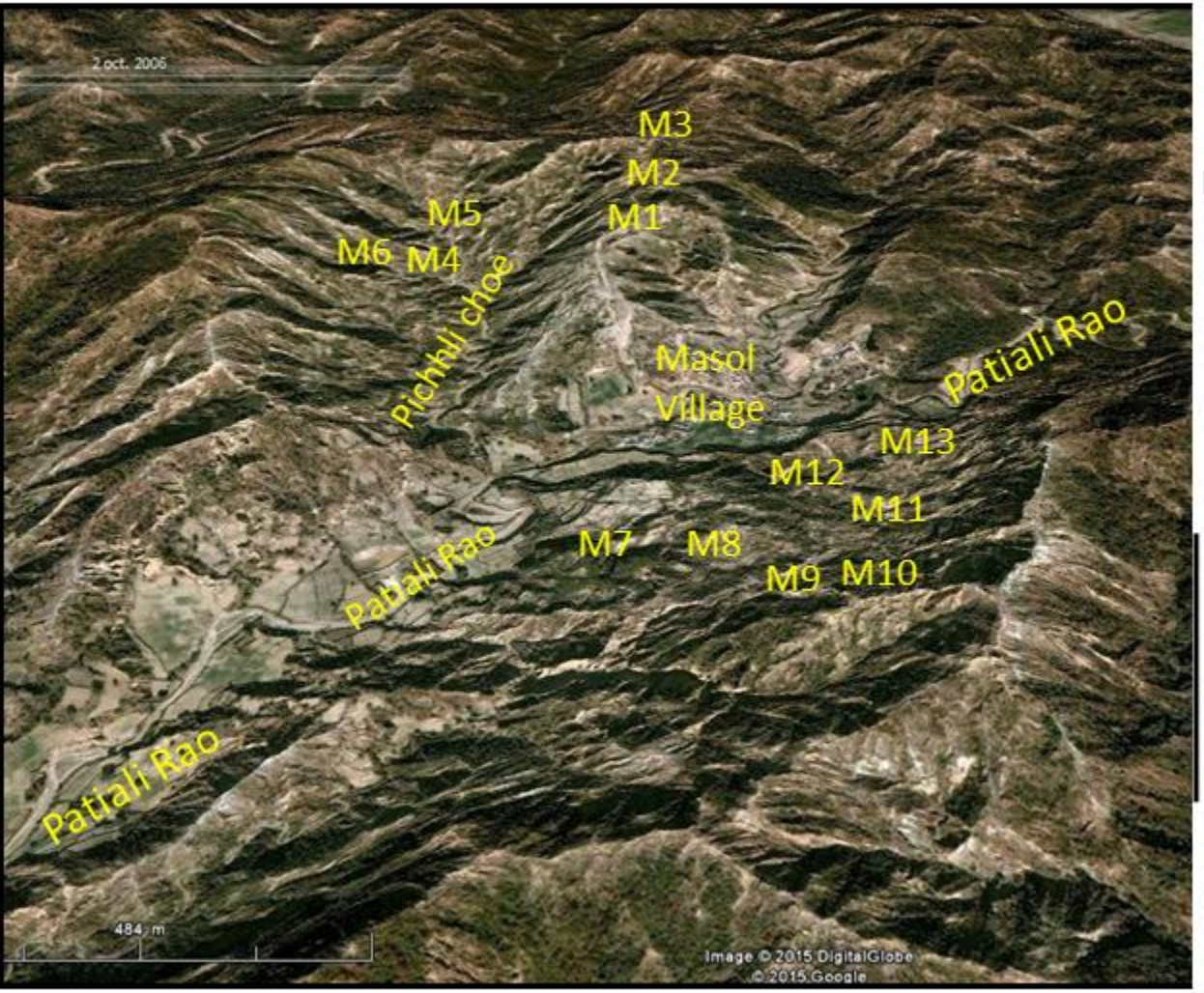
ACCÈS SCIENTIFIQUE À LA TOMOGRAPHIE À RAYONS X

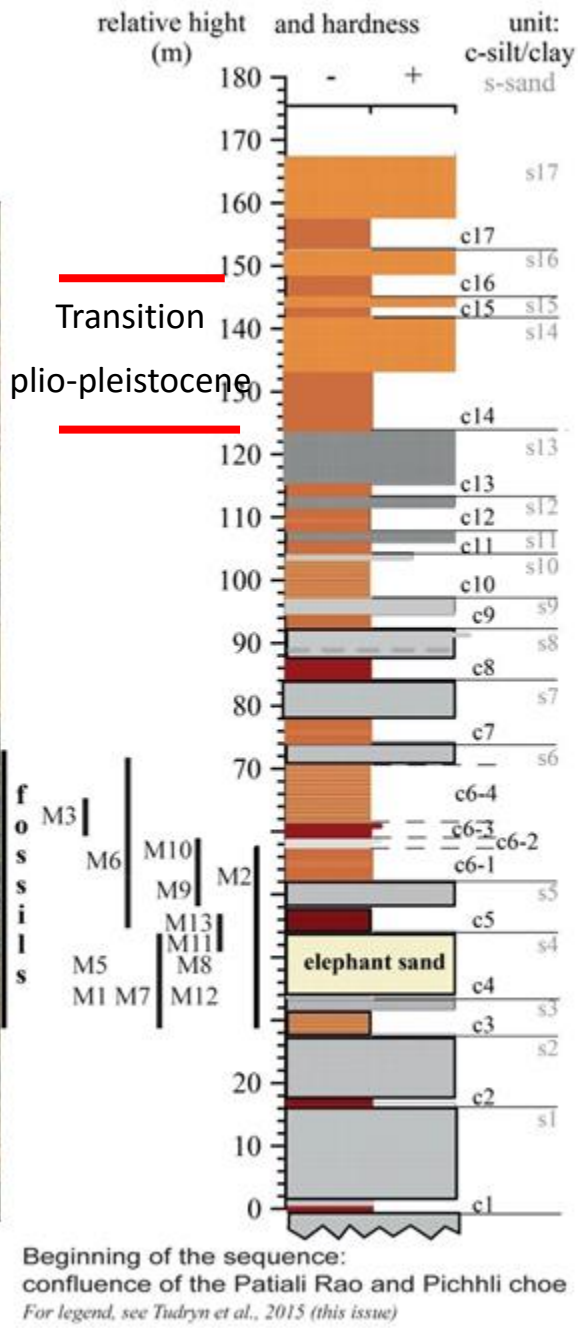
Micro-tomographe et nano-tomographe à rayons X : CT-scan



La première de couverture du fascicule thématique de Palevol consacré au site paléonto-archéologique de MASOL (10 articles plus une préface d'Yves COPPENS) présente les coups successifs fossilisés d'un même tranchant de quartzite porté sur un métapode de grand bovidé

Les localités paléonto-archéologiques de la zone Quranwala dans la boutonnière de Masol





A. Tudryn et al. 2016

Environ 1500 fossiles ont été collectés majoritairement en surface sur 50 hectares





Entrepôt à la Society for Archaeological and Anthropological Research, Chandigarh

Origine des fossiles

Inondations d’une rivière himalayenne



Inondation à l'embouchurde l'Indus sur la plaine indusienne en 2010







Trois localités (M1, Picchli choe et M13) ont livré chacune un fossile avec des incisions fossilisées faites par un tranchant nécessitant de fortes pressions sur le périoste et l'os cortical à l'était frais.

Quelle peut-être la nature de ce tranchant : une dent, un gravier émoussé ou un tranchant en quartzite ?

Quelle est la nature de la pression : une machoire animale, un piétinement des os sur des gravillons ou le geste agile, précis, fin d'un poignet contrôlé par le regard ?

Comment expliquer les trajectoires de ces incisions : le hasard du piétinement ou un geste réfléchi, planifié connaissant l'anatomie ?

Sont-elles stochastiques, aléatoires, indépendantes de l'anatomie ostéomusculaire ?

Ou présentent-elles un ensemble de données complexes et organisées qui exclut des déplacements hasardeux ?

Sont-elles identifiées dans le registre des taphonomistes comme des marques de découpe ?

Matériaux durs contemporains des fossiles susceptibles d'entailler l'os cortical frais

Les couches sédimentaires de Masol sont bien connues des géologues, elles appartiennent à la formation Tatrot, composées de limons et de sables avec parfois des lentilles de petits graviers.

Nous avons découvert dans les limons fossilifères, des lentilles de galets de quartzite d'une densité élevée, extrêmement dur à casser.

Le quartzite est le seul matériau de Masol capable **d'entailler et d' inciser** l'os cortical à la condition de présenter un bord tranchant.

Les galets facturés sont en très grande majorité des outils lithiques collectés dans les limons fossilifères en cours d'érosion, ou en surface à côté de fossiles sur les couches sédimentaires en cours d'érosion.

Les galets fracturés naturellement et contemporains des inondations caractérisées par des limons, sont rarissimes.


Masol 12
Lit de galets en quartzite dans les limons


Galet en quartzite Masol 3


Chopper Masol 2

Des dents de crocodiles et de carnivores peuvent également taillader l'os cortical

Les différentes causes ont été vérifiées:

A- origine physique naturelle (« trampling »): distribution aléatoire des incisions et en toute rigueur, fréquence élevée de ce type de traces parmi les 1500 fossiles

B - origine animale : empreintes de dent caractéristiques

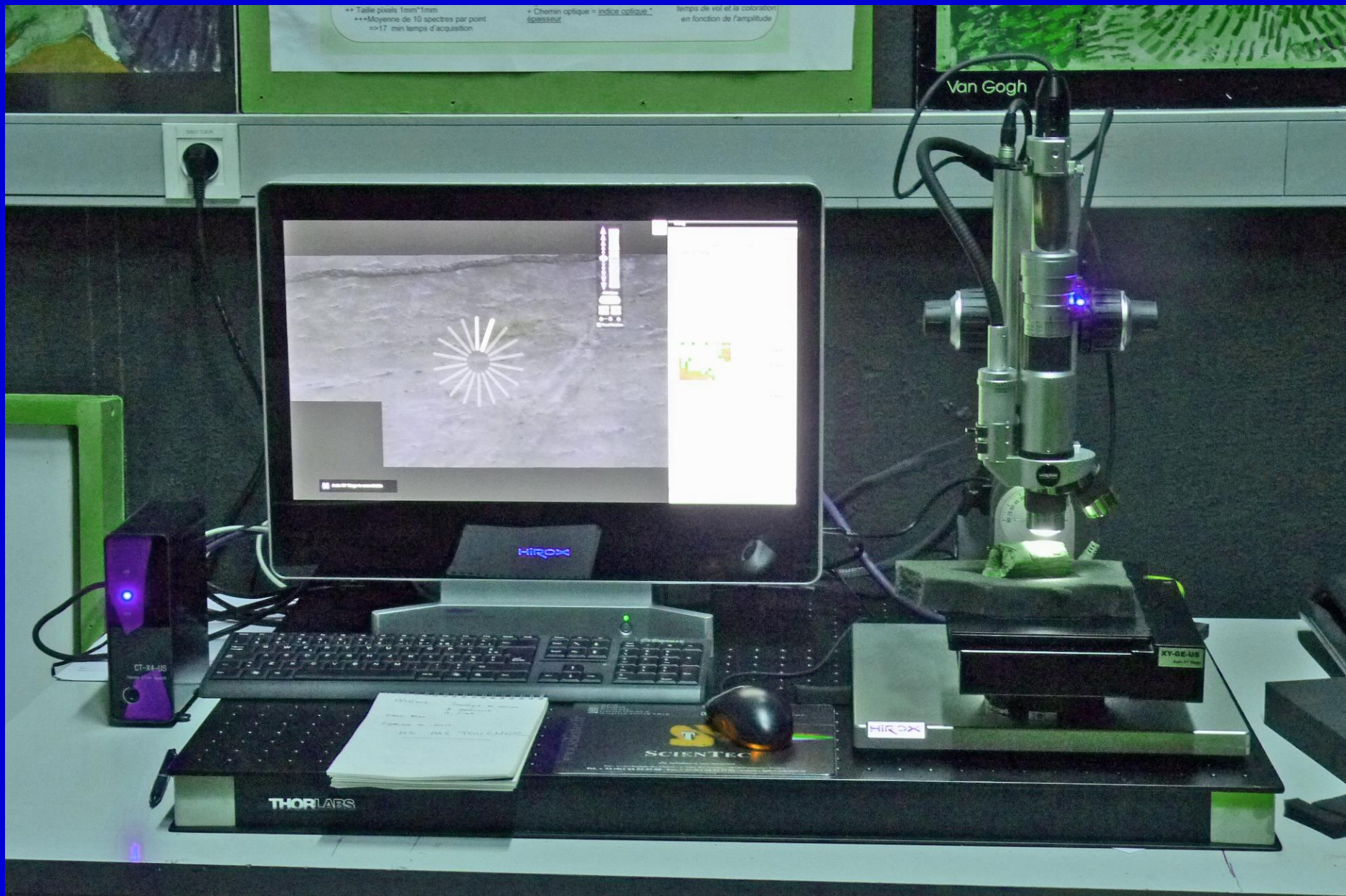
C - origine intentionnelle d'une trace de tranchant en quartzite:

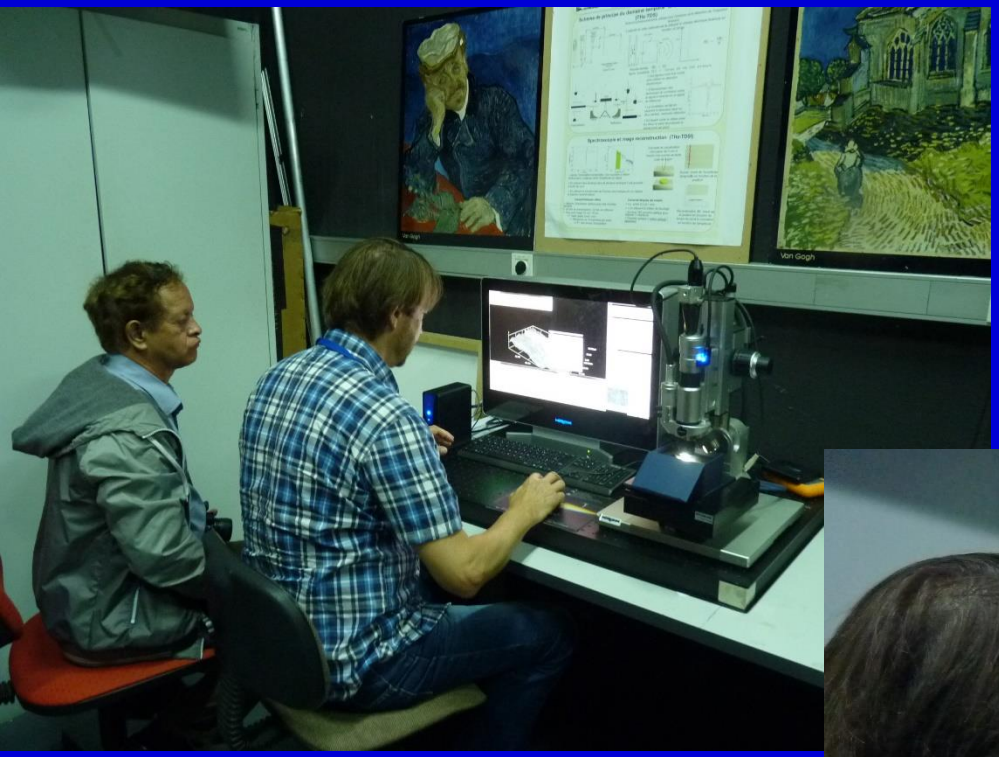
a) dimension des incisions
b) localisation des trace sur des zones d'insertion ligamentaire
c) organisation des traces ordonnée et non pas aléatoire
d) similitude des microsillons avec les tests expérimentaux
e) répétition du motif de la trace = répétition du même objet tranchant
f) tracés des entailles caractéristiques d'un tranchant en quartzite
g) tracés des entailles caractéristique d'un geste manuel
h) trajectoires typiques d'un geste du poignet
i) similitude avec les registres des traces de découpes intentionnelles
j) improbabilité d'une organisation accidentelle

Méthodes d’analyse des traces

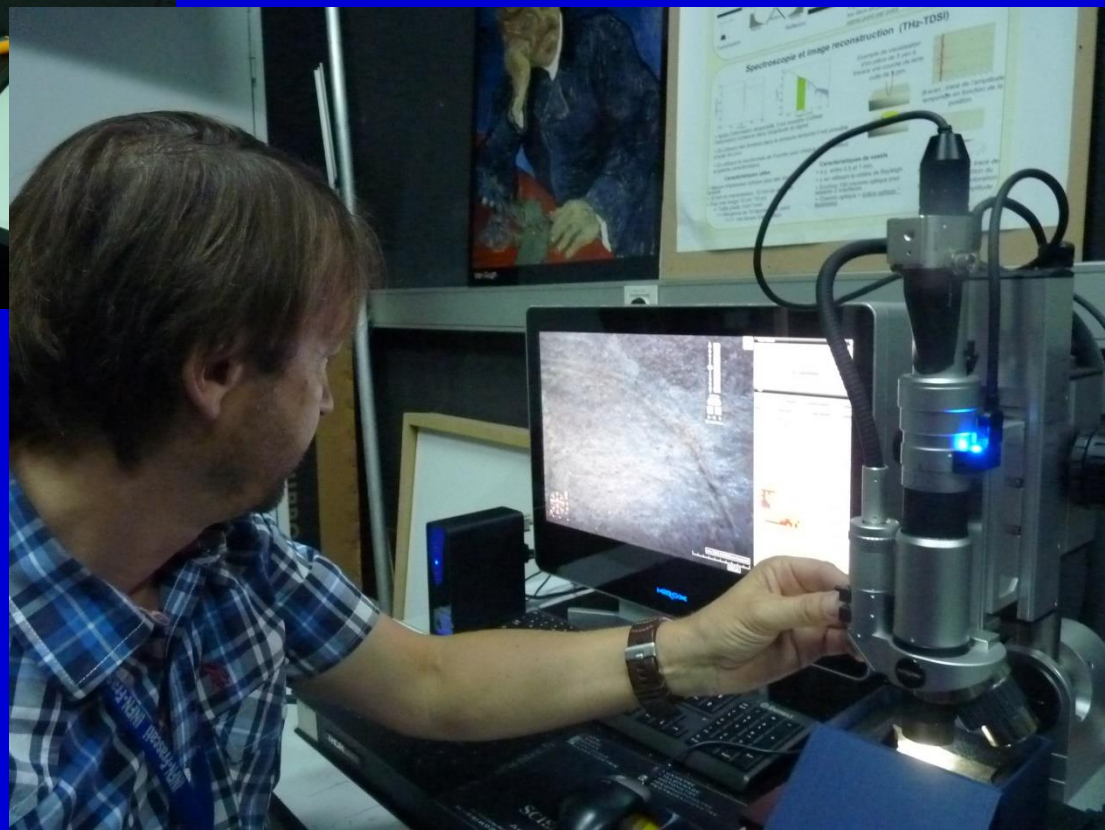
I - Acquisition des images

C2RMF – Palais du Louvre Microscope dynamique 3D Hirox





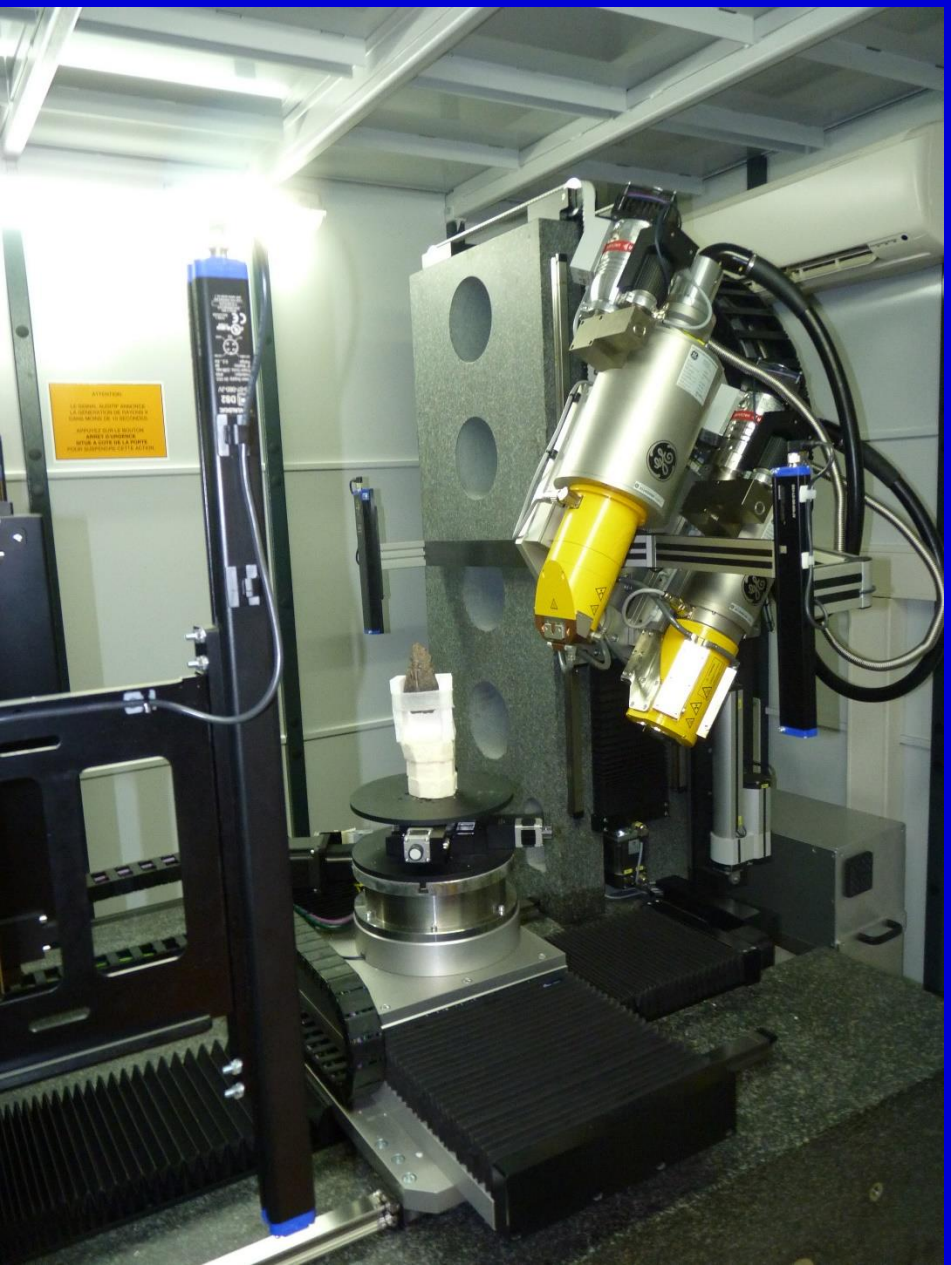
Thomas Calligaro



C2RMF Microscope binoculaire



Microtomographie à RX MNHN





Miguel Garcia Sanz



II- Expérimentations

Claire Gaillard





Production d'éclats d'un galet de Masol

Anne-Marie Moigne





Découpe et raclage avec un éclat expérimental sur un tibia de cervidé sauvage collecté à Masol

Les os ont été collectés le long d'une petite cascade saisonnière

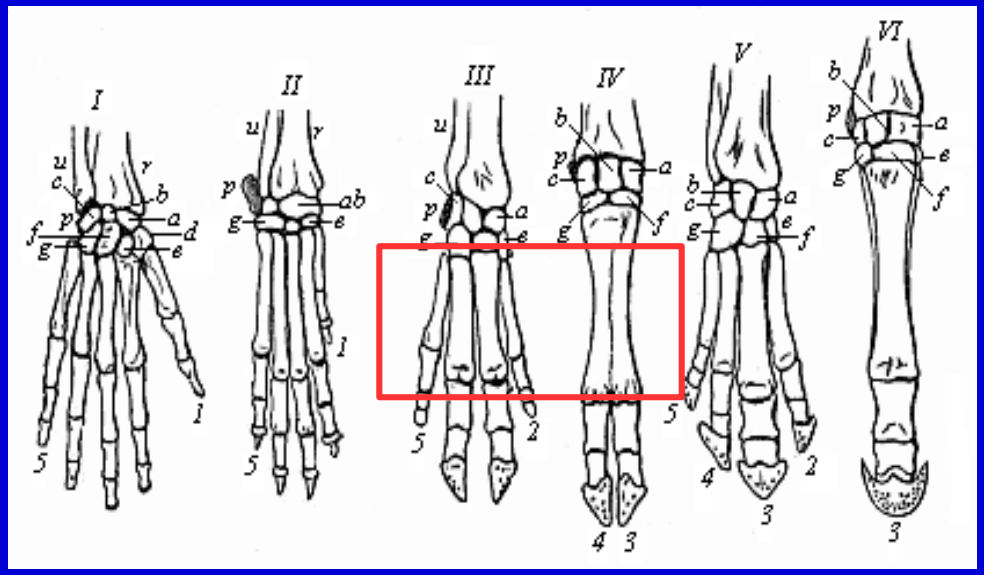
Ils ne présentaient aucune trace de trampling

Traces expérimentales fraîches





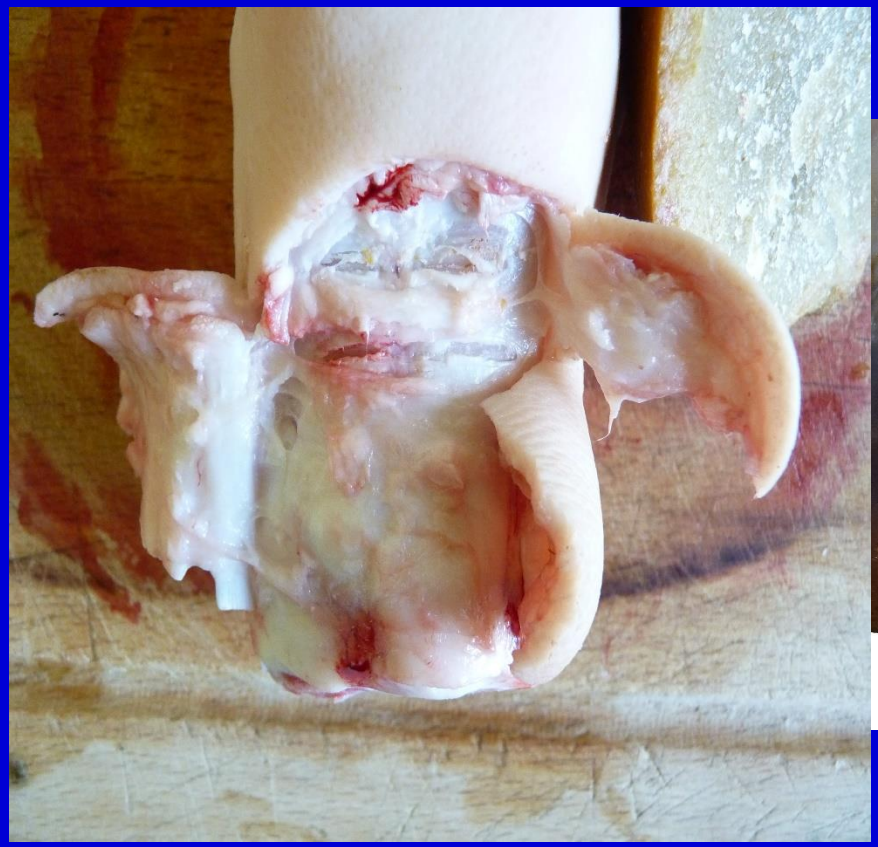
Métapode de *Sus scrofa domesticus (III)* + galet de Masol (homologue du métapode de vache *IV*)
Découpe et non pas percussion (A. Dambricourt Malassé)

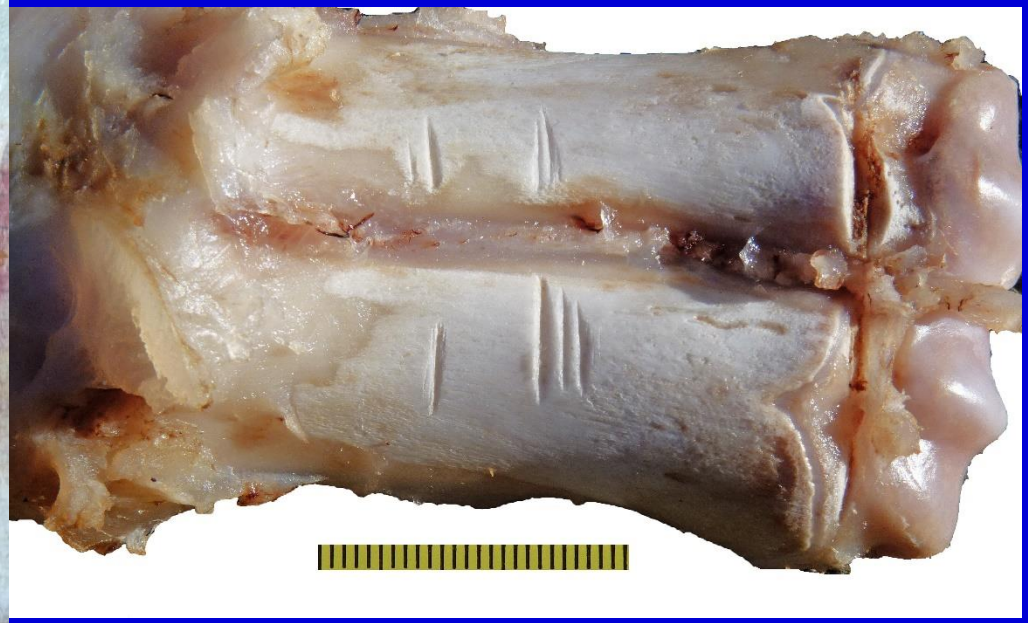




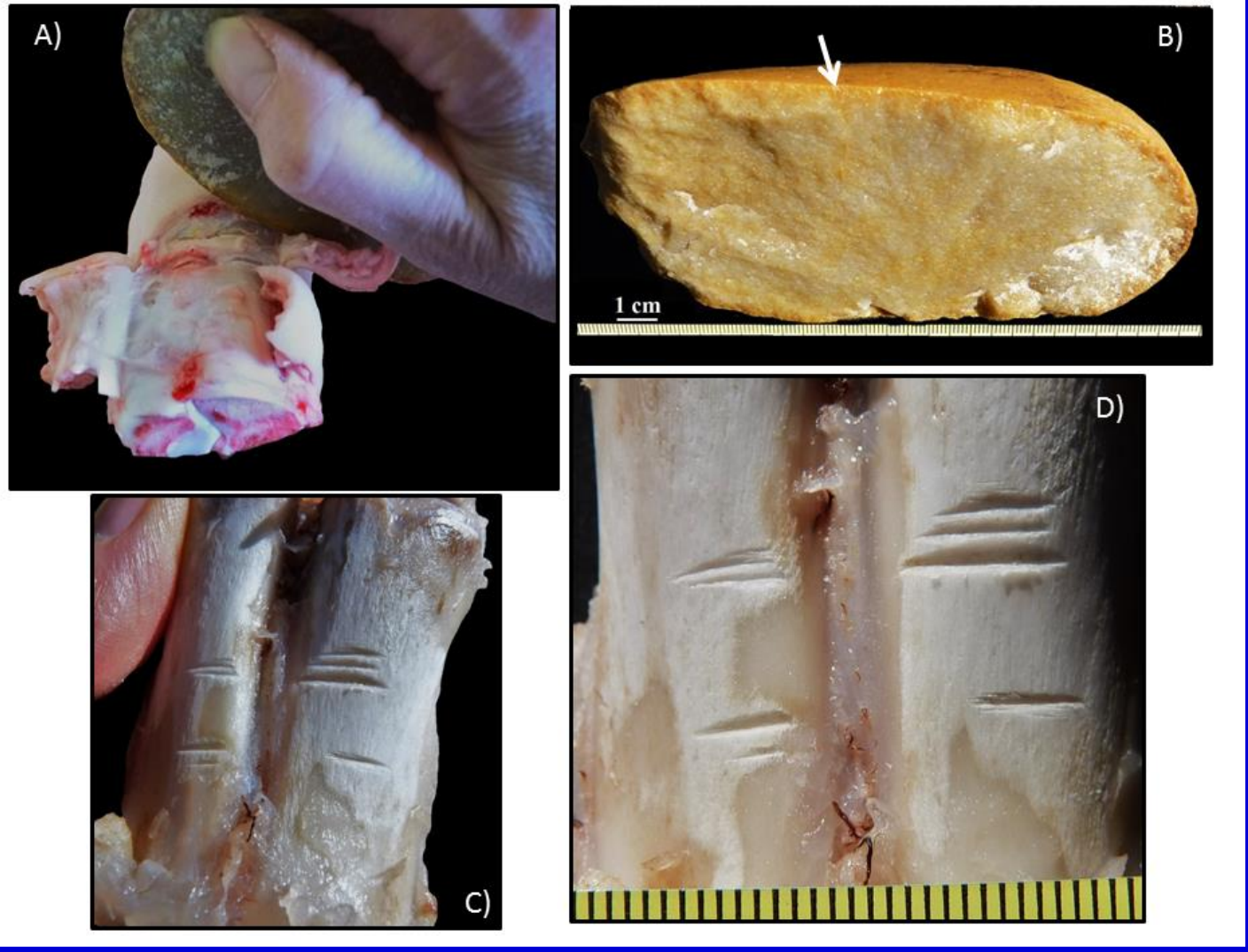








Le cuir et les chairs ont été découpées de manière à les détacher, sans se préoccuper de l'os. Puis l'os a été nettoyé délicatement laissant apparaître des traces



Le tranchant du galet fendu a suffit à couper le cuir résistant, les muscles, les tendons, le périoste et à entailler l'os

III

Comparaison avec différents types de traces physiques, chimiques et animales (dents) sur les fossiles de Masol

Altérations chimiques



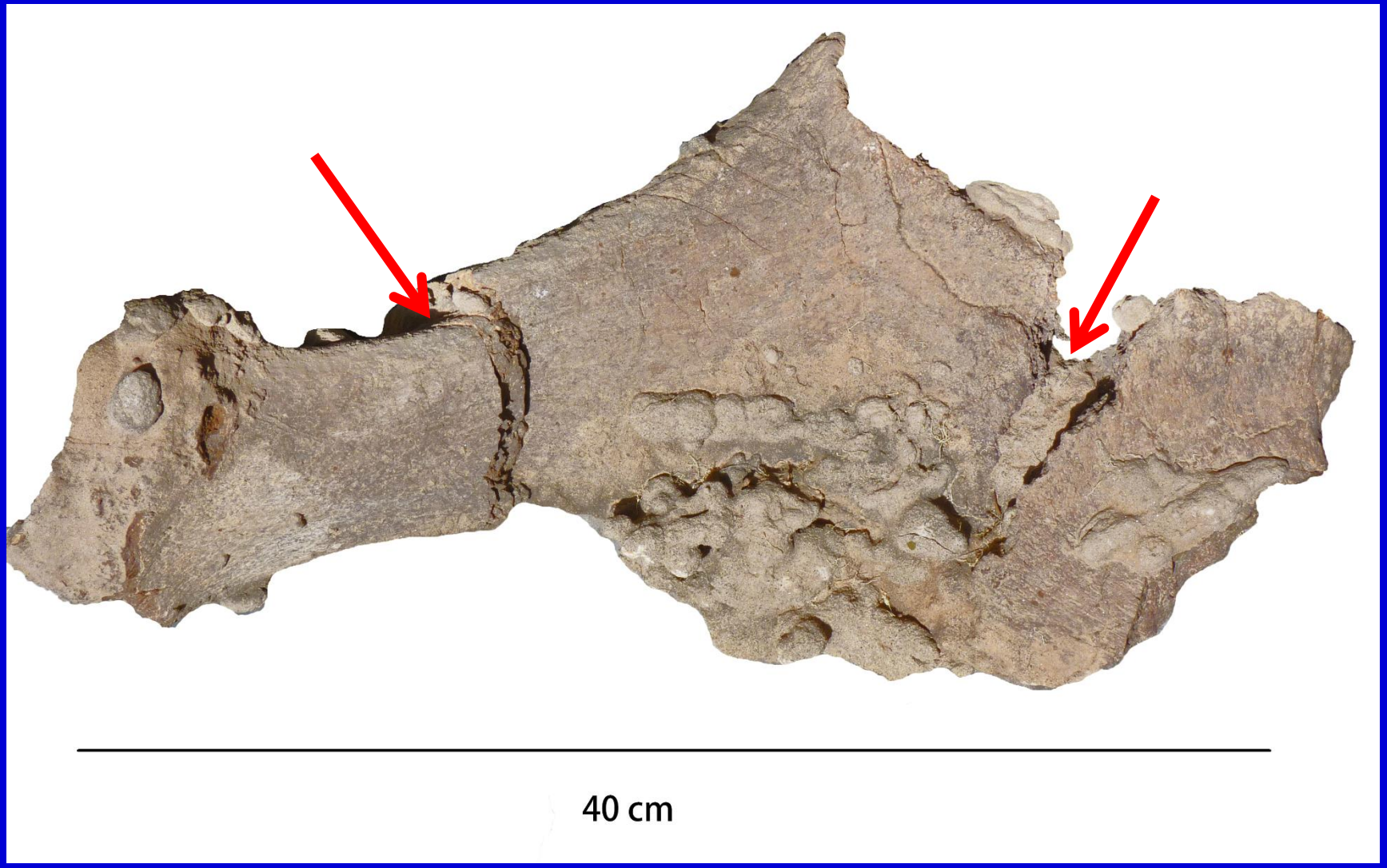
Fissures, craquelures



Pressions



Fractures dues à la tectonique en compression



Crocs de carnivores



IV

Collection taphonomique de référence Henri Martin

Institut de Paléontologie Humaine, Paris



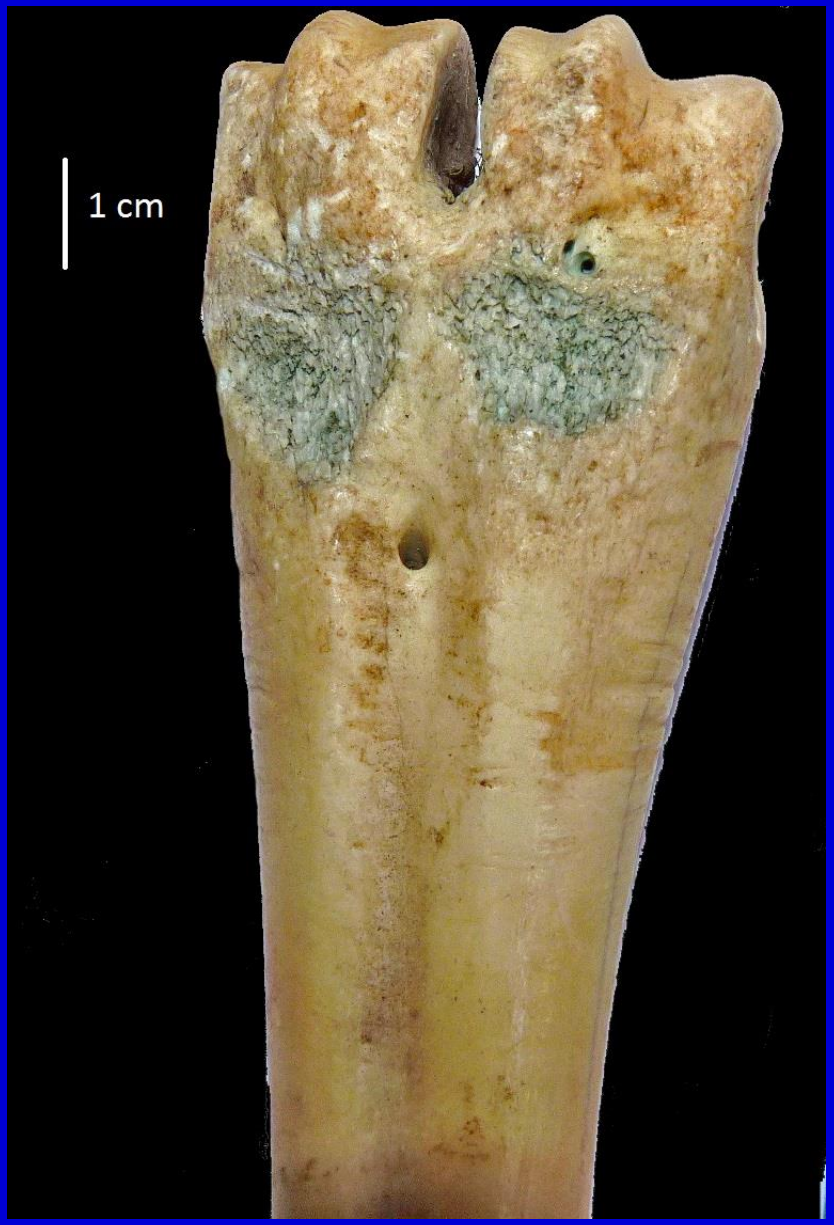
Traces fossilisées
de griffes de carnassier

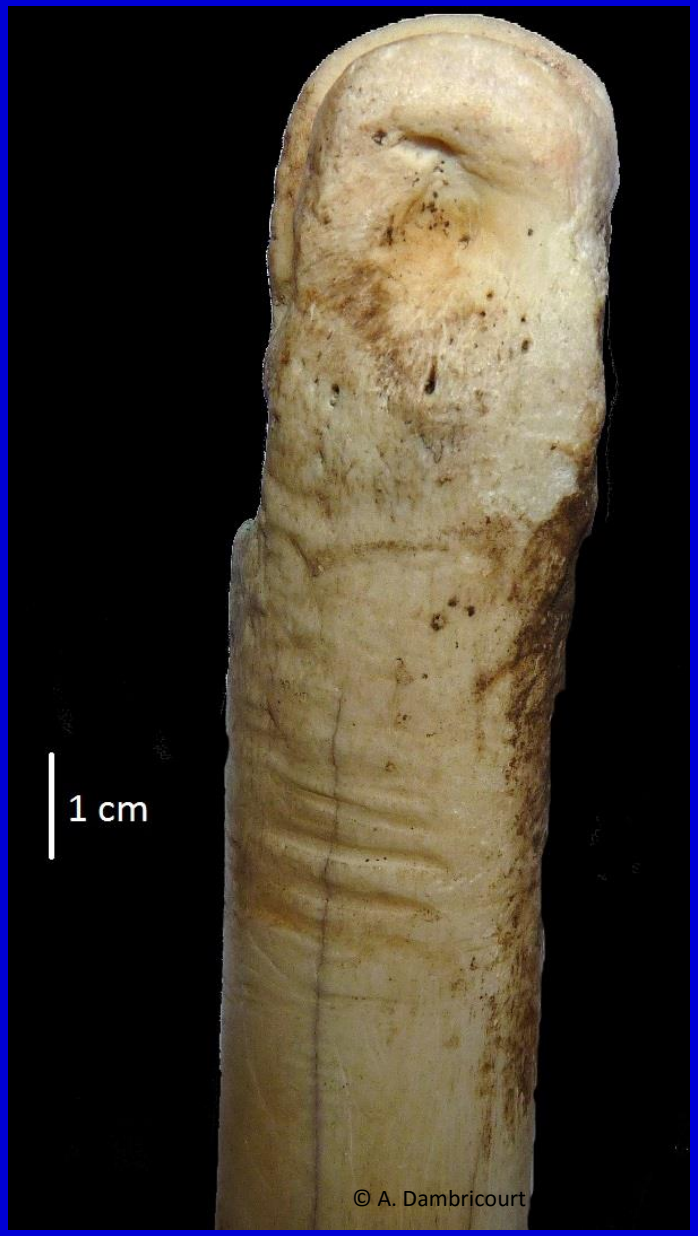


© A. Dambricourt Malassé


Laussel (Moustérien)
Actions de carnivores

Dents de carnivore

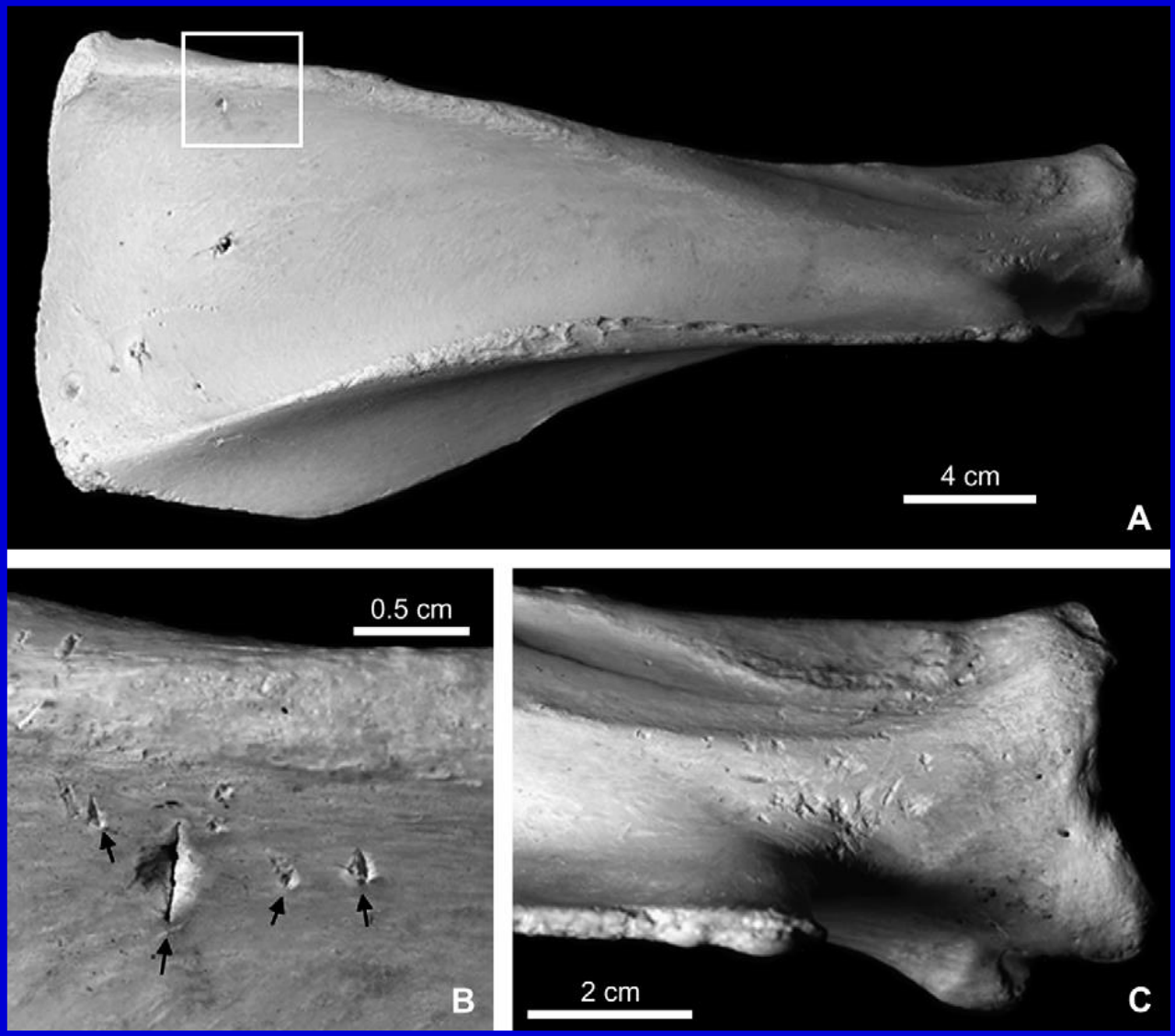




V

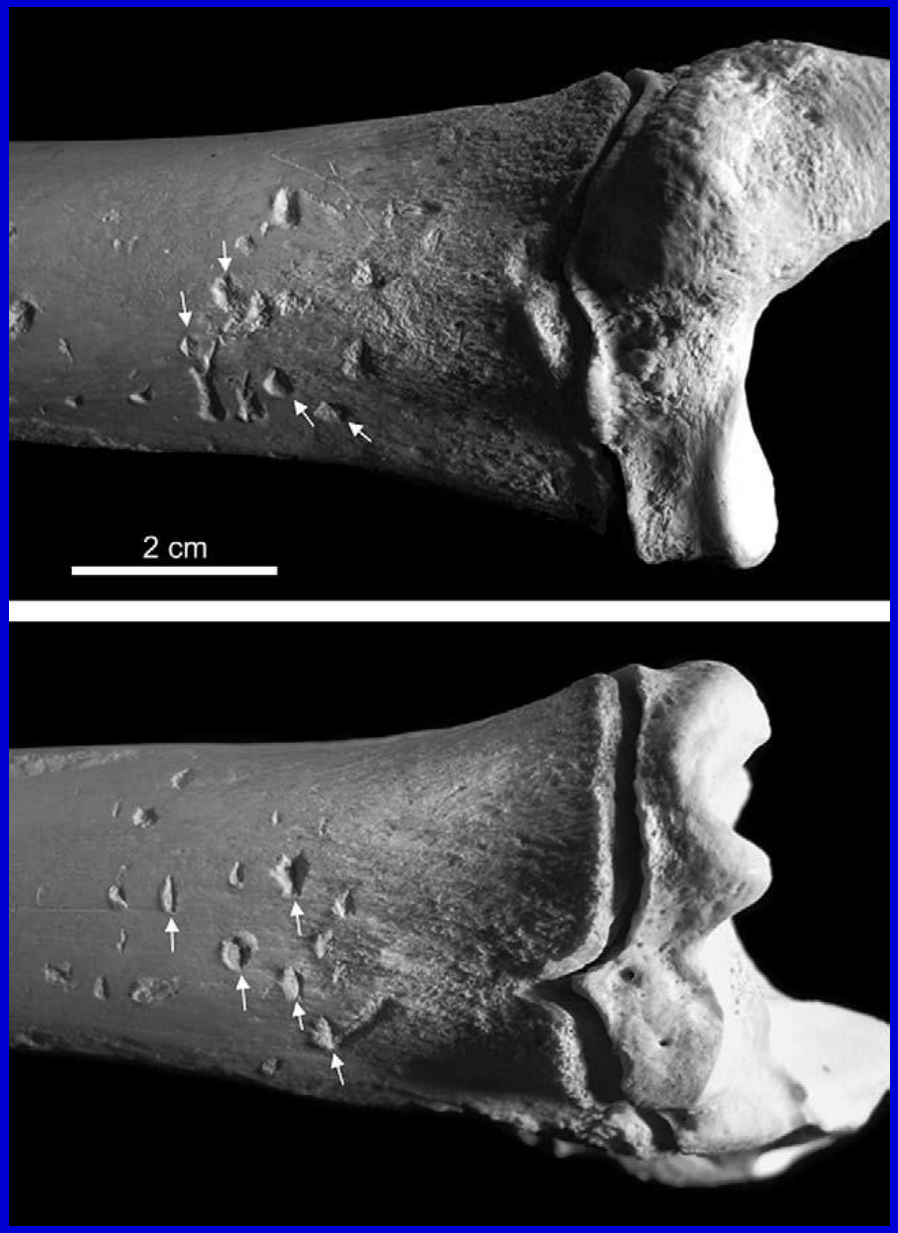
Photos d’articles scientifiques
Dents de crocodile

Blumenschine RJ, Njau JK , 2006 A diagnosis of crocodile feeding traces on larger mammal bone, with fossil examples from the Plio-Pleistocene Olduvai Basin, Tanzania. J. Hum. Evol.

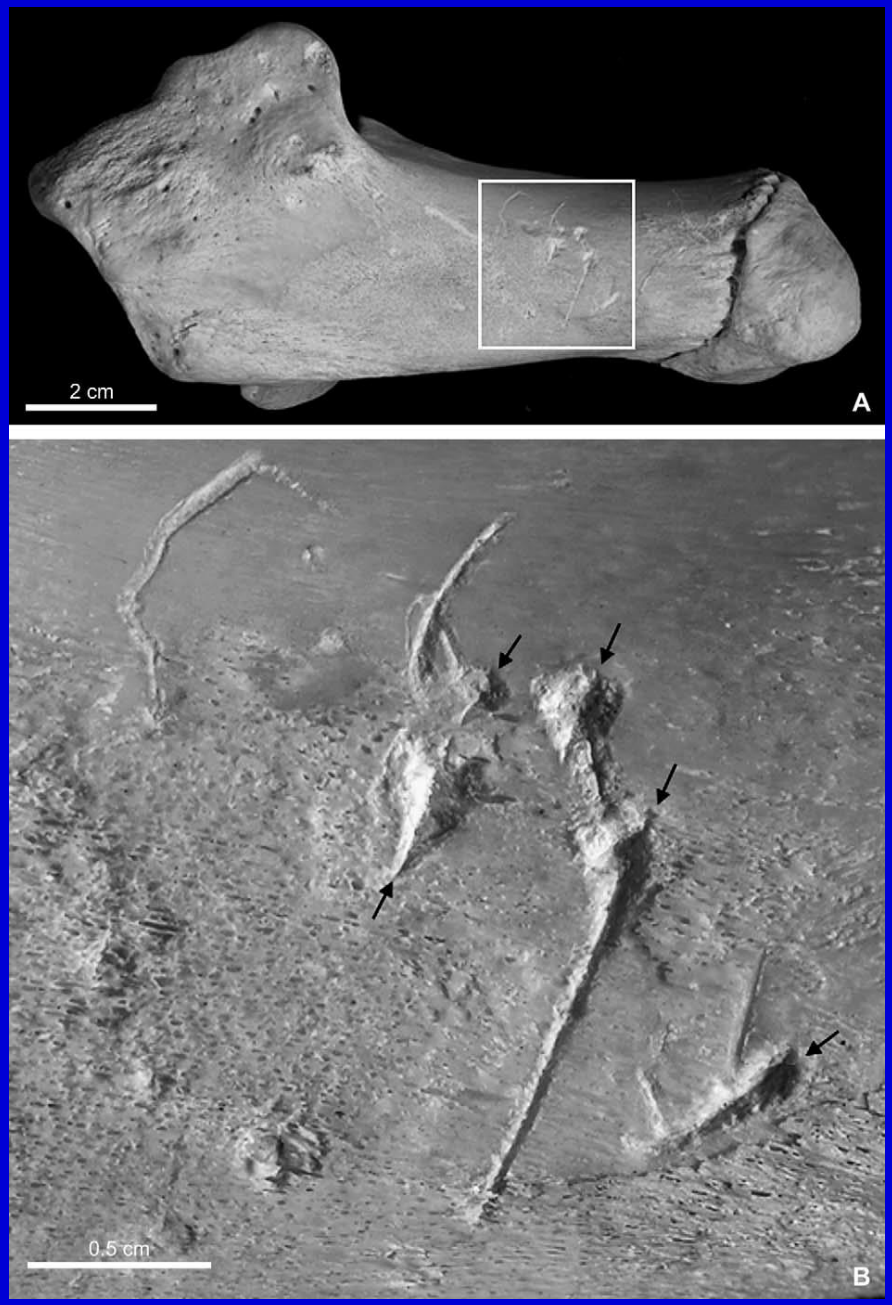


Incisions de crocs de crocodile

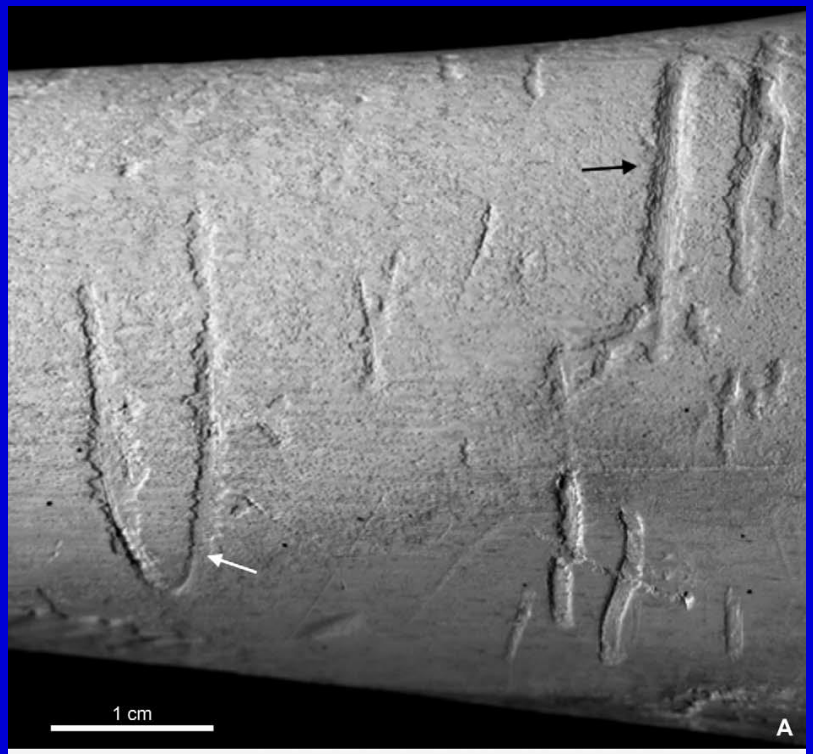
Crocodile

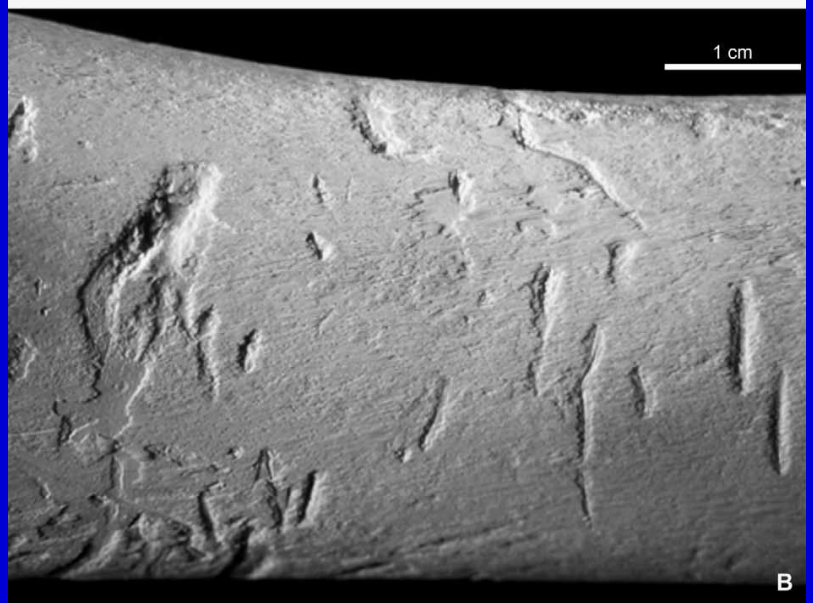


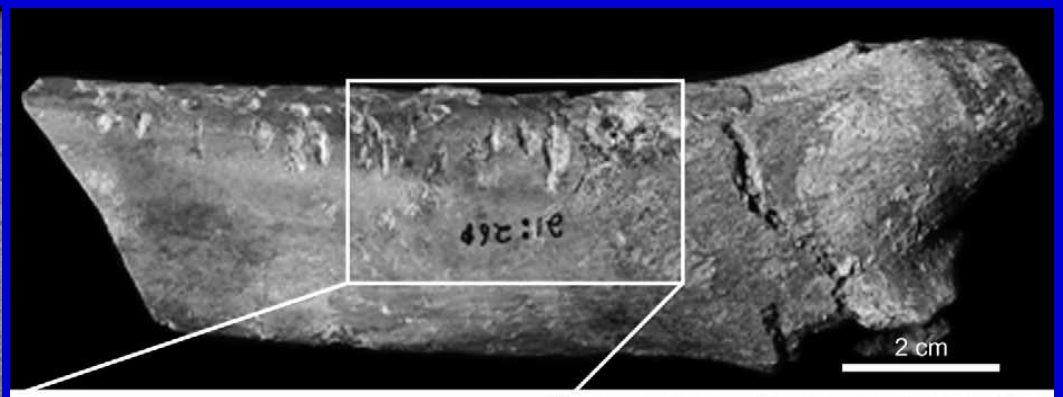
Blumenschine R.J., Njau J.K. 2006

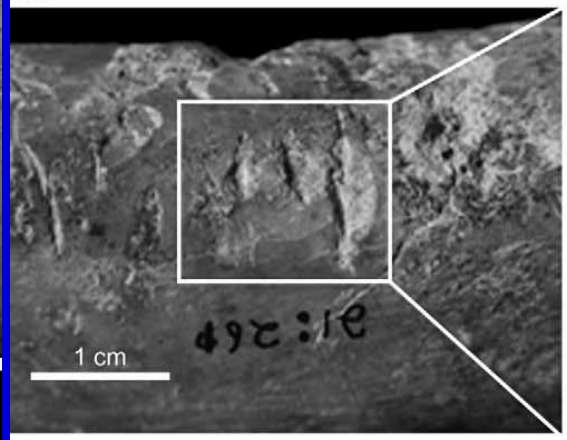


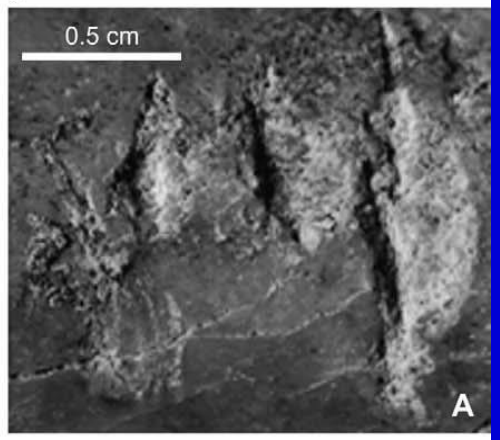
Crocodile, Blumenschine R.J., Njau J.K. 2006

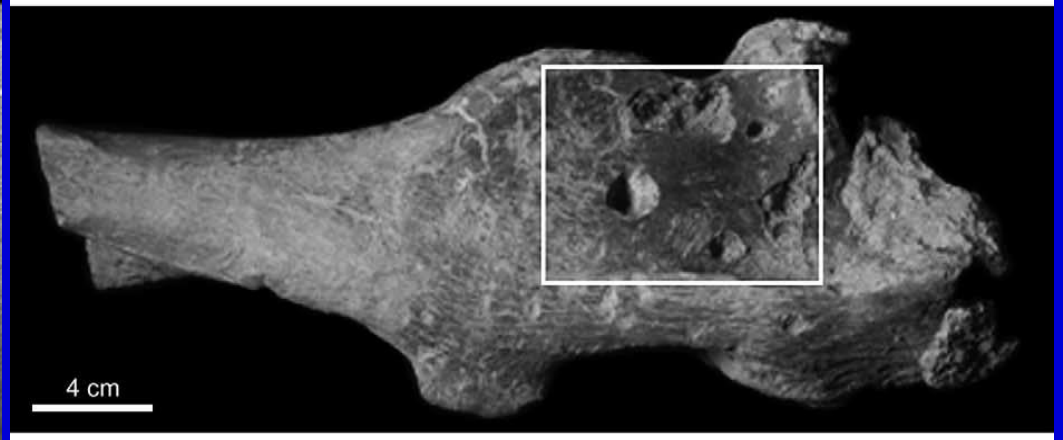


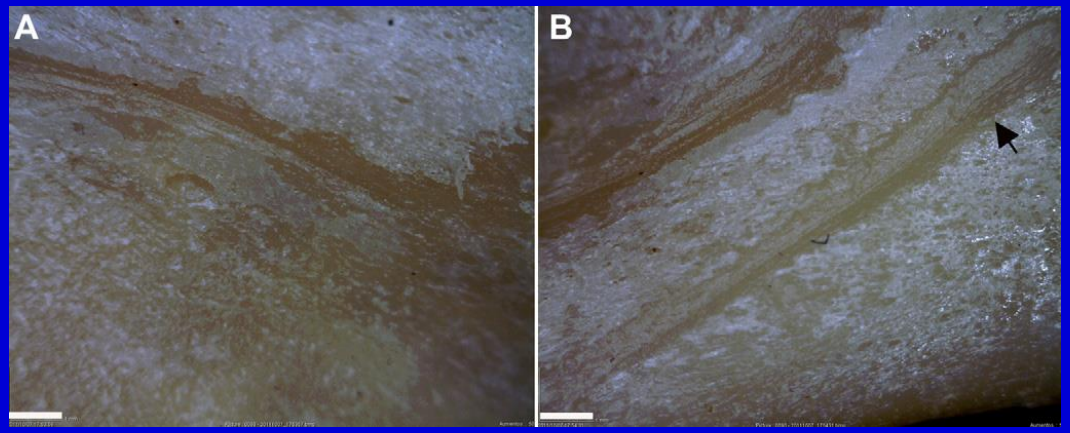












« An experimental study of large mammal bone modification by crocodiles and its bearing on the interpretation of crocodile predation at FLK Zinj and FLK NN3 » E. Baquedano, M. Domínguez-Rodrigo, C. Musiba 2012 Journal of Archaeological Science

Tooth scores made by crocodiles, showing three discontinuous microstriations (A) and more continuous microstriations (B). In both images it can be seen that scores are either curvy or, if they are generally straight, they have sections with a curved trajectory (arrow). Scale = 1 mm.



Tooth score lacking microstriations, showing internal crushing and shoulder flaking made by crocodiles Scale = 1 mm.



Crocodile tooth score showing straight trajectory and internal microstriations. Scale = 200 µm

VI

Photos d’articles scientifiques
Raclage aléatoire de graviers (trampling)
vs traces intentionnelles

« Les critères les moins critiqués pour définir un schéma de boucherie restent ceux de E. D. Guilday (1962) : récurrence dans la distribution des traces et localisation en fonction de l'anatomie.

Pour (Olsen et Shipman, 1988), les traces issues du mouvement du sédiment contre la surface osseuse ont des caractères qui diffèrent clairement des traces de découpe faites expérimentalement ou retrouvées sur du matériel archéologique.

Par contre, les résultats obtenus par Fiorillo (1984, 1989) et Behrensmeyer (1986) tendent à montrer qu'au contraire, les particules du sédiment créent des traces qui peuvent être confondues et ce même à fort grossissement avec des traces de découpe.

Globalement les schémas de répartition que ces auteurs mettent en avant sont marqués par des caractères aléatoires : diaphyses touchées en majorité, placements aléatoires par rapport à l'anatomie, orientations diverses.».

BARISIC Marilyne 2006

« *Critères de reconnaissance de stries causées par le contact d'objets lithiques avec des ossements sous l'effet du piétinement (Fiorillo, 1989 ; Oliver, 1989 ; Olsen et Shipman, 1988)*

- *Schéma de répartition des stries aléatoire*
- *Diaphyses, ou parties allongées, préférentiellement touchées*
- *Orientation aléatoire des stries*
- *Stries majoritairement courtes*
- *Morphologie de stries très diverse*
- *Stries majoritairement superficielles* »

BARISIC Marilyne 2006

Un cas d'école : Dikika

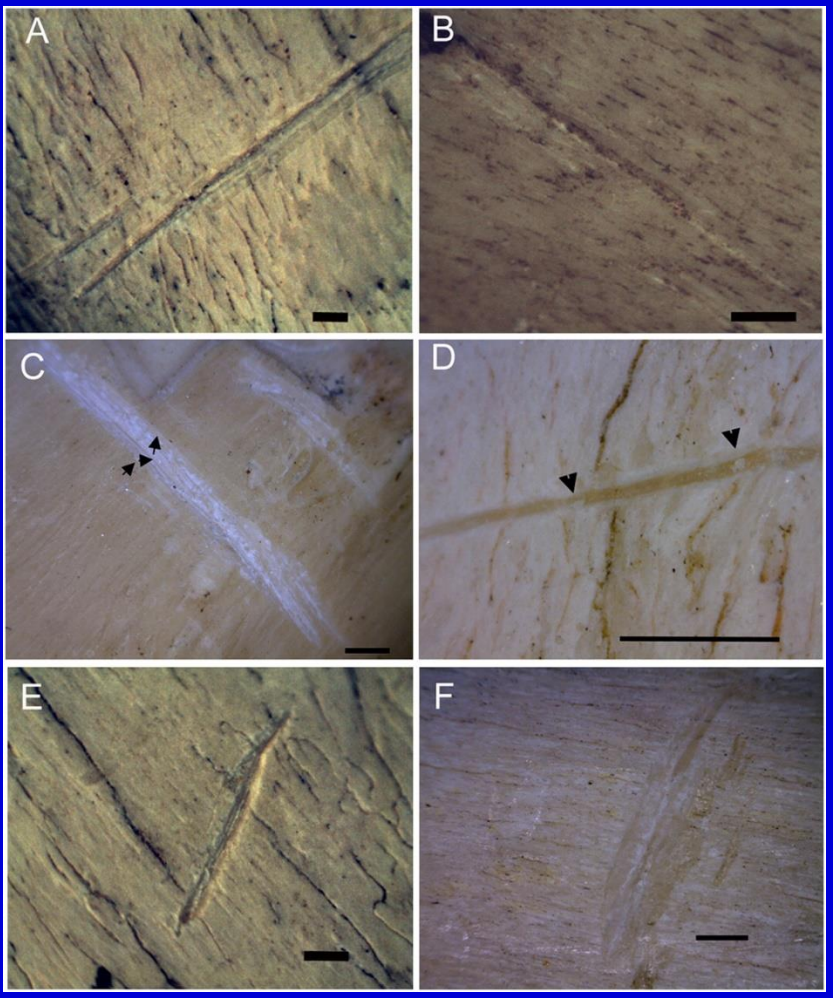
« Marks on 3.4-million-year-old bones not due to trampling, analysis confirms »

« Marks on two 3.4 million-year-old animal bones found at the site of Dikika, Ethiopia, were not caused by trampling, an extensive statistical analysis confirms ».

Thomson J. et al. 2015 Taphonomy of fossils from the hominin-bearing deposits at Dikika, Ethiopia. Journal of Human Evolution



Dikika Research Project



M. Domínguez-Rodrigo et al., PNAS 2010, (échelle: 1 mm.)

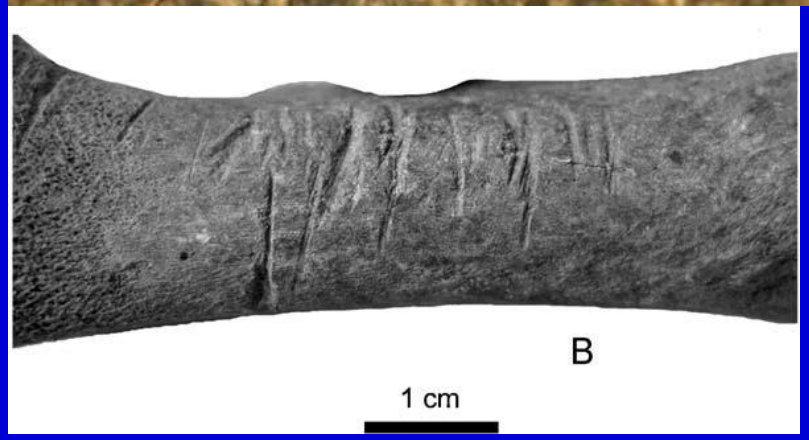
Trampling



Dikika 3,4 Ma

Antilope, Koobi Fora, Kenya, 1.5 Ma. Briana Pobiner





Hippopotame de Madagascar
D. Gommery et al., 2011, Palevol

Traces de découpe

Résultats

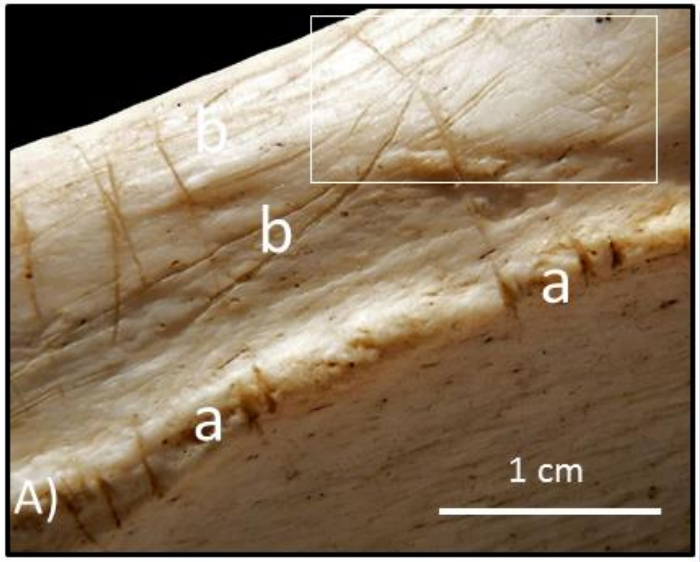
Expérimentation
Tibia de cervidé sauvage un an plus tard



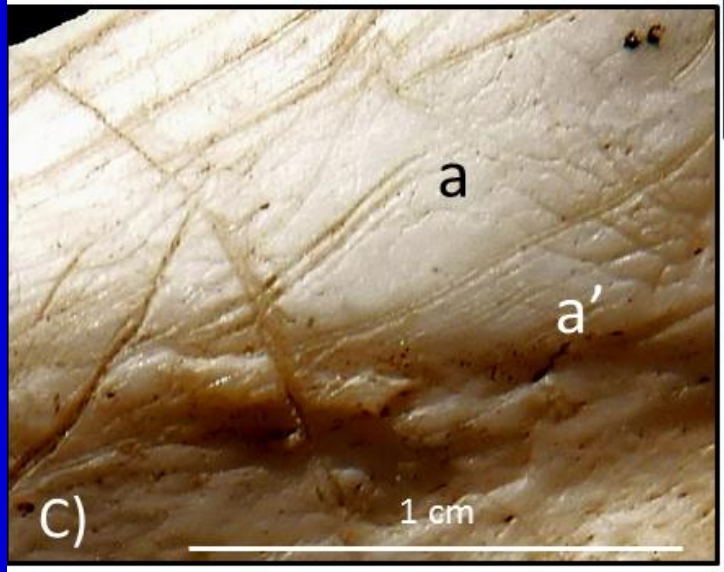
a) incisions profondes dans la crête

b) longues traces à 2 microsillons,

Expérimentation
Tibia de cervidé sauvage un an plus tard







C) Agrandissement du rectangle de A

Métapode de *Sus scrofa domesticus*





L’entaille s’interrompt au bord de la gouttière et du métapode;elle se prolonge sur le bord opposé sans pénétrer la gouttière en profondeur, alors que les dents de carnivores recouvrent l’intégralité des surfaces (gouttière et bord du métapode) (métapode IPH).

Cette topographie correspond à l’affleurement du bord tranchant imposé par le geste de découpe horizontal du poignet

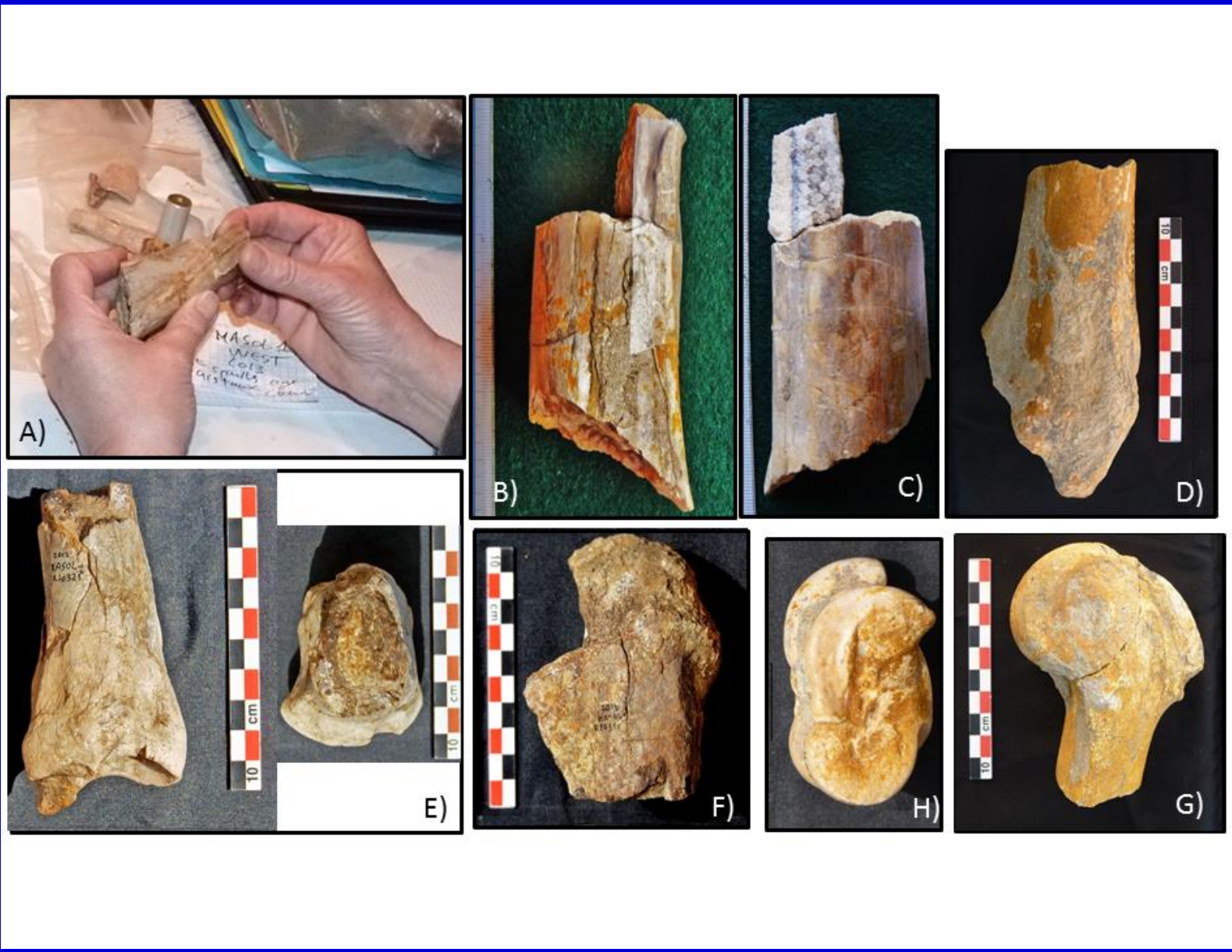
Comparaison avec les incisions fossilisées

Masol 1

Localité du fût tibial



Mukesh Singh 2008
Chopper parmi des os de tortues dans des limons en cours d'érosion



Le fût tibial (A,B,C) est le seul fossile de son périmètre immédiat (D,E,F,G,H) avec des traces de tranchants lithiques; tous ont la teinte jaune des limons D





© A. Dambricourt Malassé

Ces traces organisées autour d'une crête d'insertion musculaire ont 2,6 millions d'années. Elles sont patinées comme l'ensemble de l'os cortical sur cette extrémité et cette face de l'os.

La cristallisation de la cavité médullaire indique que le tibia était entier lorsqu'il fut enfoui dans les sédiments, ces derniers ont été alternativement inondés et exondés.

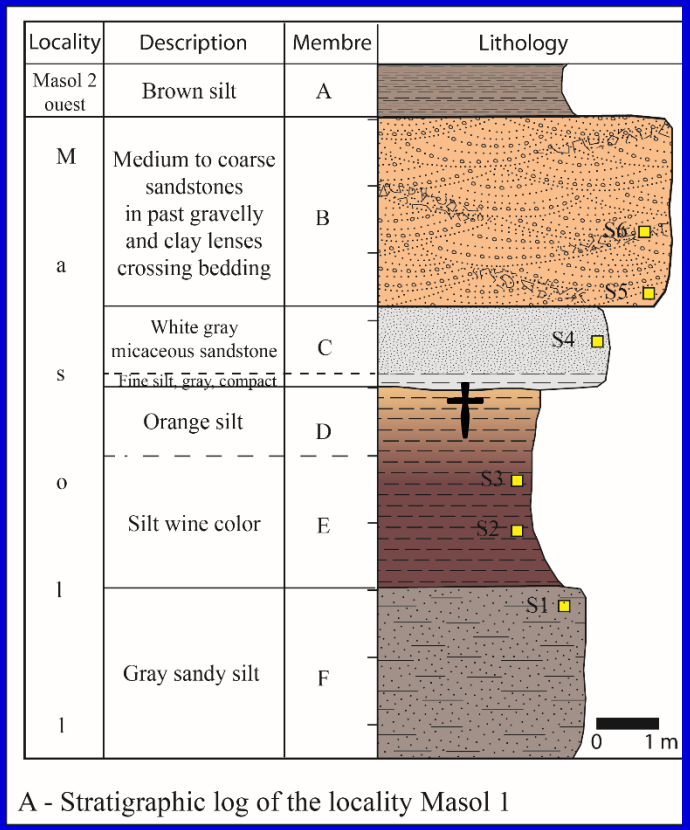






L’os cortical du fût tibial est de la teinte jaune des limons D avec par endroit des encroutements du sable fin micacé C

Granulométrie des sédiments et origine stratigraphique du fût tibial d'après la minéralisation, la teinte et l'extraction des autres fossiles du périmètre immédiat



A - Stratigraphic log of the locality Masol 1

Salah Abdessadok et al. 2016

	Argiles	Limons	Sable fins	Sable moyens	Sable grossiers
granulométrie	< 2 µm	2-40 µm	40-200 µm	200-500 µm	500-2000 µm
sable grossier à graveleux S6	4	36	29	22	8
sable moyen à grossier S5	1	14	35	42	8
sable fin micacé gris S4	2	34	43	21	1
argiles (upper) S3	5	46	47	3	0
argiles (lower) S2	0	56	44	0	0
limons S1	2	49	47	1	0

Les fossiles environnants la diaphyse collectés dans les sédiments en place proviennent des limons D et E.

Le tibia provient de la partie supérieure des limons D (Orange silt) dont la granulométrie est 51% ≤ 40 µm, 47% entre 40 et 200 µm et 0% ≥ 500 µm

Taille d'un *Leptobos*



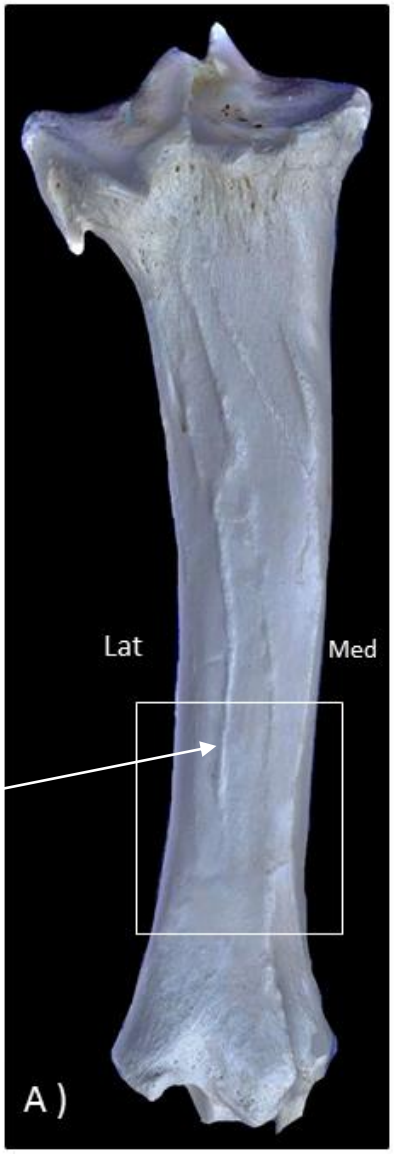
Museo di Paleontologia di Firenze

Localisation du fragment de tibia



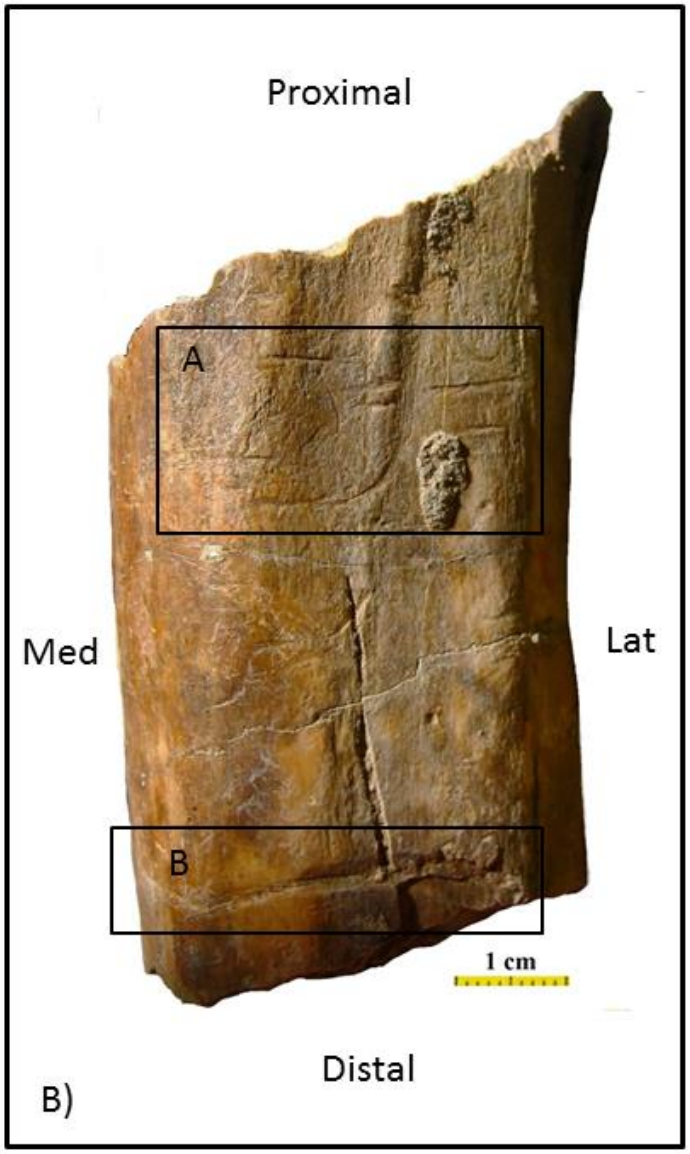
Face postérieure (caudale) 2 groupes de traces

A : zone d'une crête d'insertion aponévrotique, B : longue trace depuis la face crâniale

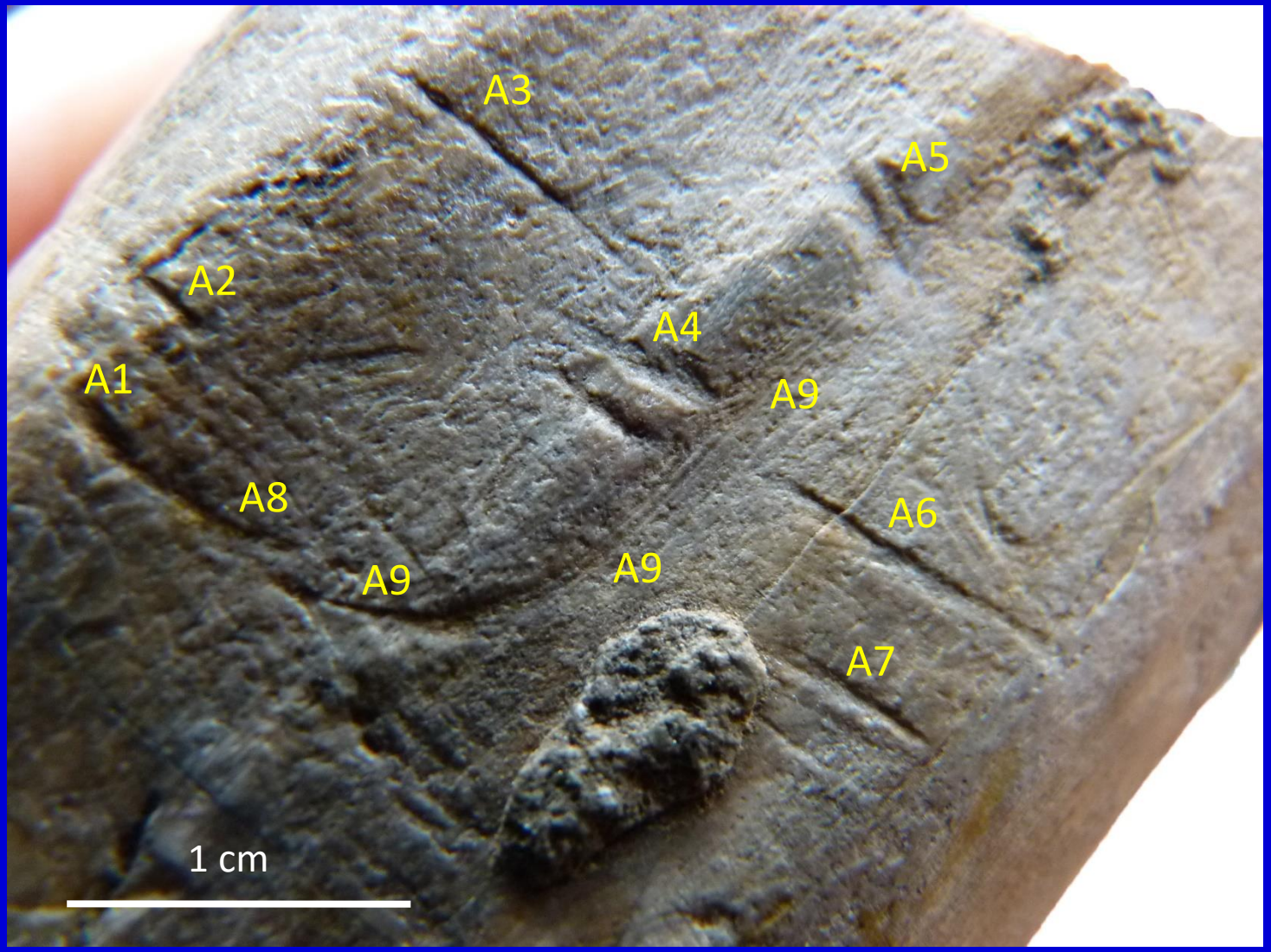


Crête d'insertion

Localisation sur un tibia de vache Actuelle



8 cm



Trois groupes de traces ont été retenus : A1, A8 et A9; A4, A5, A6 et A7; A2 et A3 en raison de ces autres traces.

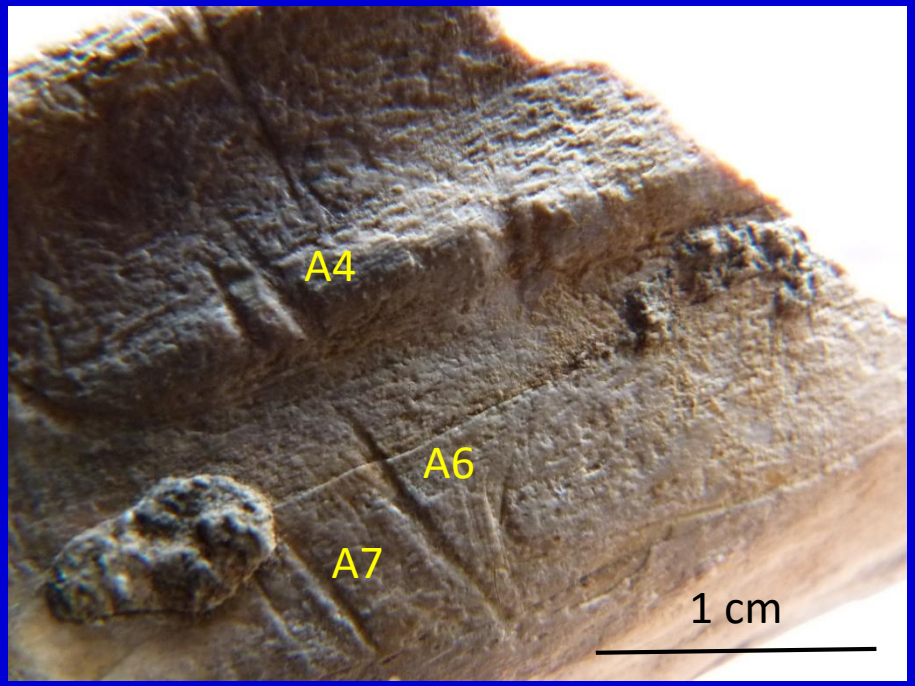
Elles sont organisées en fonction de la crête d'insertion



A5 : deux incisions profondes parallèles juste sur la crête d'insertion identiques à l'expérimentation sur le tibia de cervidé. Le sens du mouvement se lit selon l'affinement de l'entaille de la crête vers le bord latéral du tibia.

Il est physiquement impossible d'obtenir des incisions de cette taille (largeur et profondeur) avec les grains du sable micacé C qui forme les encroûtements visibles et encore moins avec le limon dans lequel l'os et les traces furent fossilisés.

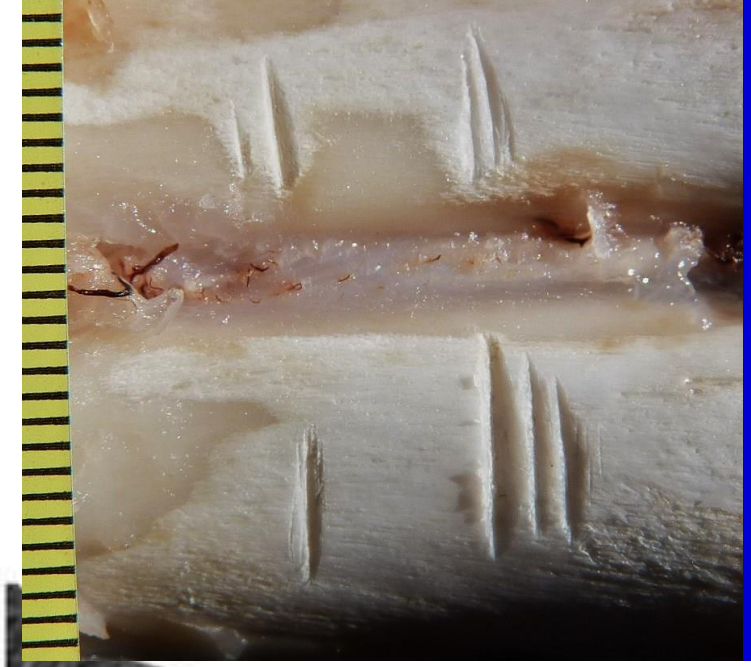
Comparaison des traces A4, A6 et A7 sur et sous la crête d'insertion avec les traces expérimentales

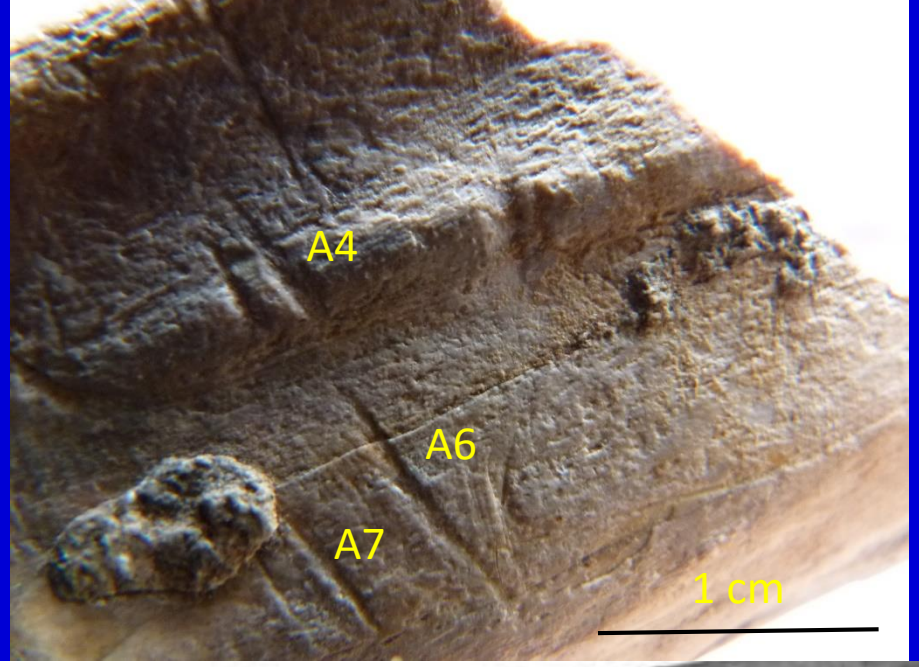




Les deux incisions A4 ont la forme en « pirogue » typique d'un tranchant de quartzite tenu par une main suivant un mouvement horizontal;
A6 est le prolongement de la plus longue des deux traces A4: on observe l'absence d'incision jusqu'à la base de la crête, le saut entre A4 et A6 est typique d'un geste manuel horizontal et d'un tranchant qui affleure l'os. La variation du profil de la section permet de suivre le sens du mouvement du tranchant, celui-ci a commencé sur la crête et s'est poursuivi en direction du bord du tibia.
Le parallélisme de A7 avec A4 et A6, la présence de barbelures émoussées en direction de la crête et la rectitude de la trajectoire indiquent une succession de trois mouvements parallèles dans le sens « crête-bord du tibia ». Ce n'est pas une denture de carnivore qui recouvre l'ensemble de la surface osseuse.

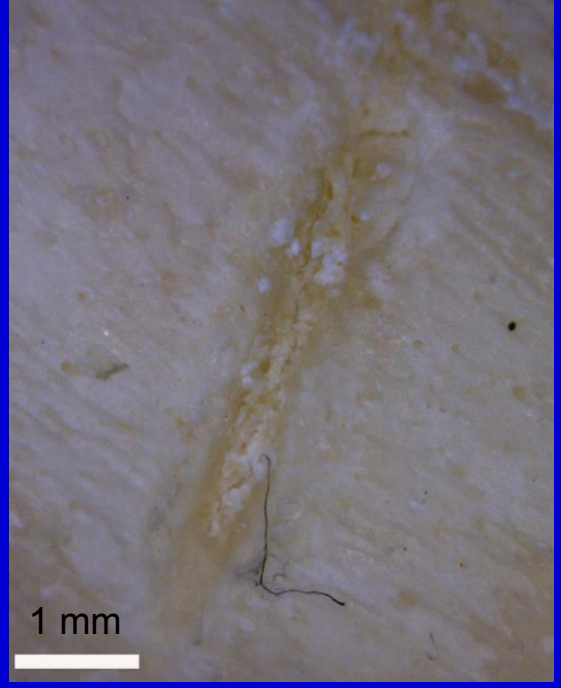
Forme en «pirogue»







Hippopotame de Madagascar
D. Gommery et al., 2011, Palevol



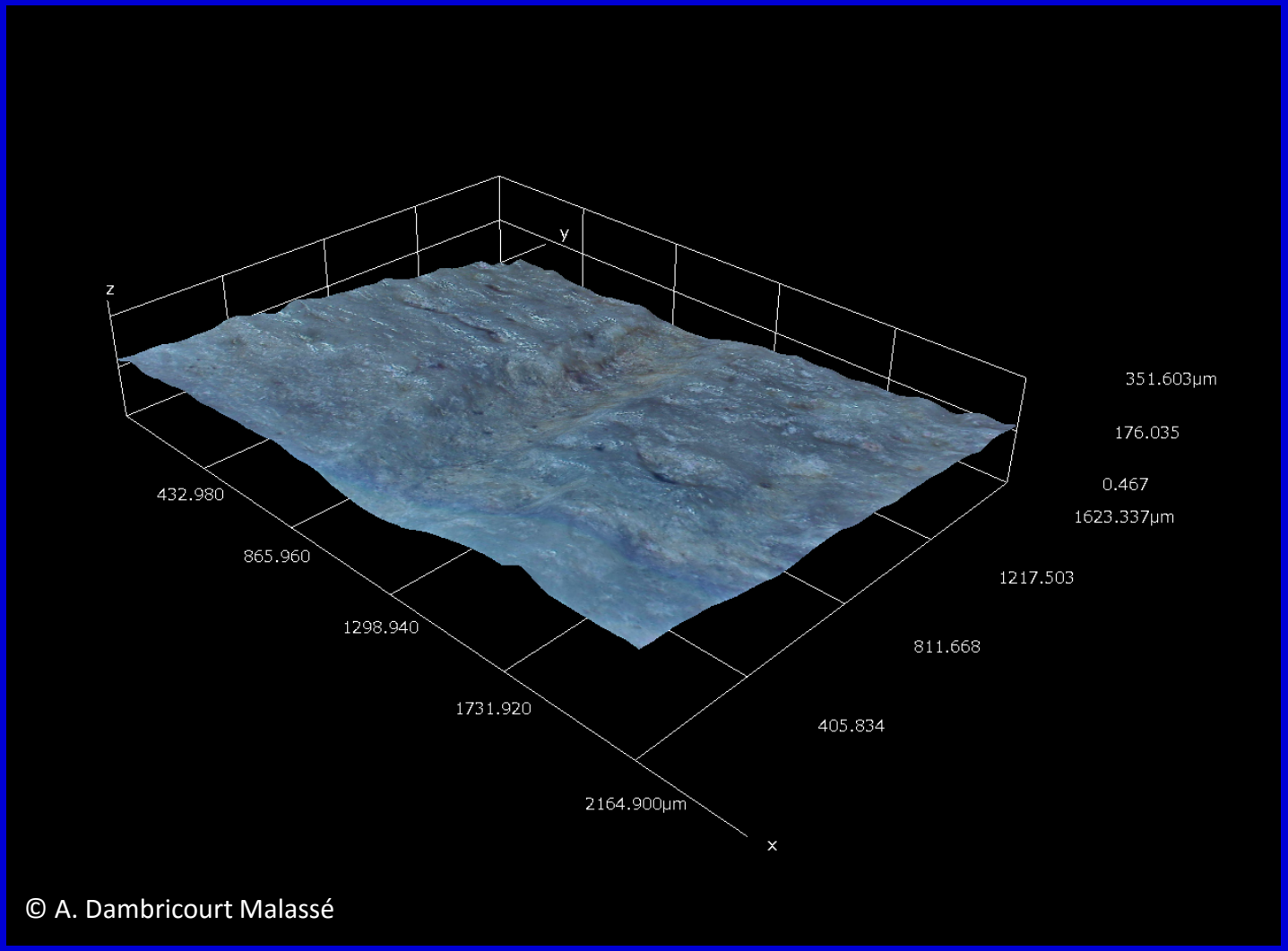


Trace de crocodile
Baquedano et al. 2012



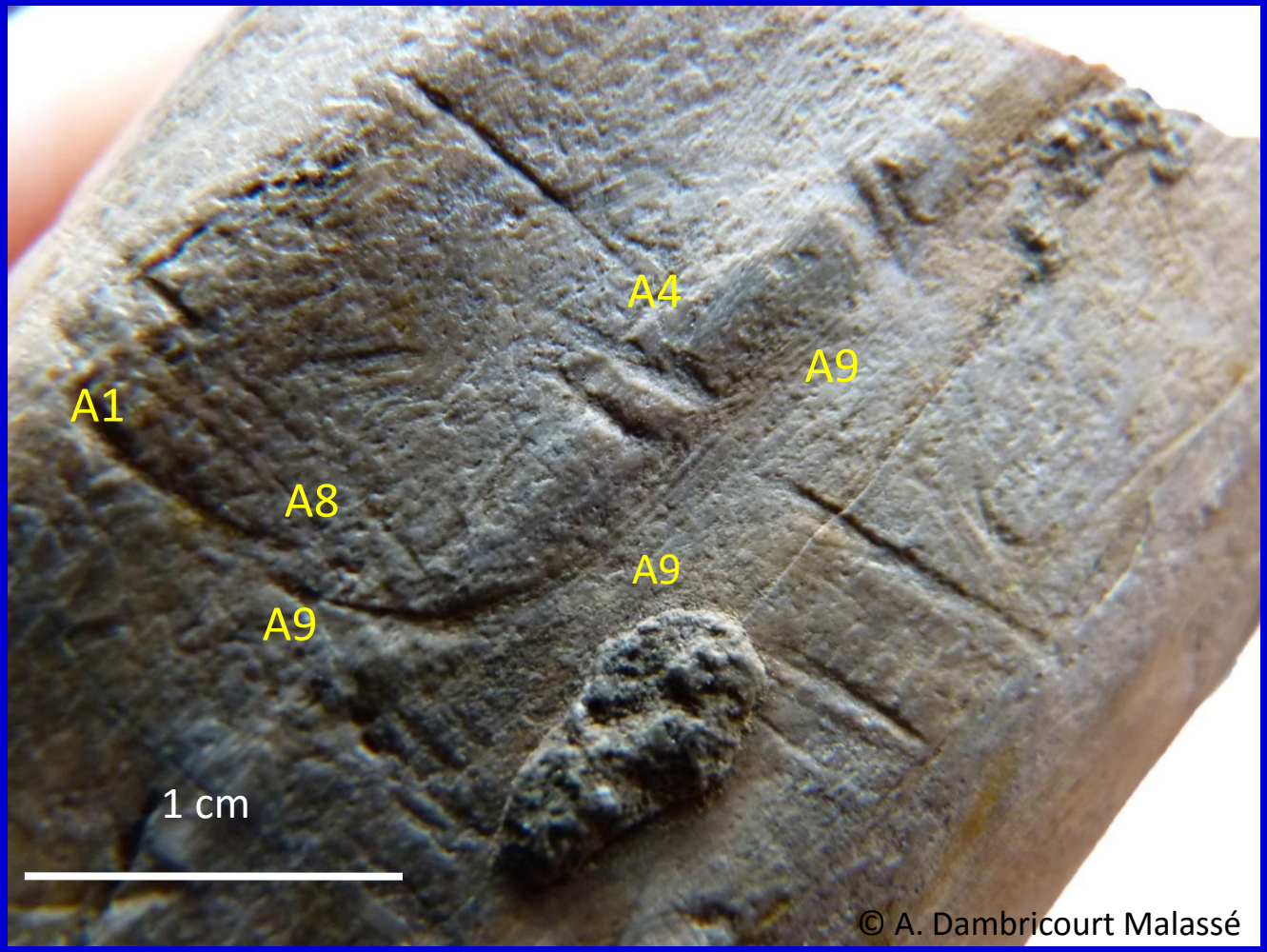
Aucune similitude avec une trace de croc de crocodile

La largeur de la grande A4 est supérieure à 400 µm



Le trampling est catégoriquement exclus (98% des grains de l'encaissant ≤ 200 µm)

Le groupe de trace A1, A8 et A9



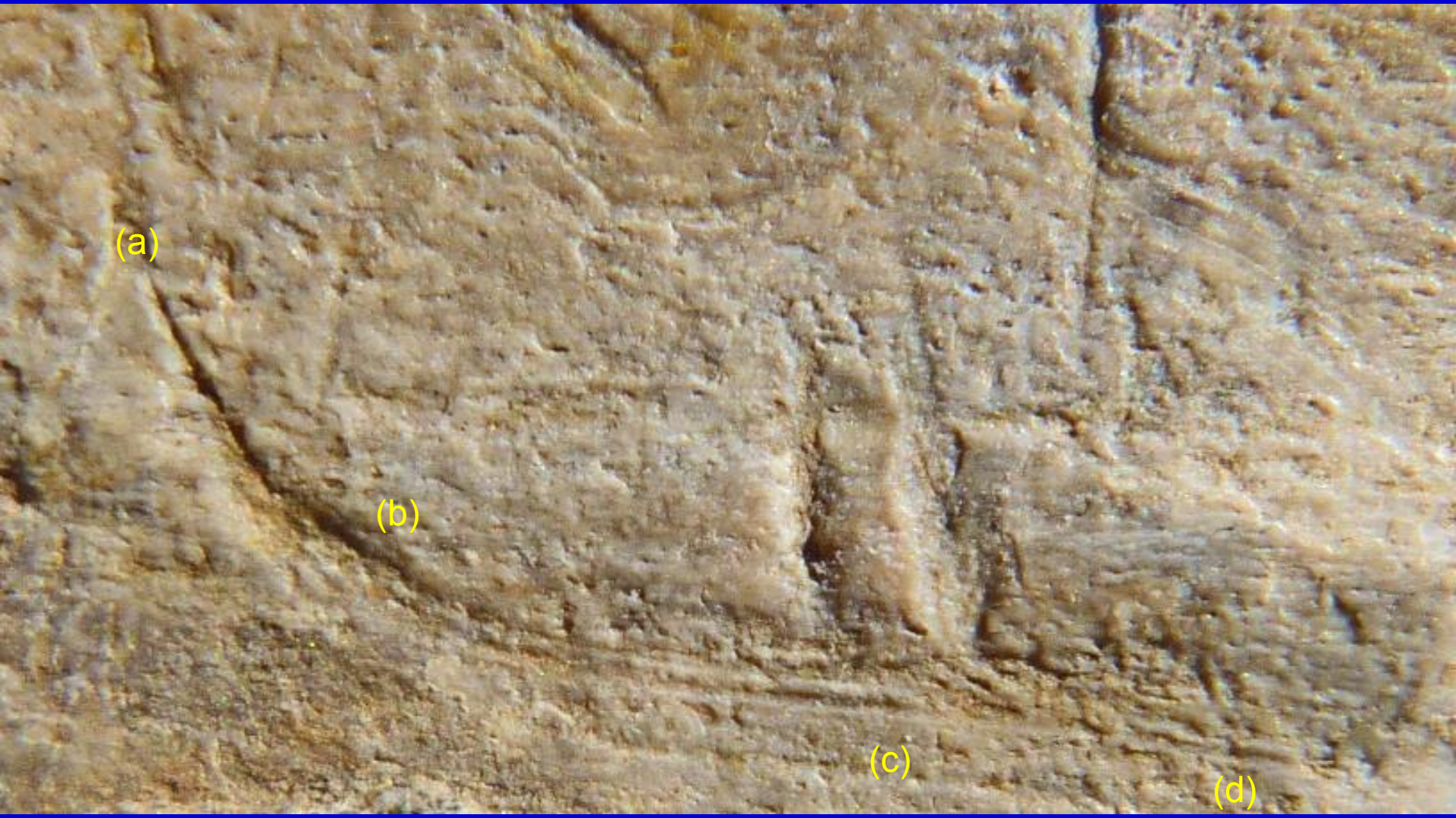
A8 est la terminaison affinée de A1 qui débute avec une forte pression sur le bord de l'os, sa trajectoire s'incurve à l'approche de la crête, le mouvement l'aurait conduite au-dessus.
A9 débute légèrement décalée à côté de la terminaison de A8, à peu près à la même « hauteur » qu'A4 avec une incision encore plus fine du tranchant, ce qui déplace le même mouvement amorcé en A8 sur la crête où la pression augmente avant que le geste se prolonge sous la crête sur plus d'un centimètre.

Vue des traces sous un éclairage différent

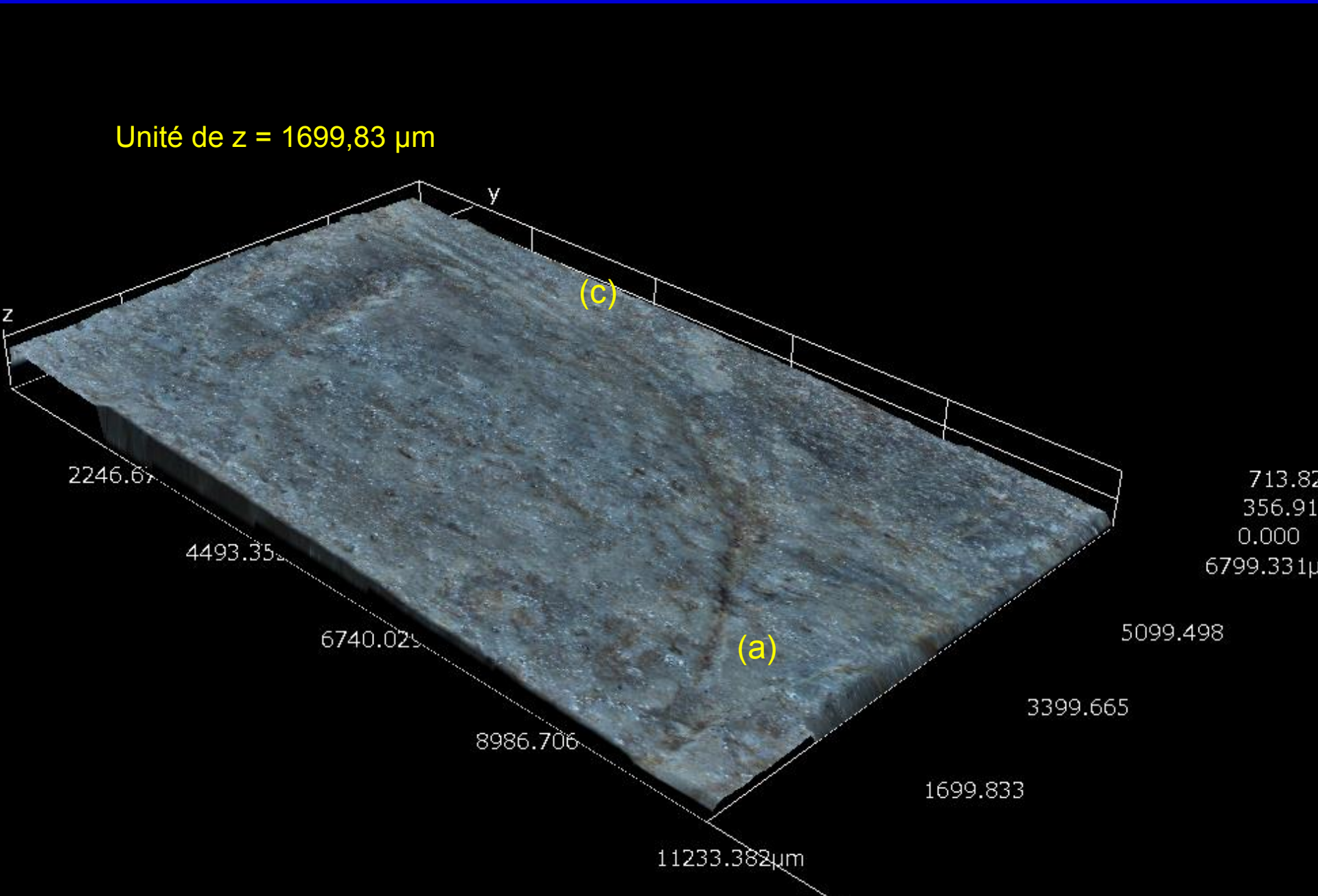


© A. Dambricourt Malassé

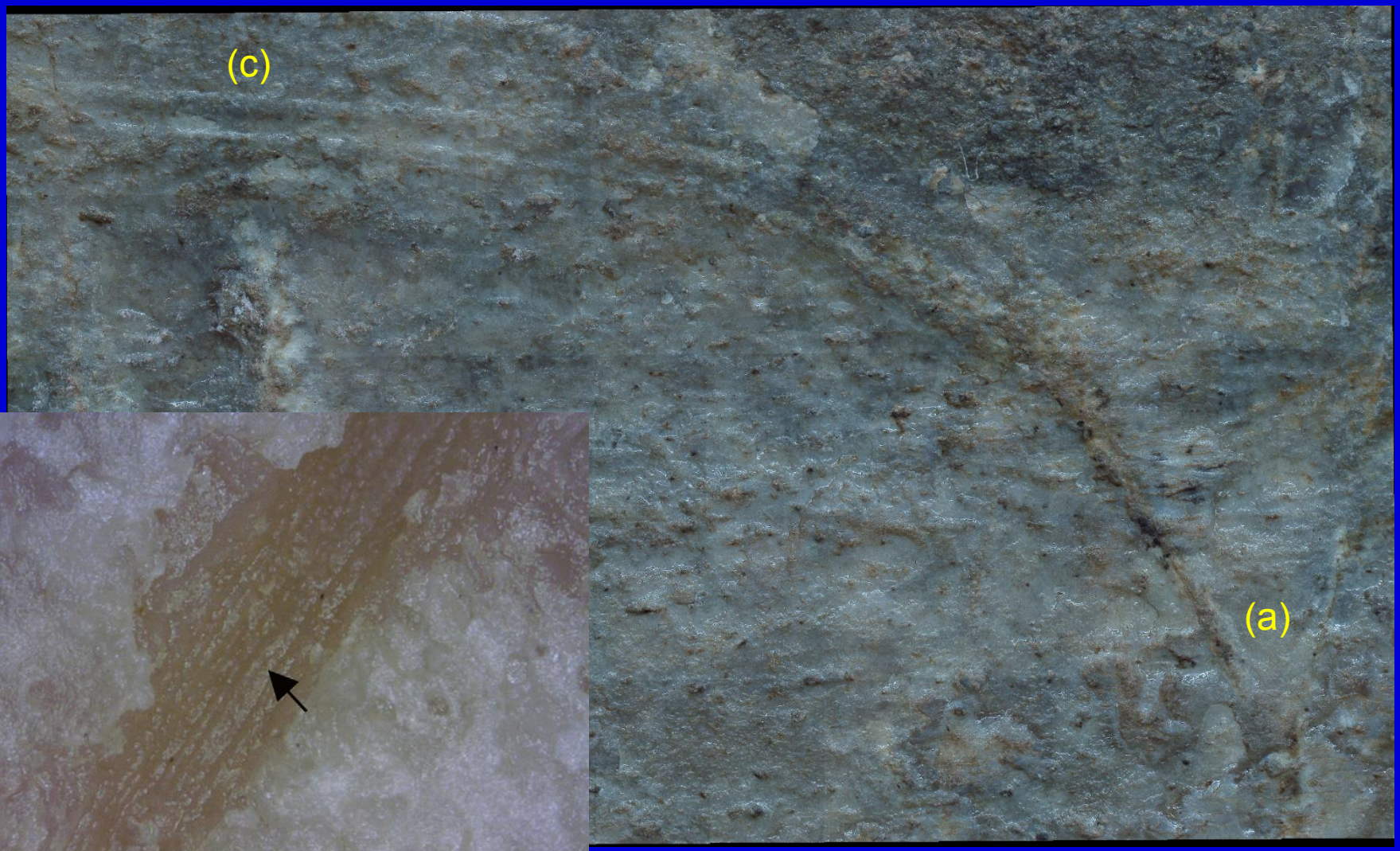
L’entaille de A9 forme un fin sillon (a), celui-ci se dédouble et gagne en pression (b) en formant 2 sillons seulement avec l’incurvation de la trajectoire sur la crête d’insertion, ils se prolongent rectilignes sous la crête et les deux grandes entailles (c) et au-delà (d)



Le microscope Hirox 3D confirme la présence de 2 sillons uniquement
La largeur de la trace exclut catégoriquement le trampling

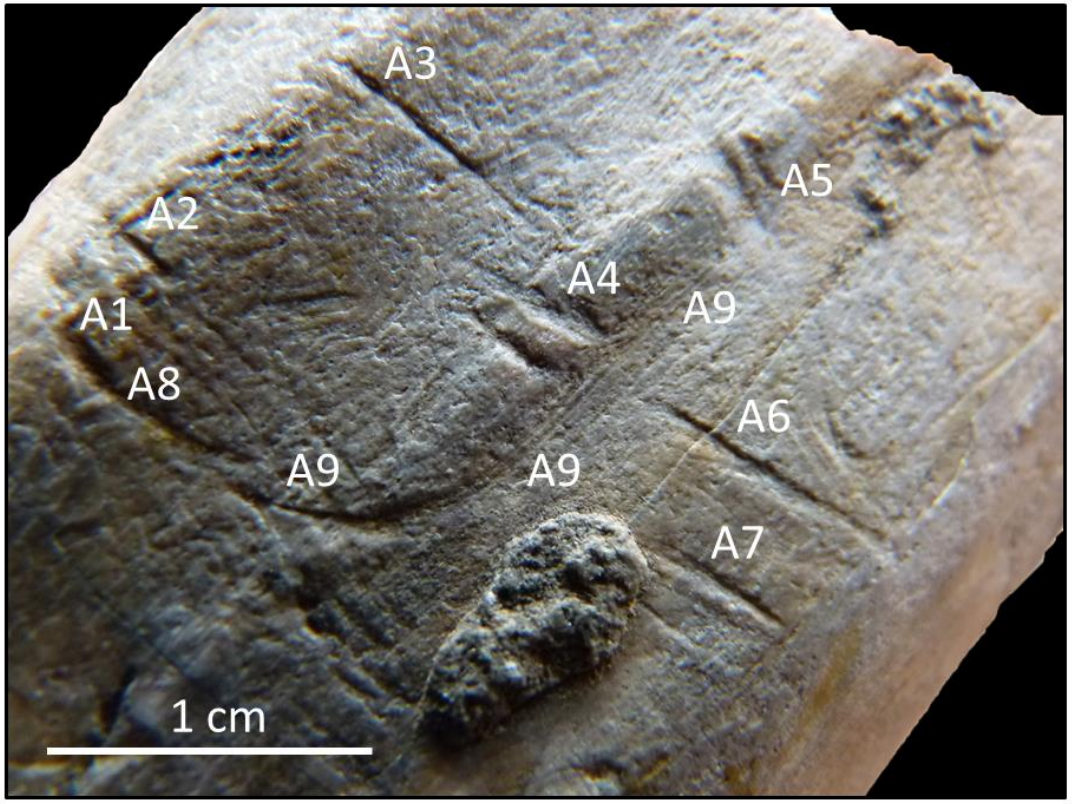


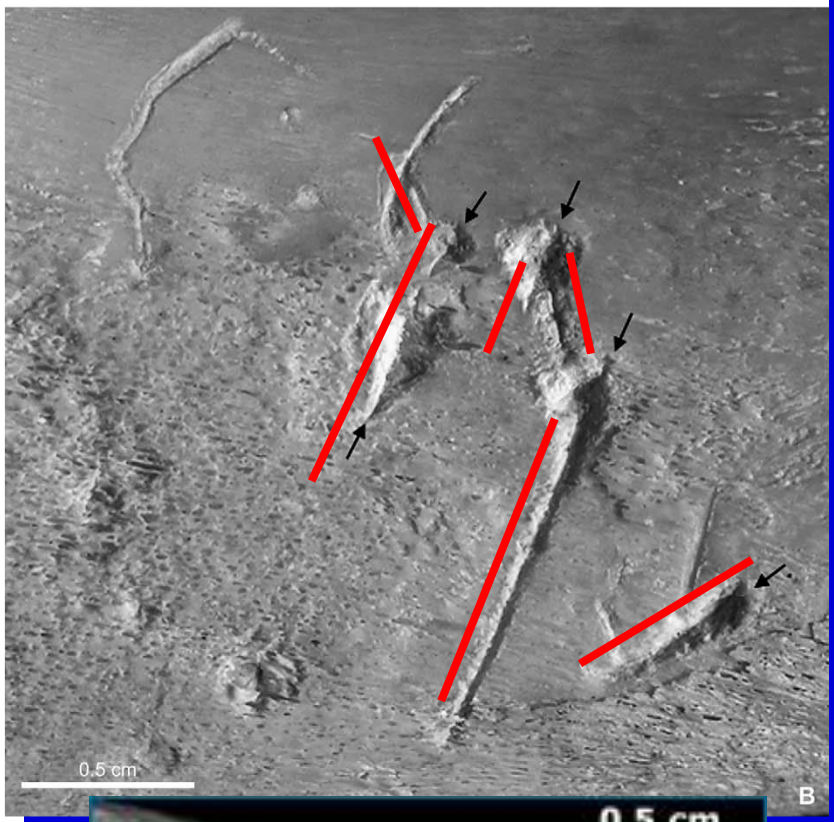
1 sillon puis 2 sillons seulement rectilignes sur plus d'1 cm



Multiples microsillons de dents de crocodile, Baquedano et al. 2012

Vue au microscope Hirox 3D





Le parallélisme rectiligne,
l'absence d'impact de croc à l'amorce de la trace,
la forme en «pirogue »,
une courte incurvation profonde sur la crête suivie d'un long tracé rectiligne à 2 sillons,
ne correspondent en rien au patron des dents de crocodile et aux raclures de trampling.



(Njau, 2006)

-Bilan du groupe A

-Des entailles organisées par rapport à une crête d'insertion d'aponévroses:

- Au moins 6 traces parallèles et perpendiculaires à la crête d'insertion, dont quatre sur la crête deux à deux parallèles très rapprochées, deux très courtes qui ne la dépassent pas, et deux plus longues, partant sur la crête et se poursuivant vers le bord du tibia.

- La crête est cisaillée six fois et toujours de manière ordonnée par rapport aux insertions aponévrotiques

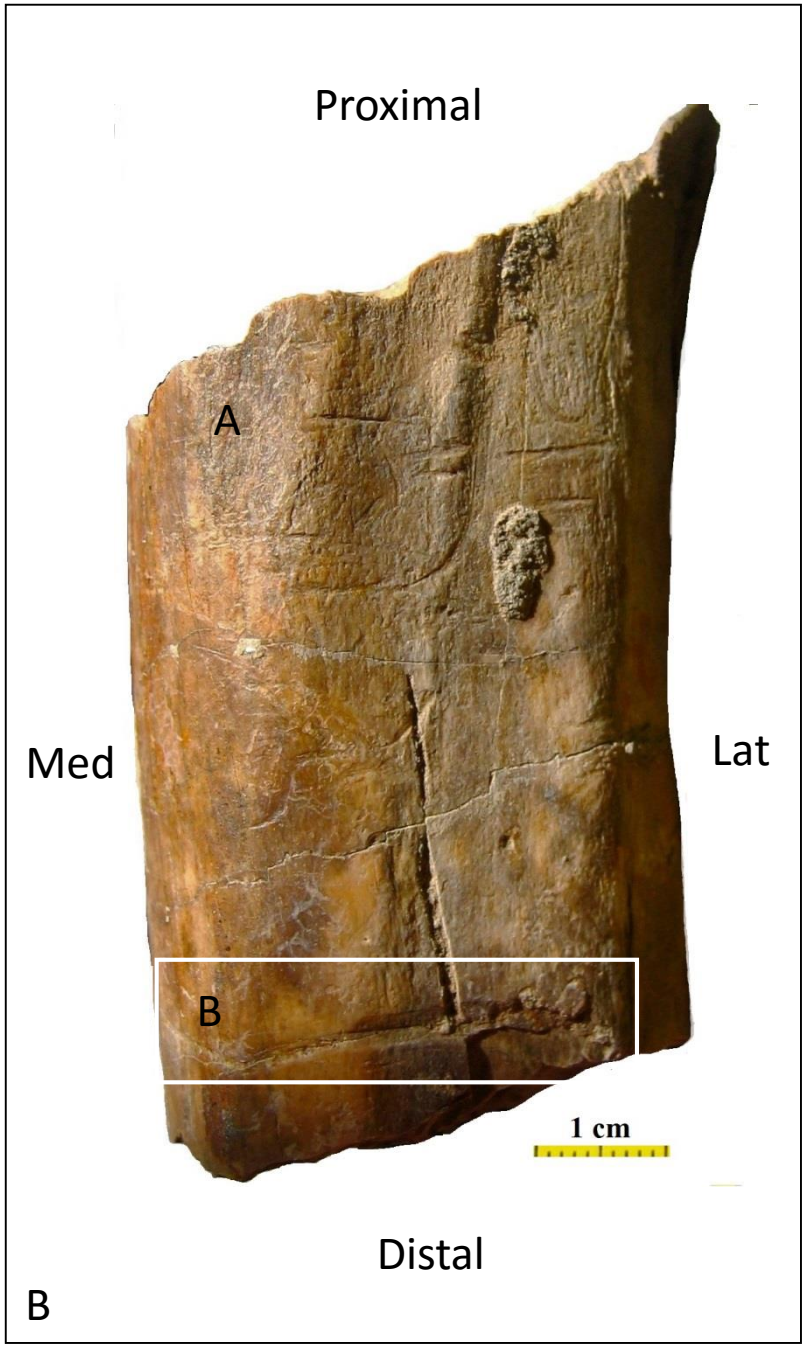
- Une longue trace part du bord médial en direction de la crête en s'incurvant et en s'affinant, elle s'interrompt, elle se décale latéralement et reprend le même mouvement, avec le même profil tranchant formant un seul sillon, ce décalage a pour effet de sectionner la crête d'insertion aponévrotique, l'incurvation donne alors naissance à deux sillons parallèles qui se poursuivent très précisément sous la crête où s'insèrent également les attaches des aponévroses.

- Les traces ont toutes le même sens de la face médiale vers la face latérale et s'orientent par rapport à la crête où se concentrent les incisions.

L’ensemble B

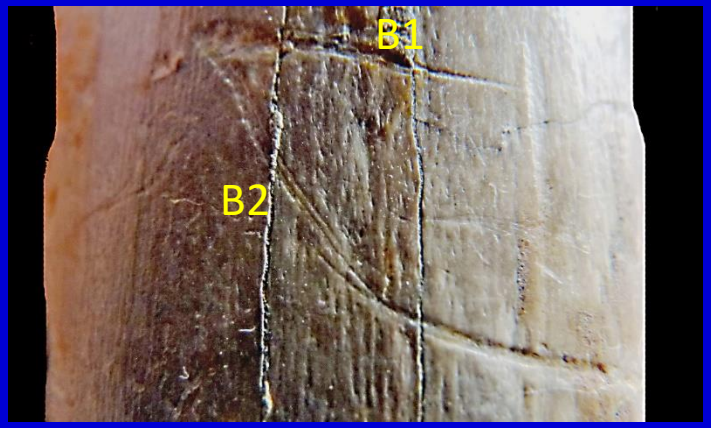
Localisation sur un tibia de vache actuelle





Ce sont deux traces d'un même geste B1 et B2 . La première est courte, la seconde reprend sur l'entaille de départ face crâniale du tibia, est devient au contraire très longue, elle entoure trois côtés du fût en terminant sa course sur la face caudale interrompue par la fracturation de l'os.

face craniale



face médiale



face caudale

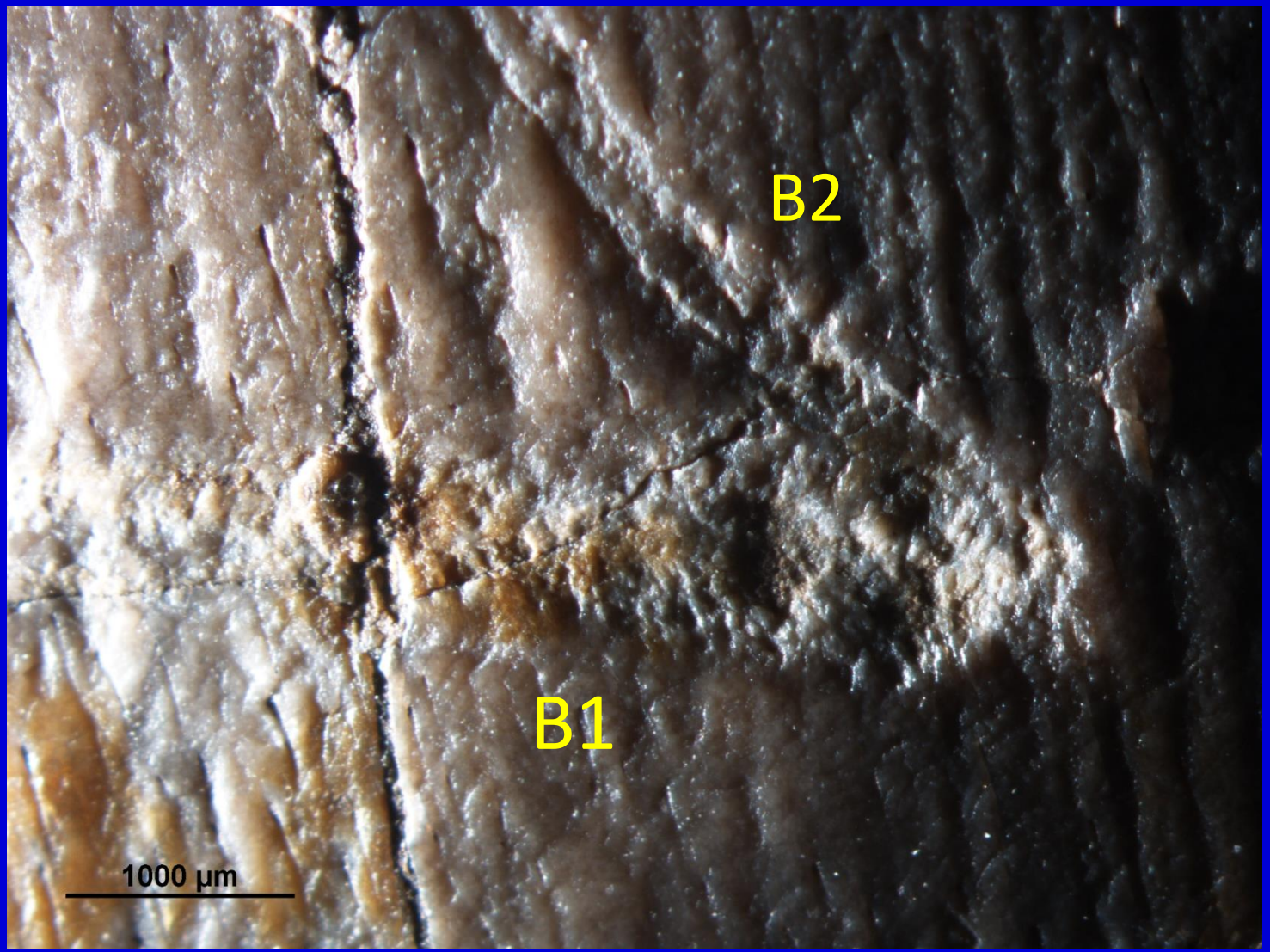


Elle est altérée de façon inégale mais la trajectoire est suffisamment longue pour livrer des informations sur la nature du tranchant, de la dynamique du mouvement et de la force motrice.
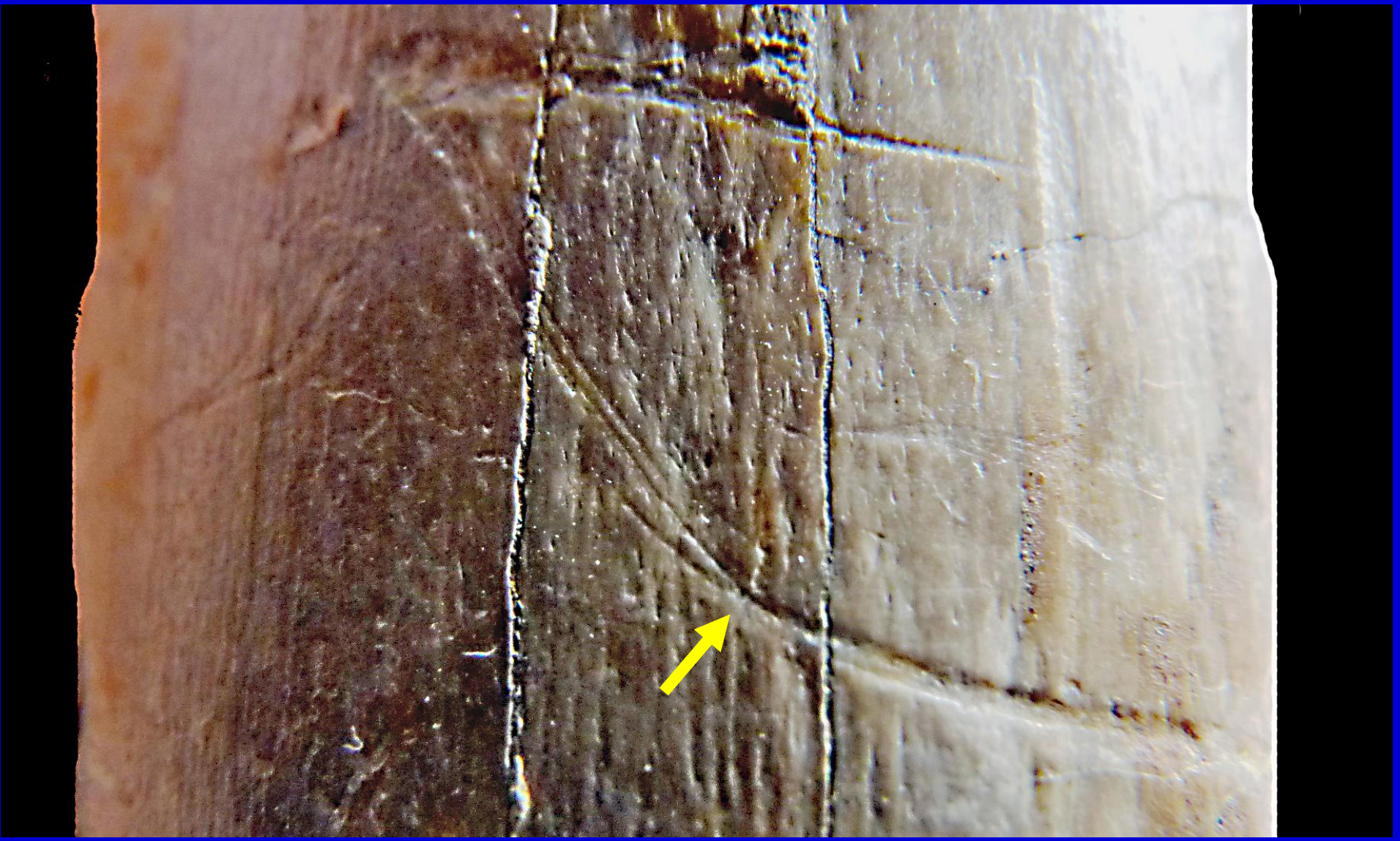
Amorce de la trace sur la face craniale



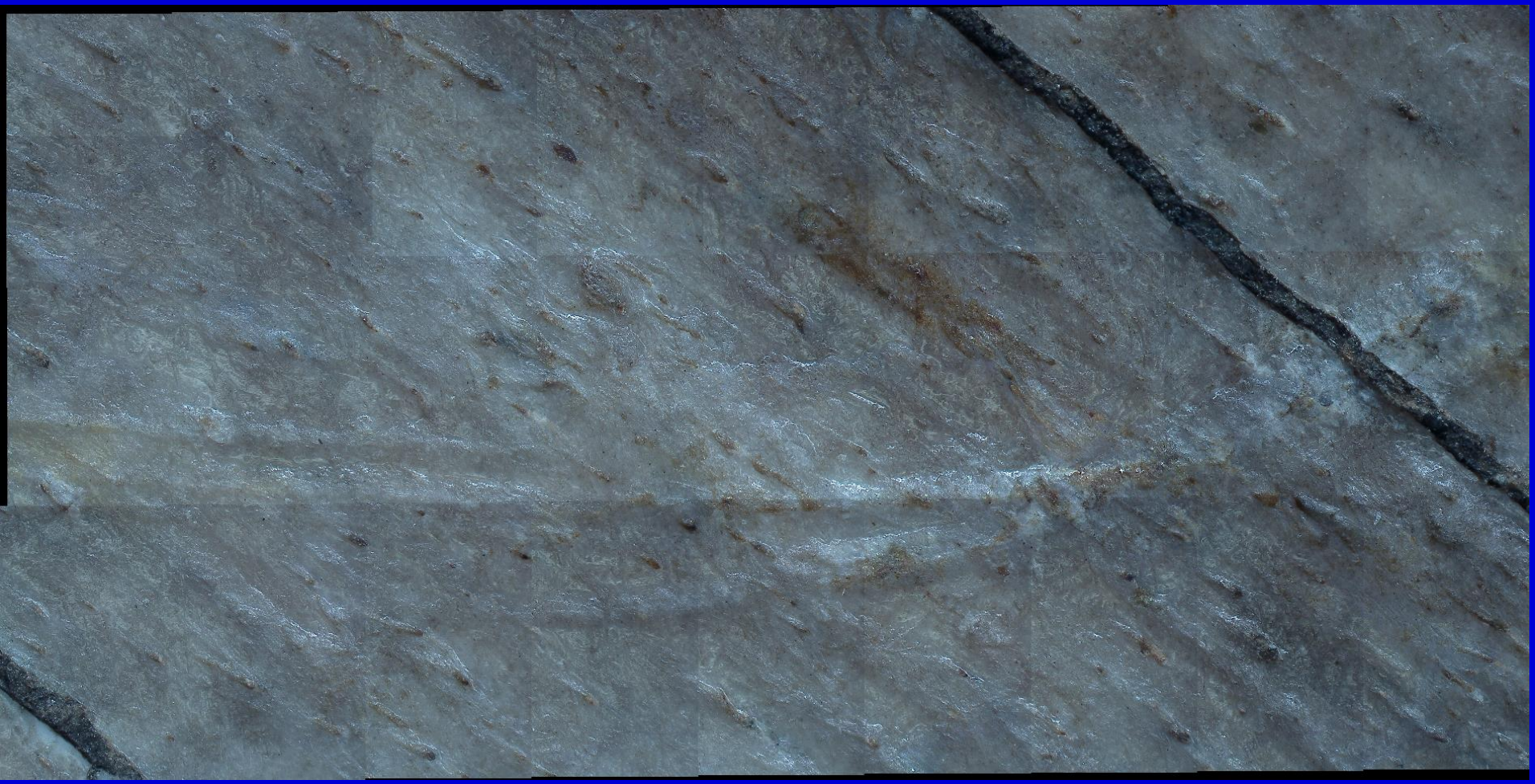
Le départ des traces: B1 est très altérée, B2 montre distinctement deux sillons parallèles



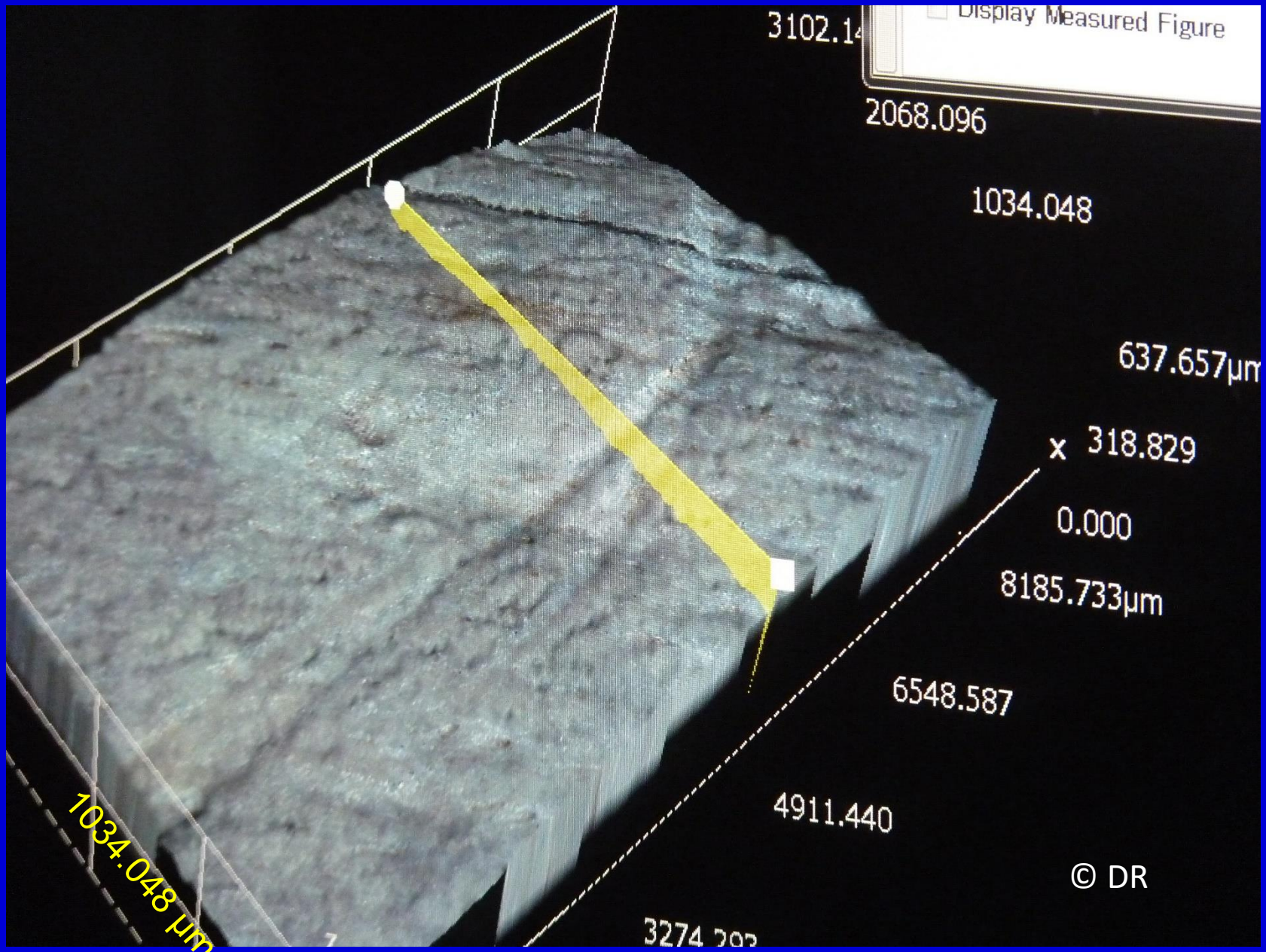
B2 change d'orientation en devenant parallèle à la première, en marquant un angle très net



La vue au microscope Hirox 3D confirme la présence de 2 sillons avant l'angulation.
La trace est fendue par une fissure comblée du sable micacé.
La taille des grains visibles dans ces fissures montrent l'impossibilité absolue d'attribuer au sédiment encaissant la largeur d'un des deux sillons.

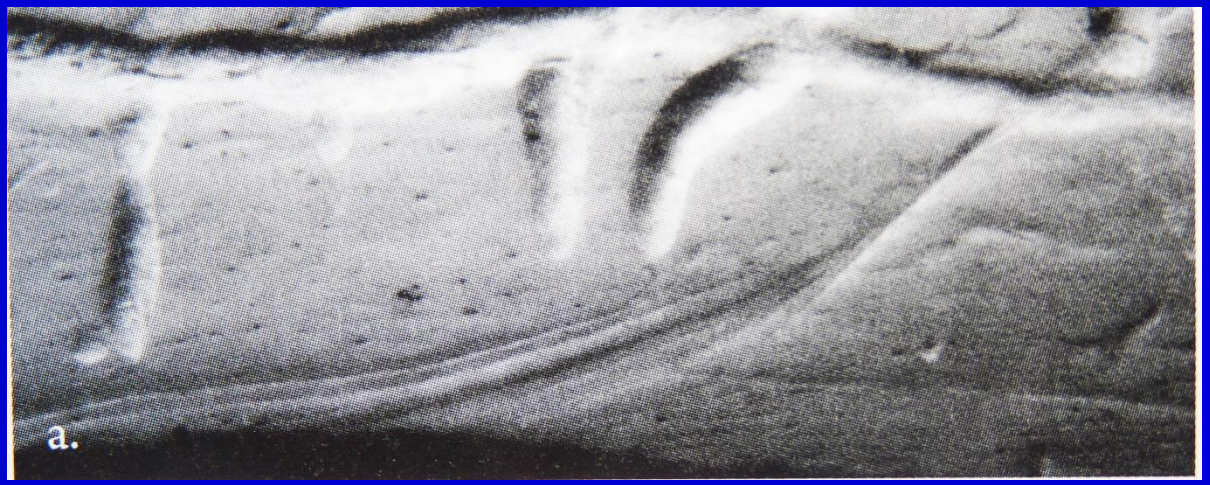


Largeur de la trace à deux sillons vue au microscope Hirox 3D





2 sillons typiques d'un tranchant en quartzite avec changement angulaire de la trajectoire



Longue trace d'outil lithique, Giacobini (in Vercoutère et al. 2014, in Christiane et Patou-Mathis p. 268).

-Groupe B

-Deux traces d’un même objet tranchant

-La première est courte et s’achève en s’affinant

- La seconde reprend au départ de la première, elle est très longue à deux sillons uniquement, avec interruption angulaire: cette typologie est connue comme étant celle d’un geste de poignet

Interprétation des traces A et B

Il est objectivement impossible d'attribuer l'ordre des incisions, leurs profils avec leur dimensions, leurs trajectoires, leurs ruptures et leurs dynamiques, à des raclures aléatoires superficielles de grains de sable dont la granulométrie est inférieure à la largeur des incisions.

Les seuls matériaux présents dans les sédiments fossilifères de Masol, dont la dureté et le tranchant peuvent sectionner une crête osseuse et le bord du tibia, sont les galets de quartzite à condition qu'ils soient fracturés.

Les galets de quartzite n'existent que sous forme de lentilles dans les limons fossilifères, notamment dans les limons D, et jamais dans les sables. Ils correspondent à une augmentation brutale de l'énergie fluviatile à l'origine d'inondations et de noyades des vertébrés déposés à la décrue.

Or à la sous-localité du fût tibial, il n'existe pas de lentille de galets de quartzite, la première se trouve à Masol 2 à une centaine de mètres. En revanche des choppers ont été collectés à proximité.

La forme en pirogue des traces A4 et le mouvement horizontal qu'elles reflètent correspondent à un tranchant en quartzite qui affleure l'os.

Le saut avec un décalage entre la fin de la trace A8 et une reprise de la même trajectoire incurvée aussi fine en A9, ne peuvent s'expliquer que par
un mouvement guidé par un objectif, le seul possible est une intention.

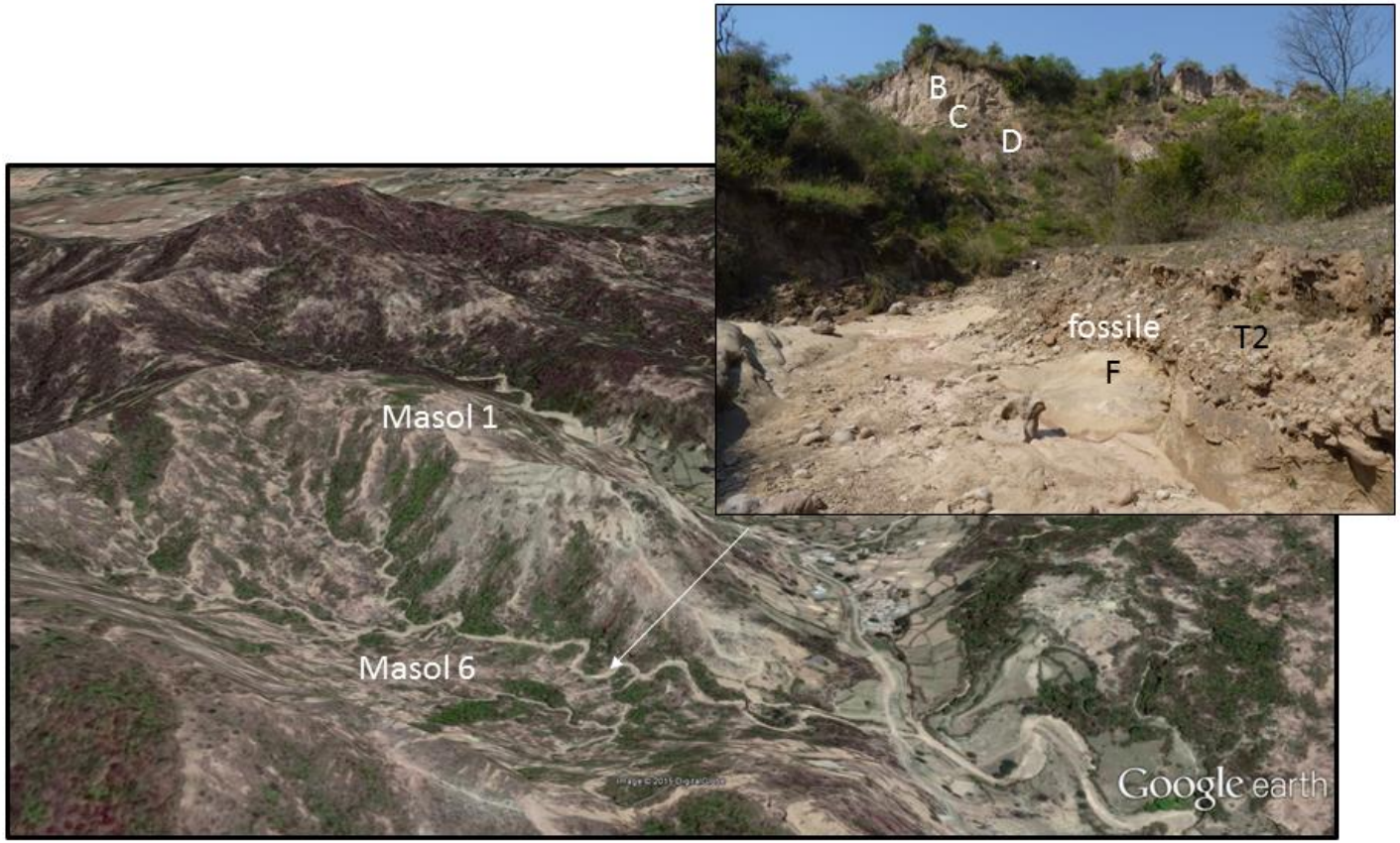
La source motrice est donc un poignet tenant un outil avec un tranchant en quartzite.

C'est l'organisation autour de la crête qui révèle la signification du mouvement : le changement de pression qui augmente sur la crête et la trajectoire rectiligne qui se prolonge sous la crête, indiquent la volonté de sectionner l'aponévrose musculaire qui s'y attache.

Cette interruption, ce décalage et cette reprise de la trajectoire sur la crête pour venir se loger tout le long et en-dessous, est le constat le plus pertinent pour exclure catégoriquement le hasard. Ce rejet est définitivement entériné par le changement angulaire drastique de la trace B parfaitement identifié dans le registre taphonomique comme étant celui d'un poignet.

Le tibia étant entier lors de son enfouissement, les gestes avaient pour intention le démembrement du Leptobos

Masol Choe, le métacarpe R102863



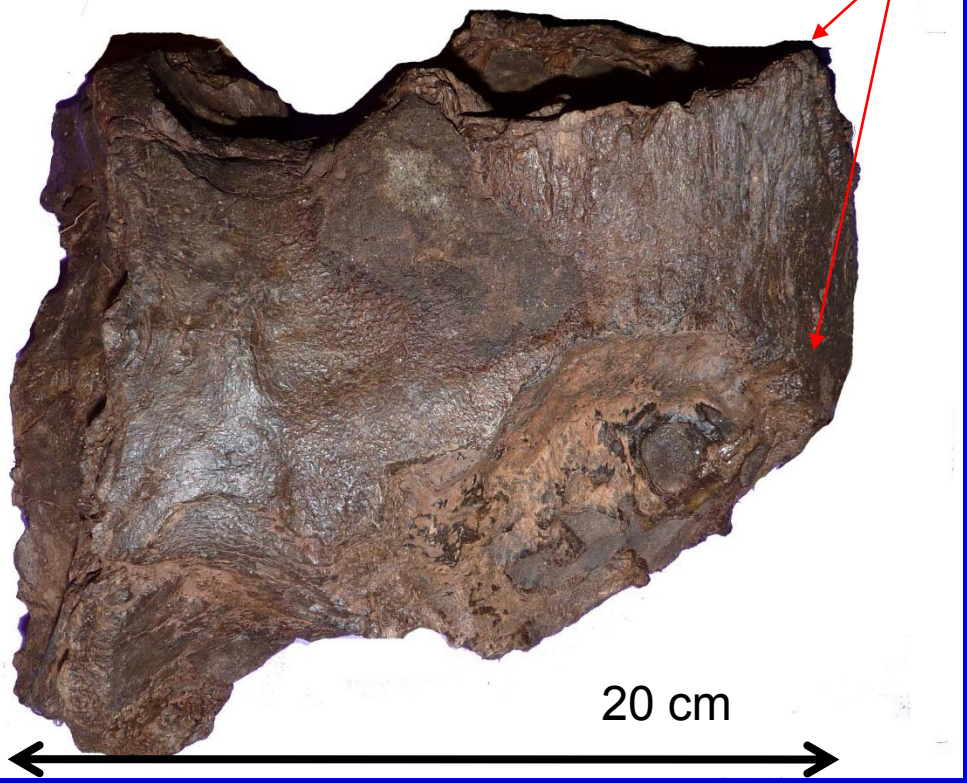
Le fossile a été collecté, comme d'autres, sur la terrasse actuelle du Picchli Choe où son cours sectionne les limons D et les sables B, C et F





Sivatherium

Cornes



20 cm

Bovidé

Leptobos

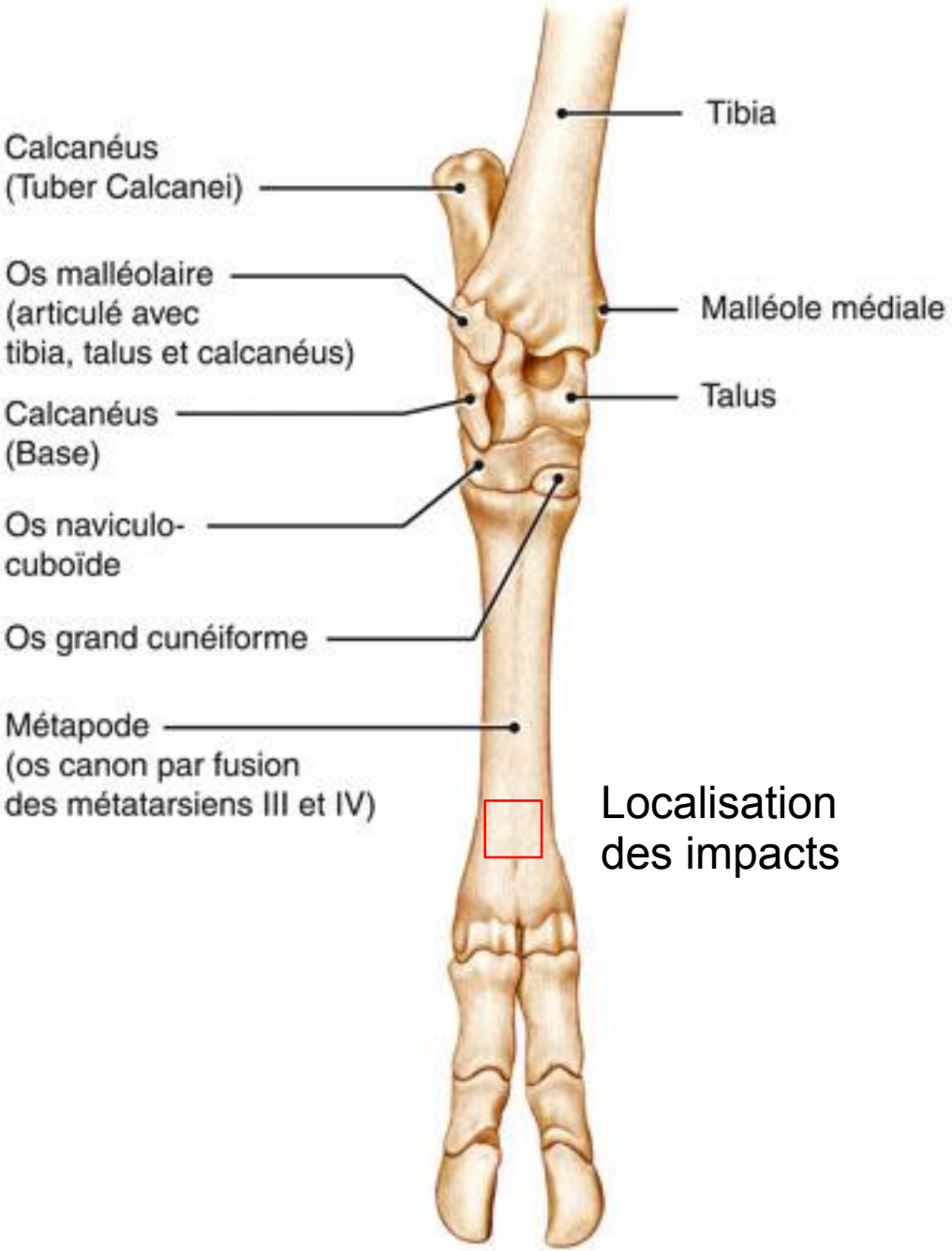


2 cm



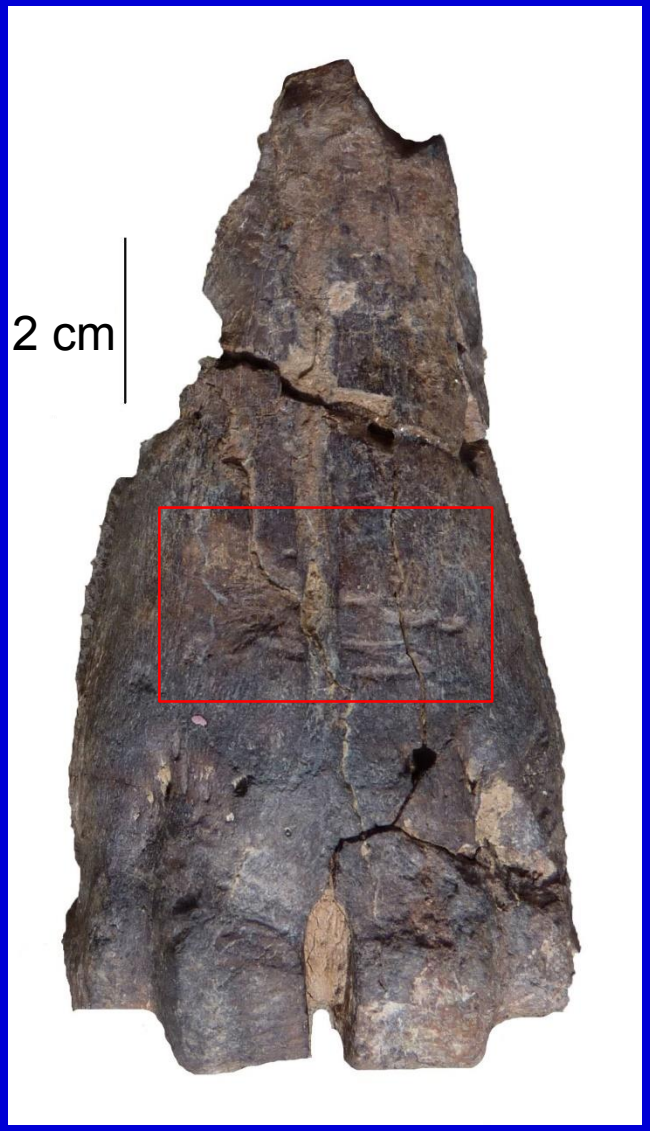
La teinte sombre et le limon lie-de-vin indiquent sans ambiguïté une fossilisation dans le limon E où un crâne de *Sivatherium* a été collecté (Masol 2 ouest)

La terrasse ne contient pas de galets de quartzite



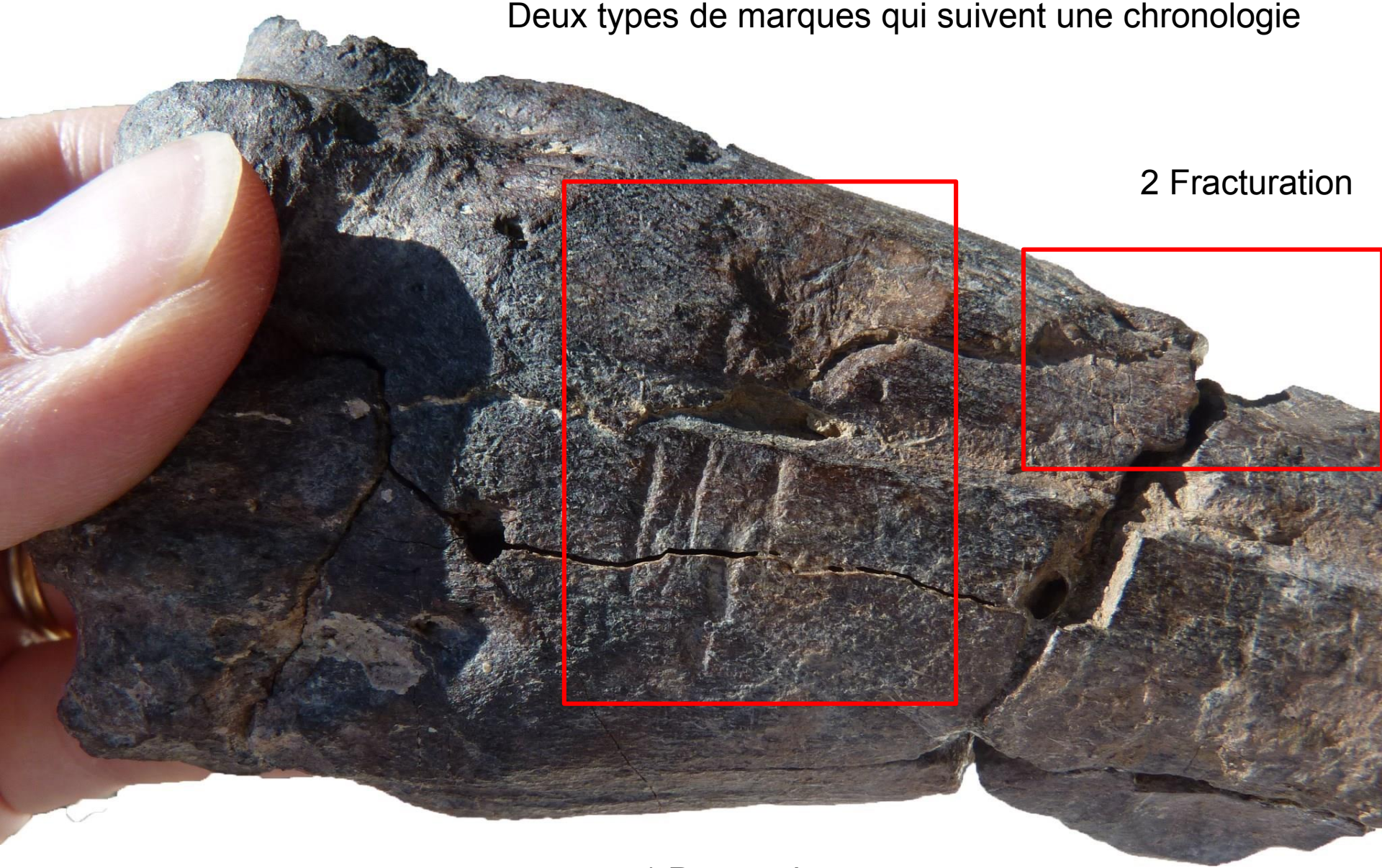
Localisation des impacts

face craniale



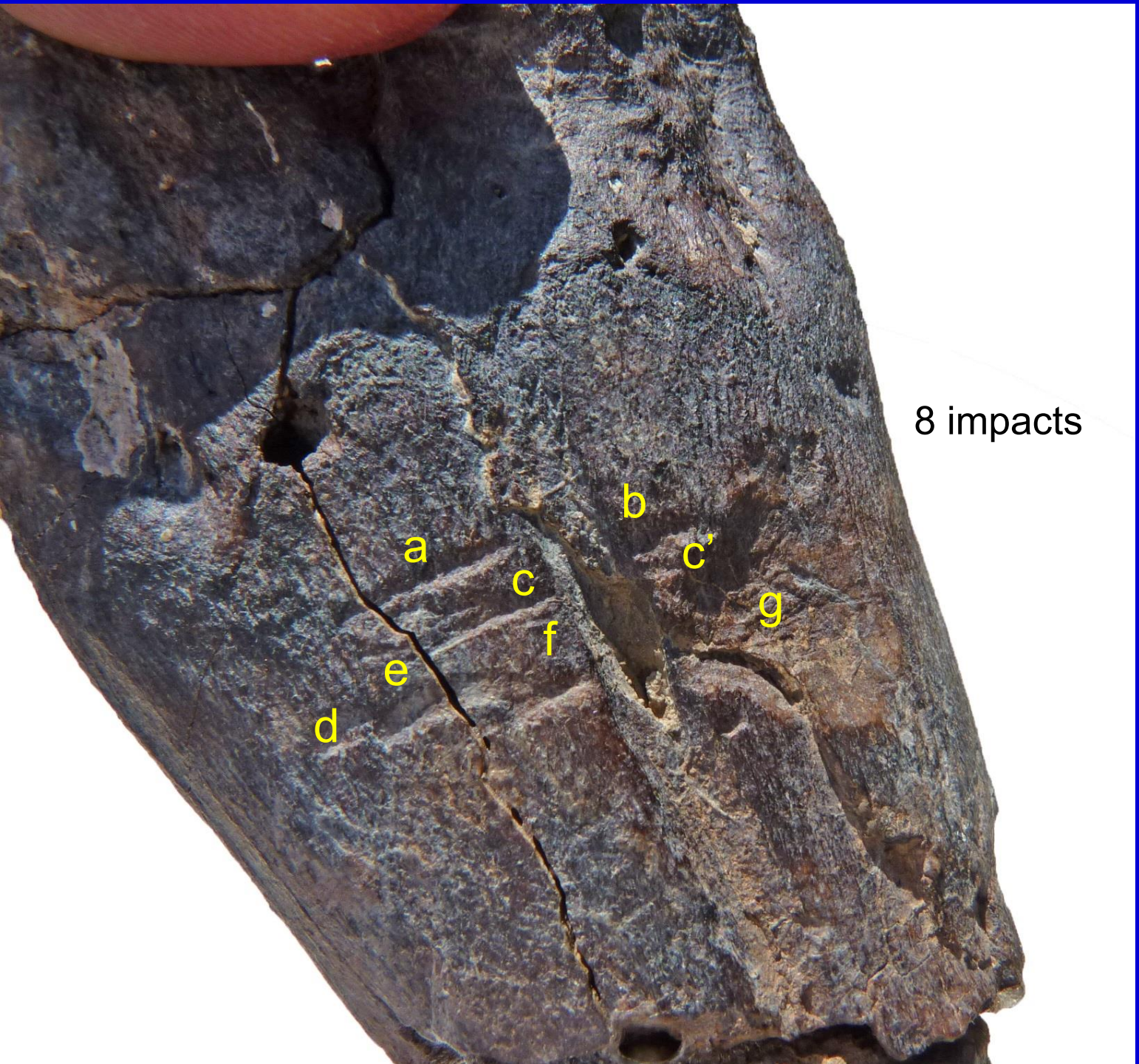
Des impacts profonds repérés par Anne Marie Moigne (2011)

Deux types de marques qui suivent une chronologie



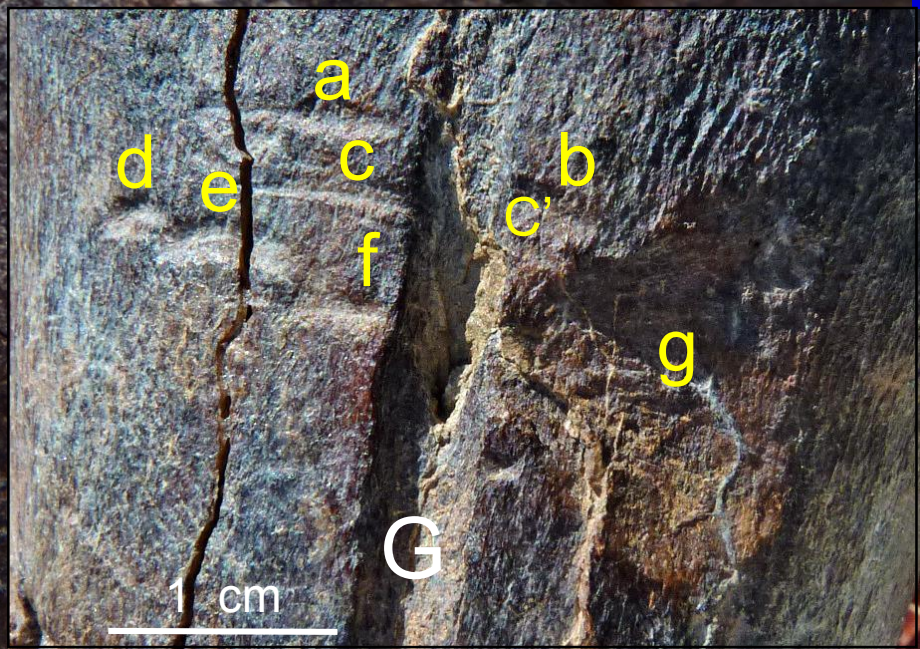
Percussion



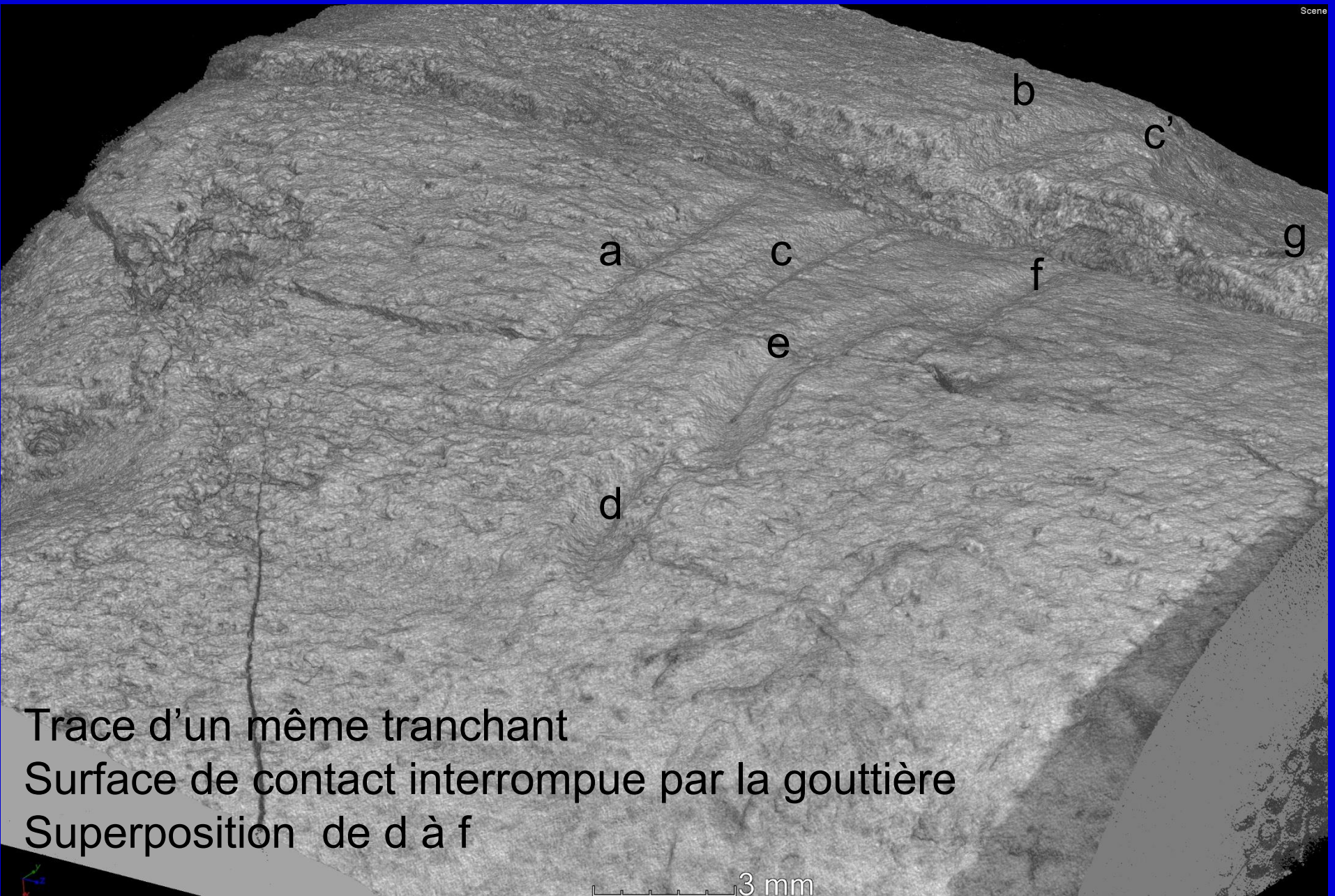


8 impacts

Les 8 coups sont concentrés sur la face crâniale des deux métacarpes fusionnés mais séparés par la gouttière G

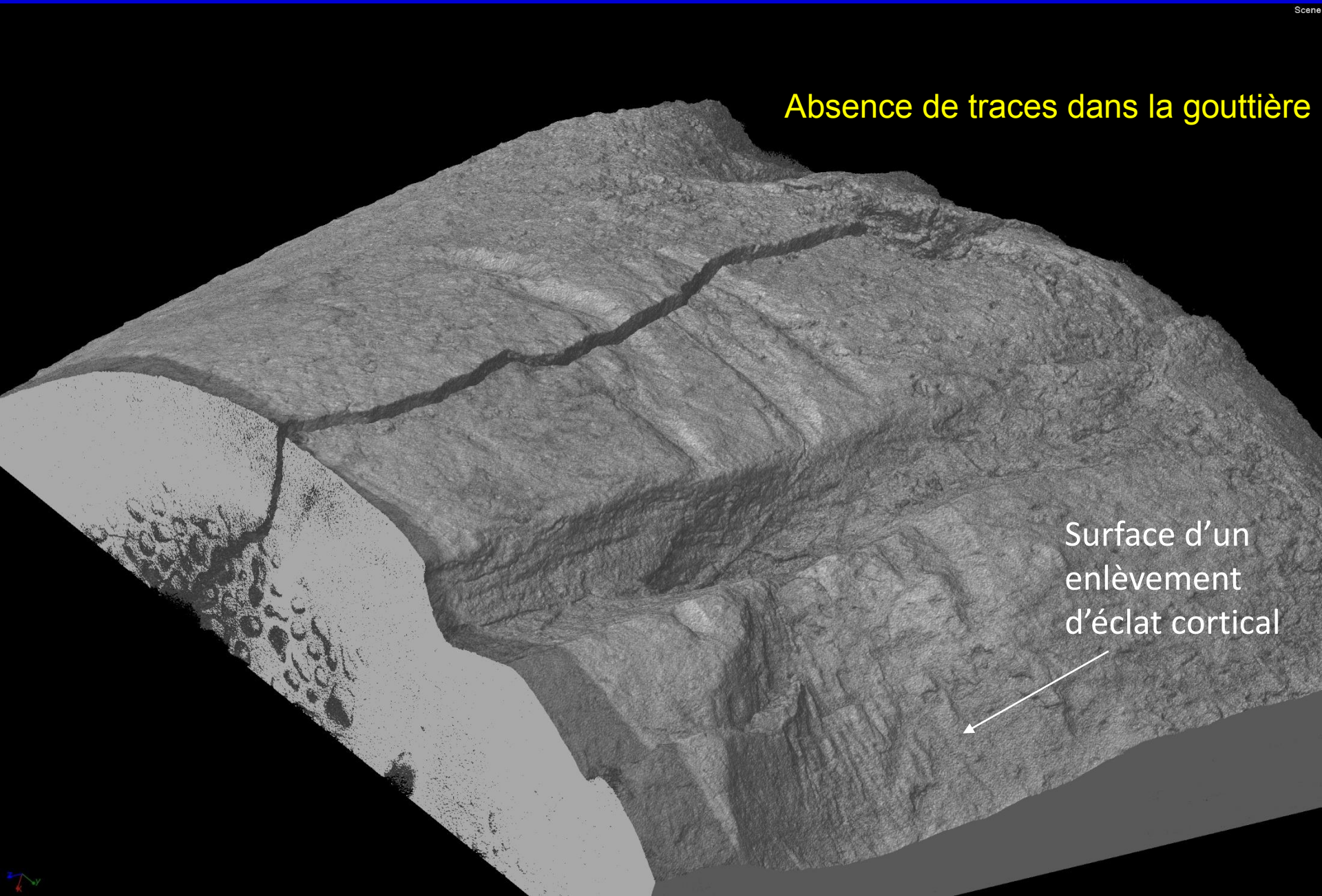


Microtomographie à RX (MNHN)



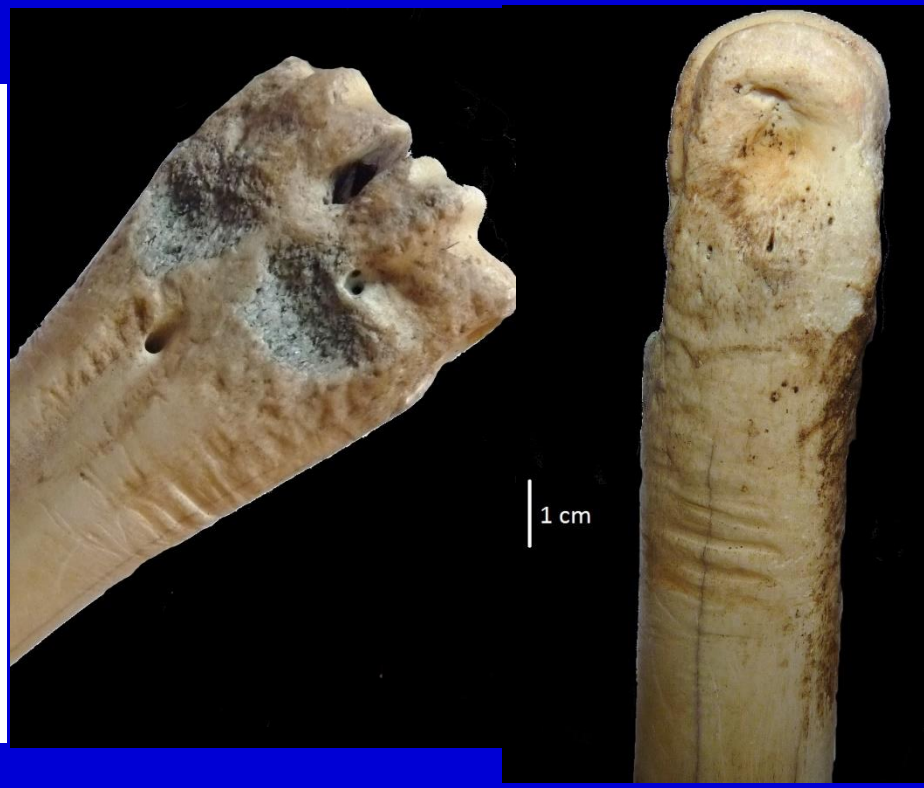
Trace d’un même tranchant
Surface de contact interrompue par la gouttière
Superposition de d à f

Direction des percussions donnée par le sens de recouvrement des traces









Traces de carnivores

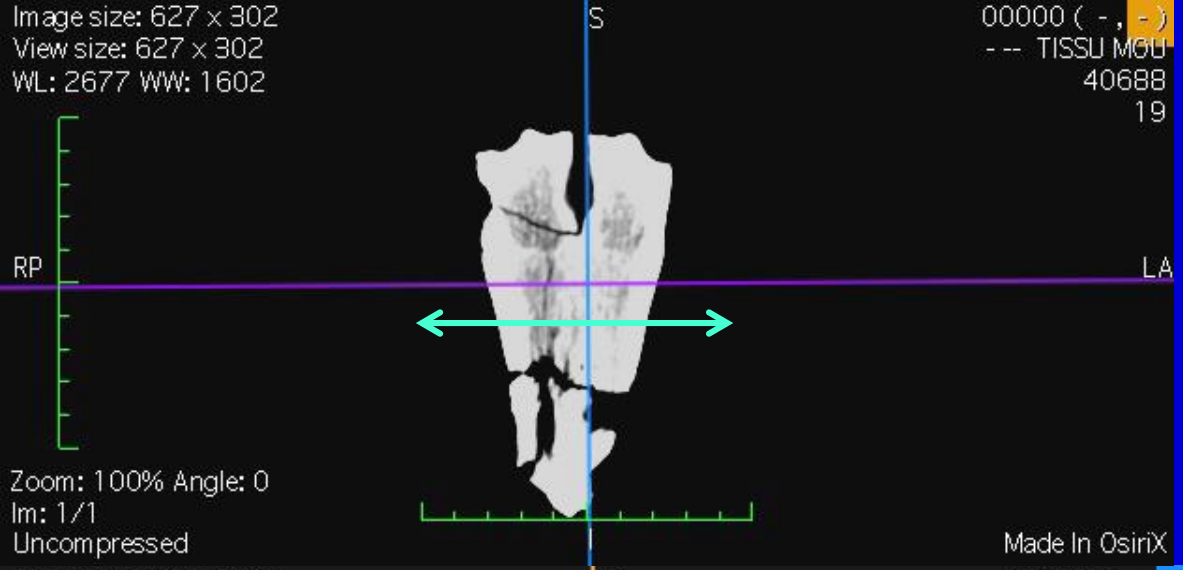
Zone bien limitée sur la surface crâniale, correspondant au contact d'un tranchant au mouvement horizontal et non pas à des dents de carnivores qui recouvrent toutes les courbes jusque dans la gouttière

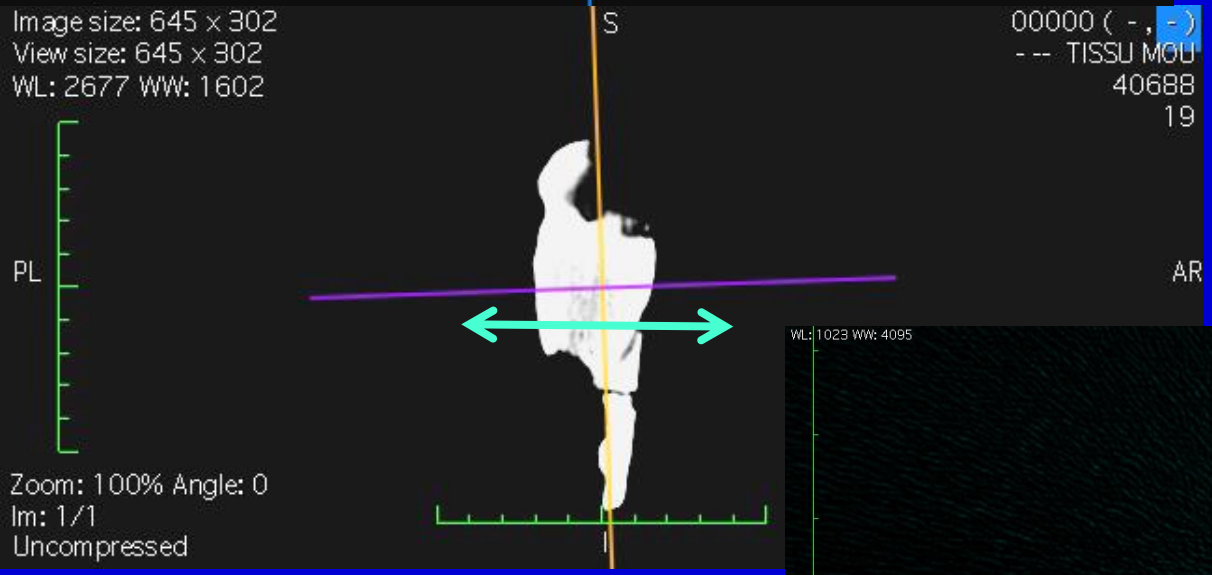
CT scan

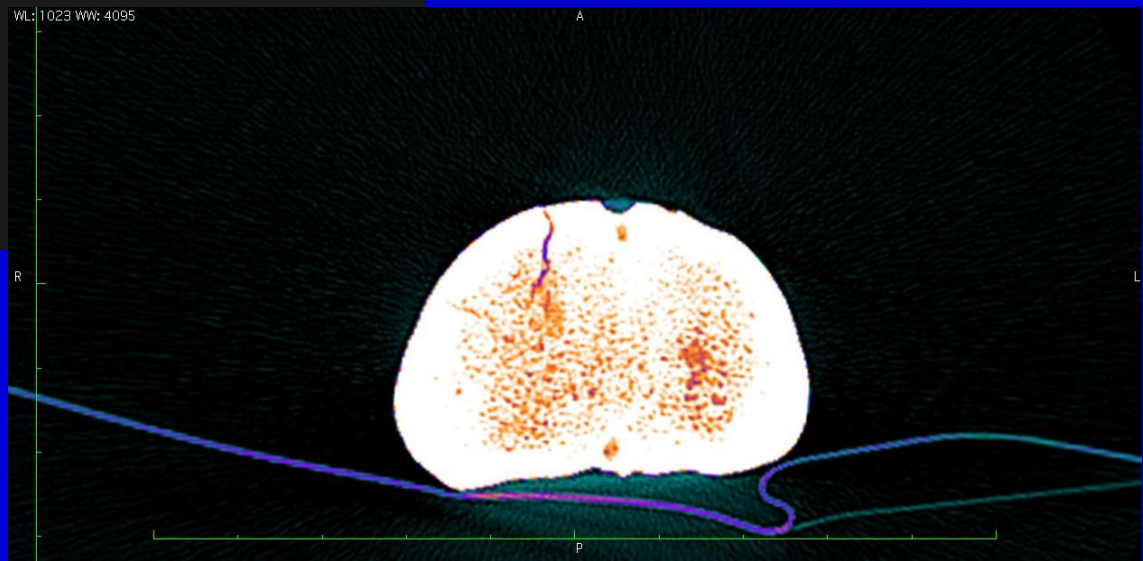
Hôpital américain de Paris

Dr. Fabienne Lallouet

Coupe juste avant la zone de fracture





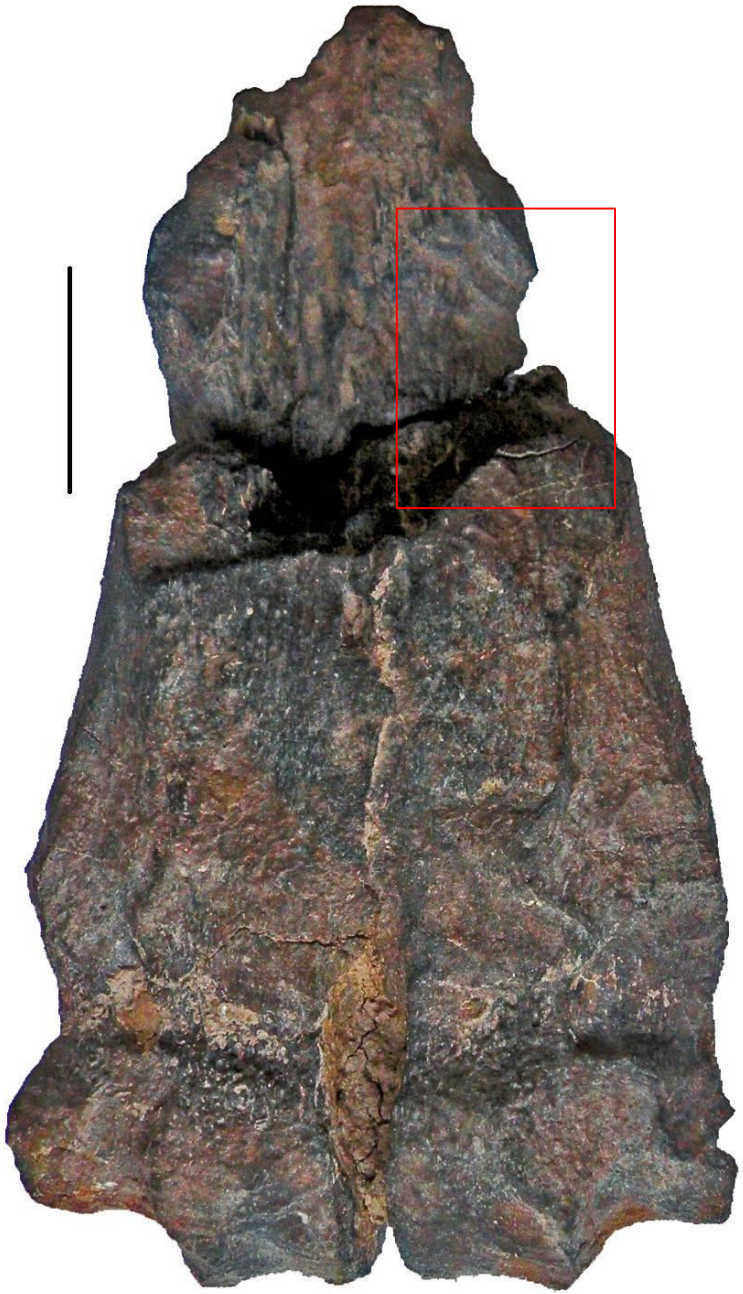


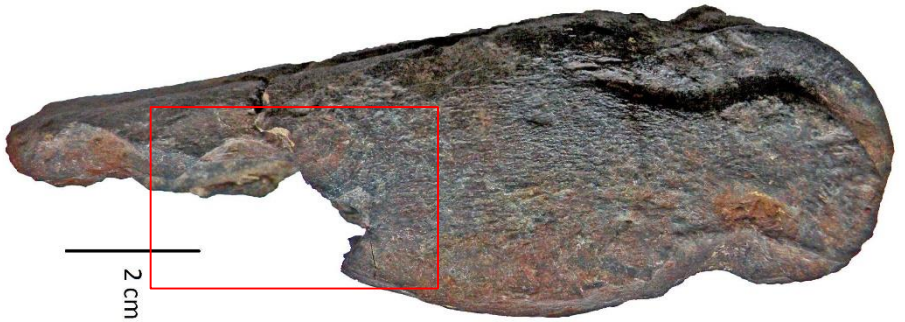
Le tissu osseux sous la surface corticale percutée est dense

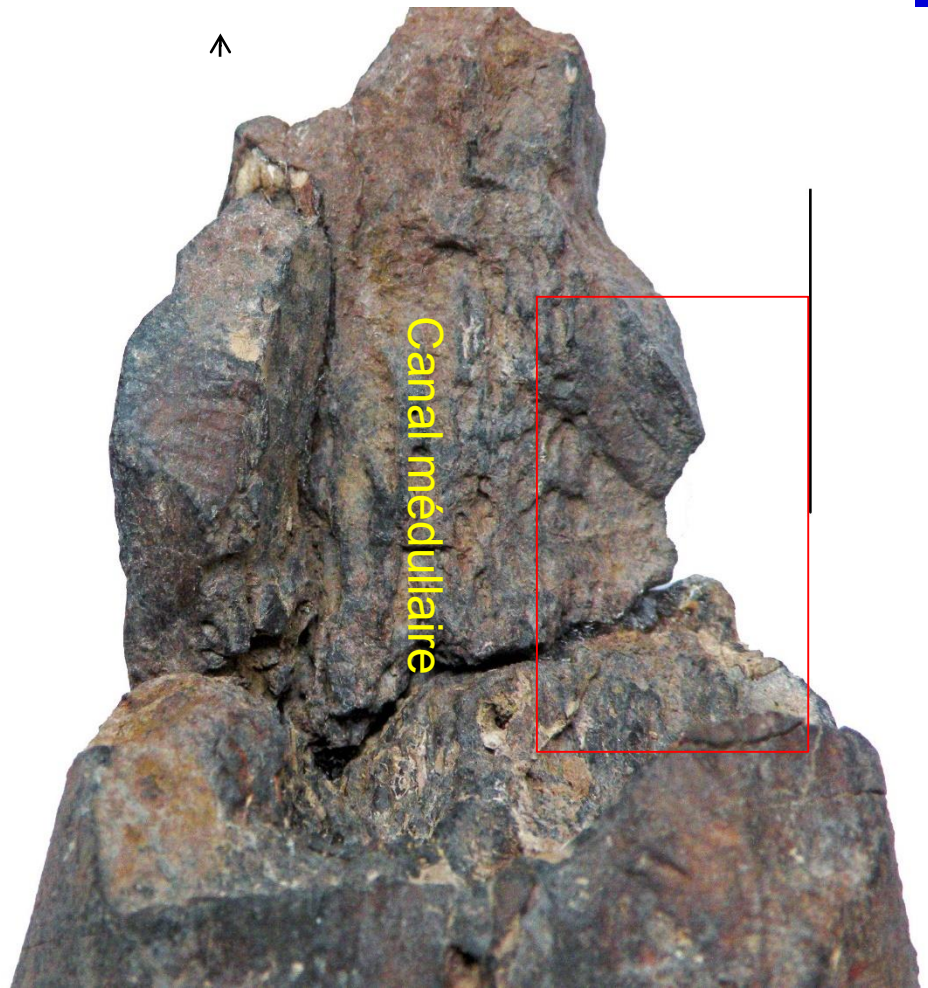
Pas de canal médullaire

Résistance aux coups

Fracturation







Bilan

Traces de découpe et de percussion d'un même tranchant, donc un seul objet
Le mouvement est horizontal, il ne couvre pas les courbes : c'est le mouvement horizontal d'une main
Coups très rapprochés
Sens du mouvement lisible
Intensité de la force croissante selon le sens du mouvement (impact puis éclat)
Cohérent avec la résistance sous-jacente de l'os spongieux
Zone de fracture cohérente avec le sens du mouvement et l'amorce du canal médullaire

Cette organisation ne correspond en rien à celle de traces de dents de carnivores ou de crocodiles, la superposition alignée de la trace d'un même tranchant en quartzite ne peut s'expliquer que par le déplacement de l'objet selon un objectif, donc une intention.

Toutes les données forment un ensemble cohérent de mouvements et de contraintes physiques caractérisés par un séquençage et une orientation finalisée par l'accès la moelle

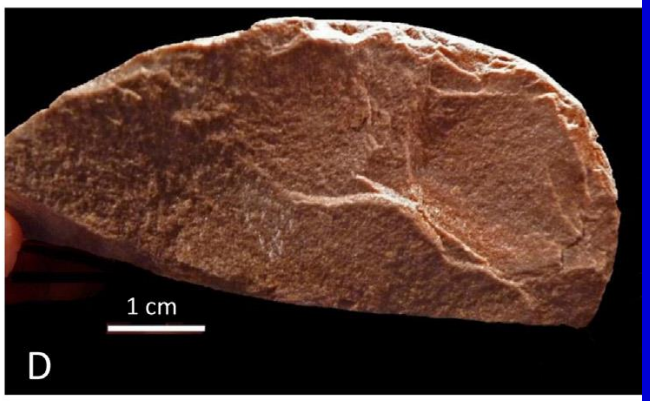
Conclusion : la cause mécanique est une main tenant un outil au bord tranchant, un galet de quartzite fracturé, matière première immédiatement accessible sur place, la cause initiale est une intention, la consommation de la moelle

Masol 13 R10298, esquille de 5 cm, 2 outils







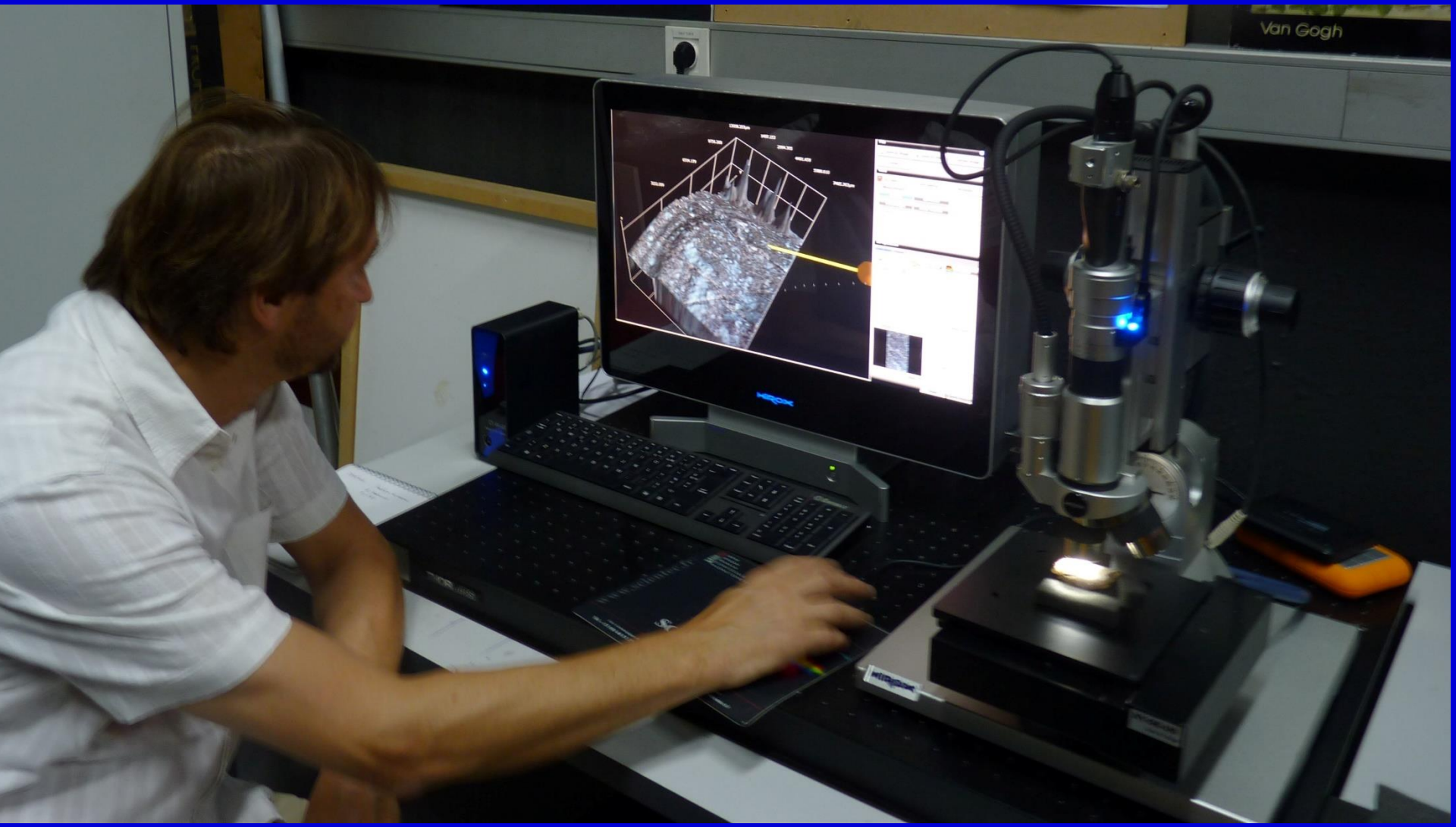


L’os a été fossilisé dans les limons bruns c5.
À Masol 13 ces limons contiennent des galets de quartzite

Une seule trace à deux sillons creusée régulièrement en suivant la courbe de l’os

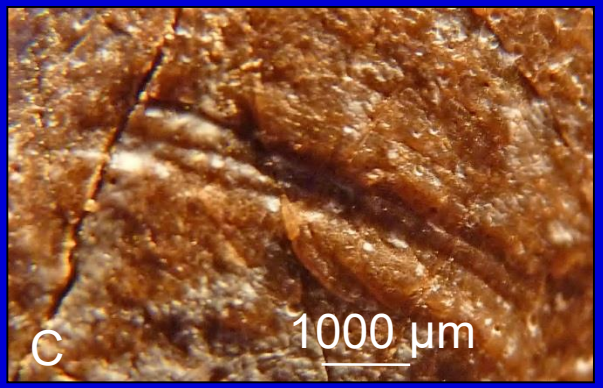


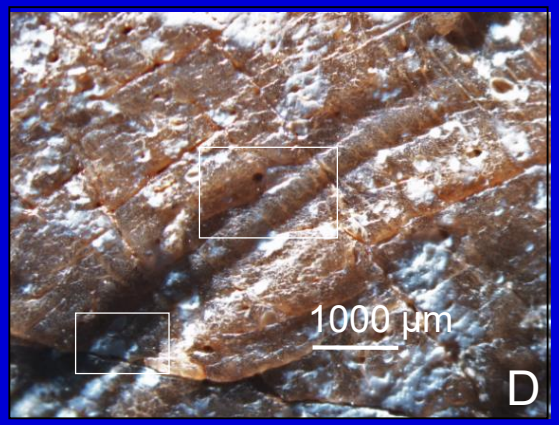
Essai au Microscope dynamique 3D poussé au maximum de ses capacités à cause de la courbure de l'os



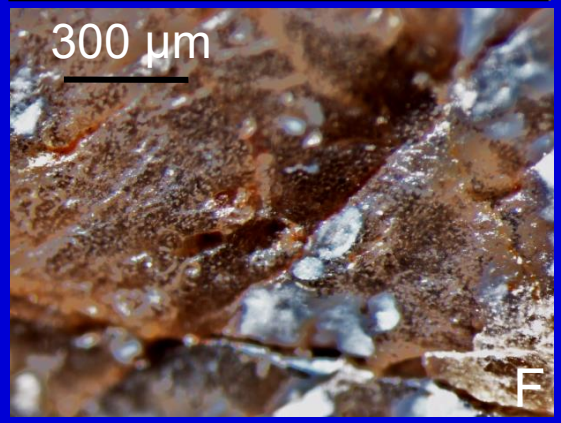












Trace isolée

2 sillons régulièrement parallèles couvrant la courbure de l'os avec une amorce « griffée »

Typique d'un tranchant en quartzite

Absence d'analogie avec des dents de carnivores et de crocodiles

Cette trace est unique, elle correspond exactement à un tranchant en quartzite maintenu par une pression régulière sur sa face courbe.

Les seuls galets tranchants à Masol 13 sont deux choppers très probablement fabriqués sur place.

L'improbabilité d'un trampling :

40 fossiles ont été collectés à Masol 13. Pas un seul ne présente de traces de tranchants de quartzite malgré la présence des galets.

1500 fossiles ont été collectés à Masol en 12 localités, sur 50 hectares, seuls 3 fossiles présentent des traces de tranchant en quartzite, dont 2 incontestablement intentionnelles, le tibia est le seul de Masol1 parmi 387 fossiles.

Les autres localités aux limons riches en galets : 153 fossiles à Masol 2, 88 à Masol 5, 360 à Masol 6 et 44 à Masol 9, aucun ne porte une trace de tranchant en quartzite.

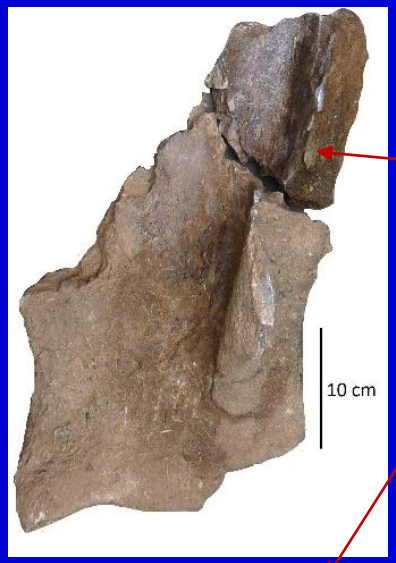
1 fossile parmi des galets sur 645, (0,15%) c'est le contraire d'une démonstration d'un trampling attendu sur la majorité des fossiles conservés à proximité de galets

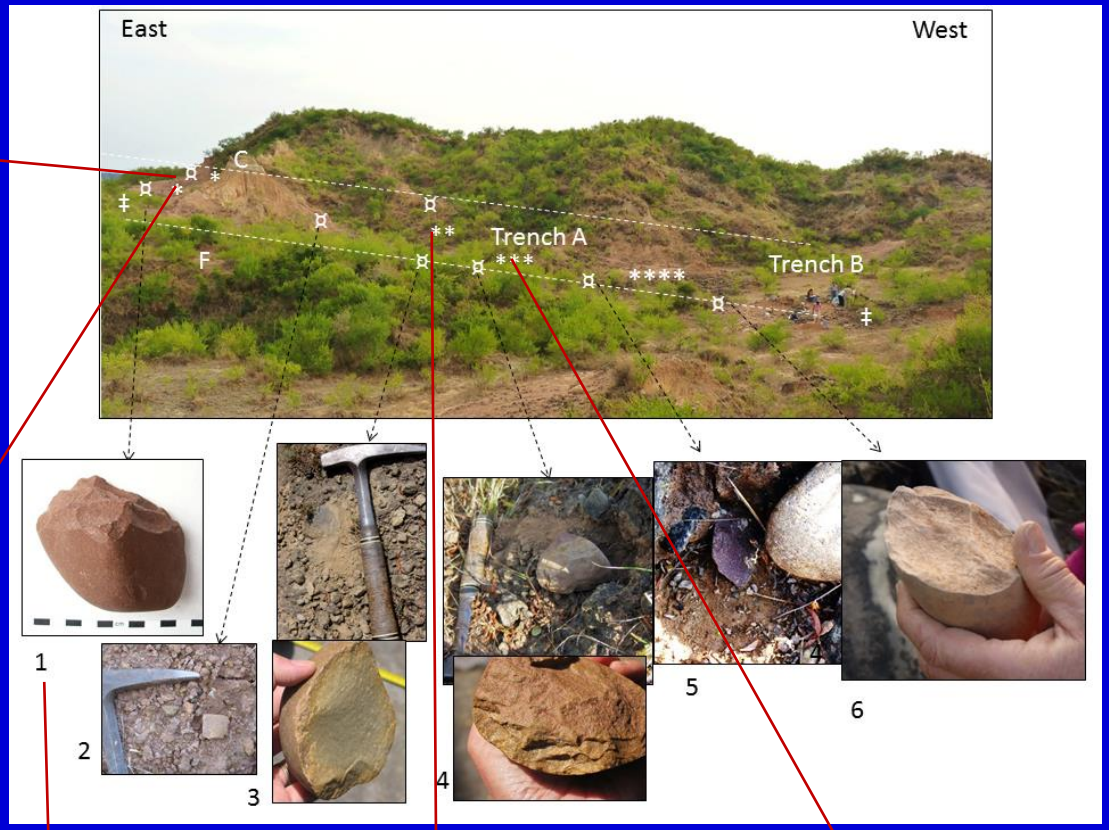
Les seuls galets tranchants à Masol 1, sont des choppers manuportés.
On retrouve également des choppers dans la terrasse actuelle du Picchli Choe.

Les traces de 2,6 Ma d'un tranchant lithique en quartzite sont donc d'origine manuelle et intentionnelle.

Masol 2

Très probablement
un site de charognage
de proboscidiens
(fossiles dominants)











Crâne d'Hexaprotodon

