



**HAL**  
open science

## Recognizing and quantifying heat treatment of chert : surface analysis as a new analytical tool

Julie Bachellerie, Patrick Schmidt

### ► To cite this version:

Julie Bachellerie, Patrick Schmidt. Recognizing and quantifying heat treatment of chert : surface analysis as a new analytical tool. XXIVe colloque du GMPCA: Archéométrie 2023, Apr 2023, Nice, France. hal-04230674

**HAL Id: hal-04230674**

**<https://hal.science/hal-04230674>**

Submitted on 6 Oct 2023

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

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Reconnaissance et quantification du traitement thermique du silex les analyses de surface comme nouvel outil analytique

Julie BACHELLERIE<sup>1</sup>, Patrick SCHMIDT<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés (TRACES), CNRS UMR5608, Université de Toulouse Jean-Jaurès, France ; <sup>2</sup> Department of Early Prehistory and Quaternary Ecology, Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Allemagne ; <sup>3</sup> Department of Geosciences, Applied Mineralogy, Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Allemagne

## Introduction

En Europe, la chauffe intentionnelle du silex apparaît pour la première fois dans le Paléolithique récent, et plus précisément durant le Solutrénien (*circa* 25,5-23,5/23 ka cal BP). Si les premières mentions de traitement thermique en contexte solutréen remontent aux années 60-70 (Bordes, 1969; Inizan et al., 1976), les données demeurent relativement éparses et les interrogations persistent sur l'ampleur de ce phénomène technique, ses modalités de mise en oeuvre, ainsi que sa place au sein du système technique solutréen.

Un **travail de caractérisation du traitement thermique** a donc récemment été mené sur des assemblages lithiques solutréens afin de cerner d'avantage la portée de cette innovation technique (Bachelierie, 2022).

La première étape de ce travail fut de réaliser un **diagnostic macroscopique des stigmates de chauffe**, ce qui pose la question de la **reconnaissance et de la quantification de ce procédé**.

## Matériel et méthode

### Matériel:

• Blocs de silex géologique de provenances différentes (silex Bergeracois, silex Tertiaire de Dordogne.)

→ **Collection de référence** d'éclats produits expérimentalement (pour chaque bloc, 5 éclats ont été extraits avant chauffe, puis à chaque palier de chauffe à 200, 250, 300, 350 et 400°C.)

• Microscope confocal (Keyence VK-100), objectif x50

### Méthode:

- Acquisition (sans contact) de modèle 3D de surfaces de faces ventrales d'éclats, 740 x 540 µm
- Traitement des modèles à partir du logiciel libre Gwyddion:
  - Extraction de 4 profils linéaires de manière aléatoire sur chaque modèle (afin d'éviter les défauts inhérents à la matière première et les irrégularités des éclats),
  - Suppression de la composante ondulatoire (application d'un « cut-off » = 0.15) pour ne garder que celle liée à la rugosité,
  - Enregistrement des paramètres de rugosité (rugosité arithmétique = Ra)



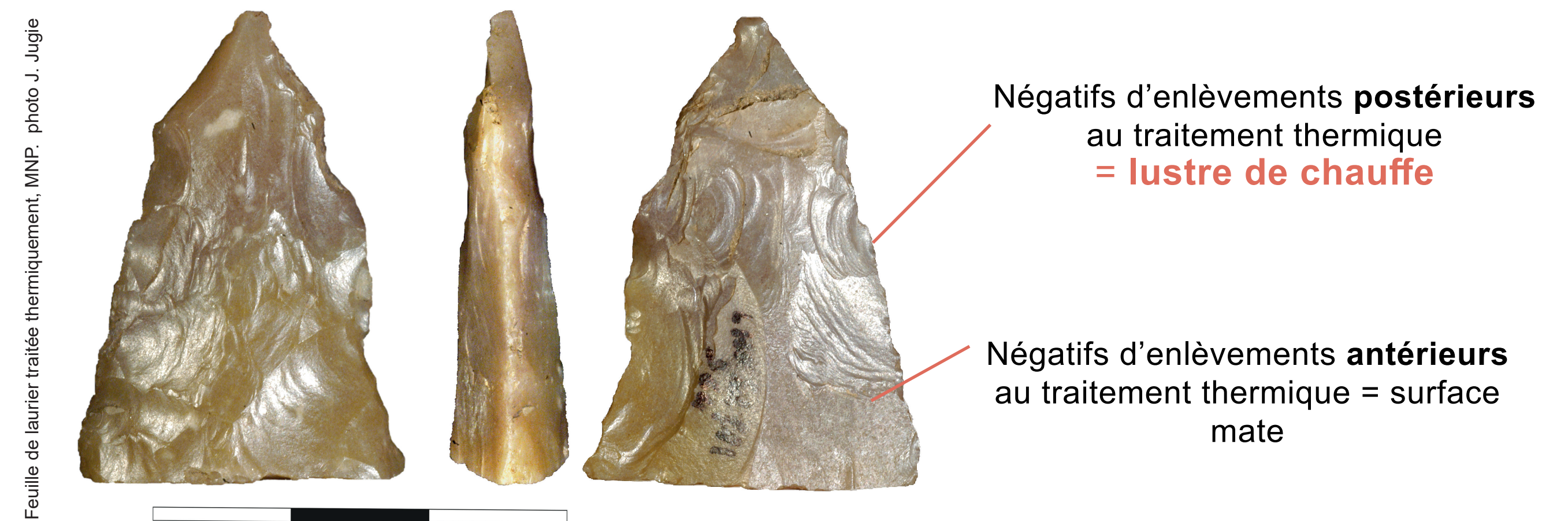
Microscope confocal à balayage laser Keyence VK-100, Eberhard Karls Universität, Allemagne

## Reconnaître macroscopiquement un traitement thermique

Le traitement thermique est un **procédé technique intentionnel** qui entraîne une **modification des propriétés mécaniques du matériau** pouvant aboutir à une amélioration des qualités de taille de la roche et du tranchant des bords de l'objet.

Macroscopiquement, il peut provoquer une altération de l'état de surface du matériau de plusieurs ordres:

- La rubéfaction et le blanchiment notamment, pas systématiques et insuffisants pour caractériser l'intentionnalité de la chauffe.
- Le **lustre de chauffe**, lié à une action délibérée puisqu'il n'est **visible que sur les enlèvements réalisés après la chauffe**. Le négatif de l'enlèvement présente alors un aspect lustré et grasseux, souvent visible à l'œil nu. Sa reconnaissance est facilitée lorsqu'il est **associé à des plages résiduelles antérieures à la chauffe**. Dans ce cas, on parlera de **double état de surface (ou double lustre)**, qui constitue alors le **seul critère macroscopique fiable de reconnaissance d'un traitement thermique**.



Il y a plusieurs **problèmes liés à l'identification macroscopique du lustre de chauffe**:

- l'impossibilité de le reconnaître avec certitude en l'absence de plages mates résiduelles associées,
- sa reconnaissance basée sur une observation à l'œil nu = pas de quantification objective,
- son degré d'intensité très variable selon les types de silex

Or ce lustre de chauffe serait relatif aux modifications des propriétés mécaniques de la roche pendant la chauffe (réduction progressive de la porosité intergranulaire; Schmidt et al., 2019), entraînant un changement du microrelief de la surface.

Dans ce cadre, des **analyses de rugosité de surface** ont été menées au **microscope confocal**.

## Résultats et discussion

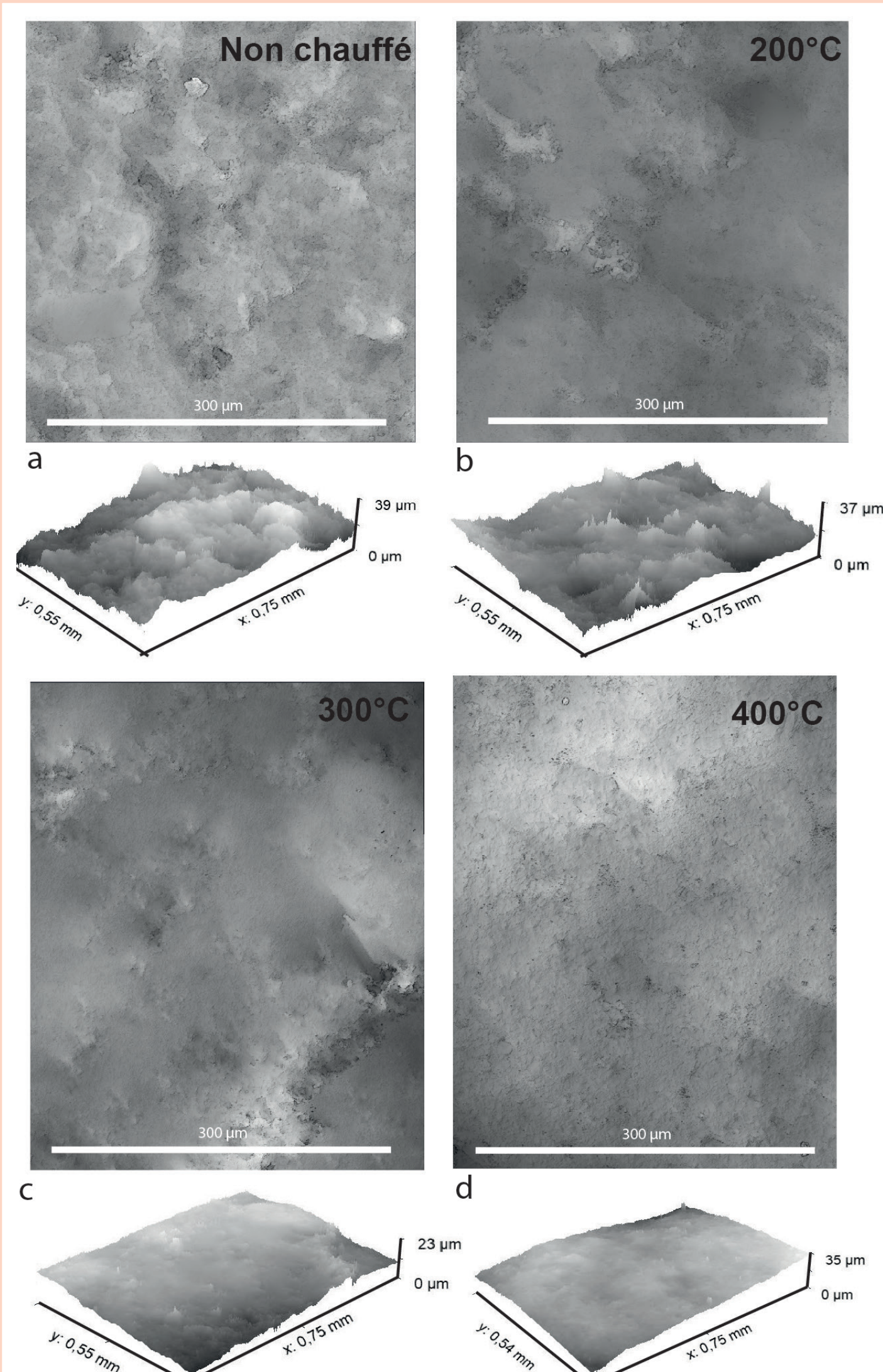
- Réduction progressive de la rugosité observée à partir de 200 °C et jusqu'à 300 °C. Au-dessus de 300 °C les valeurs de rugosité restent sensiblement les mêmes, avec toutefois, une légère réaugmentation de la rugosité à 400 °C.

- Dispersion des valeurs plus importante pour les éclats non chauffés, cette dispersion tend à diminuer à mesure que la température augmente.

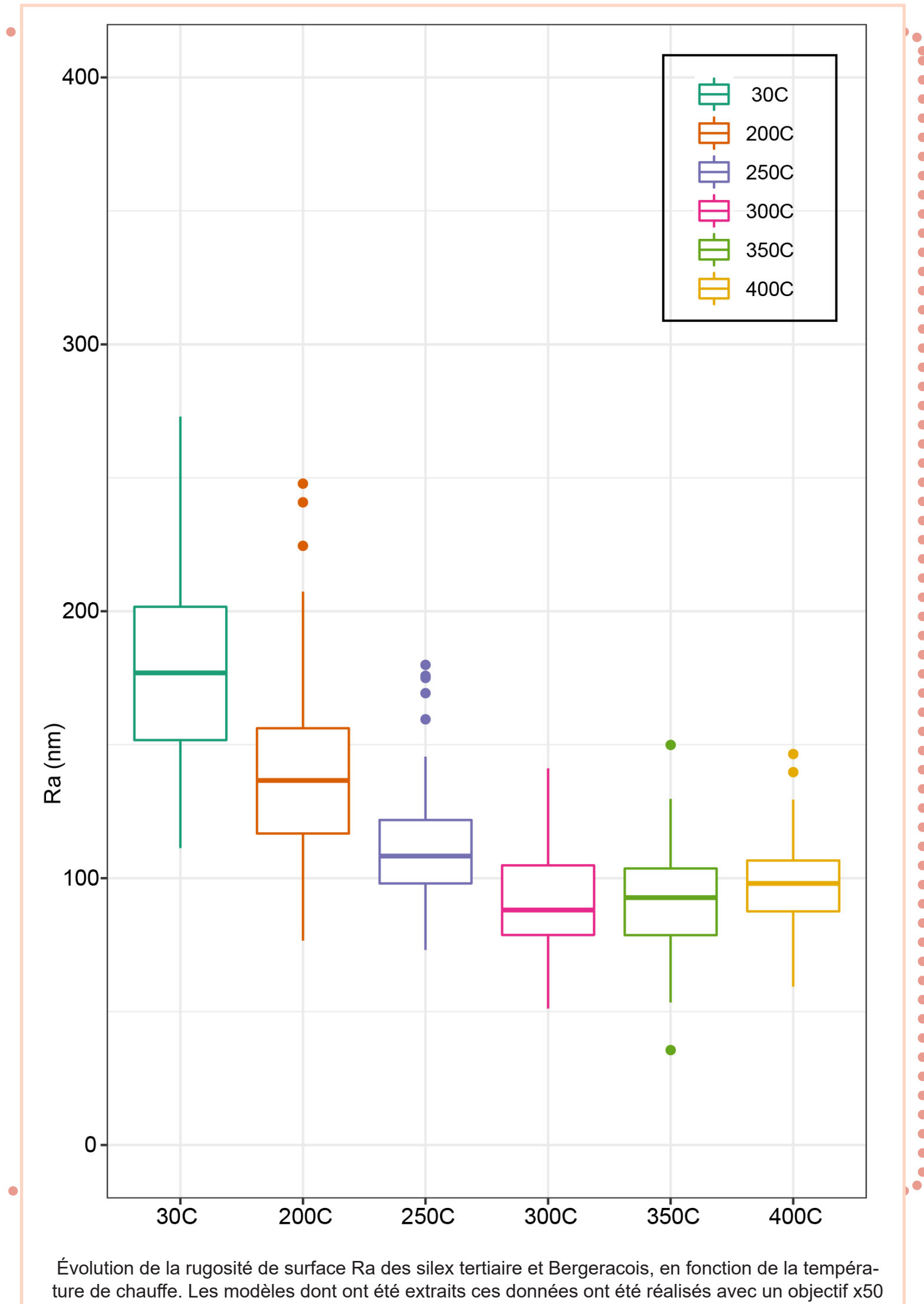
Les résultats obtenus **confirment l'évolution de la rugosité de surface des échantillons en fonction**:

- **des températures de chauffe**: baisse progressive de la rugosité dès 200-250°C et réaugmentation à 400°C (surchauffe = présence de microfractures)
- **du type de matière première**, ce qui s'avère en accord avec les observations macroscopiques faites lors des chauffes expérimentales.

Apartir de 200-250°C, dans le cas du silex Bergeracois et Tertiaire, la **surface de fracture est plus lisse**, entraînant l'apparition d'un **lustre de chauffe** visible macroscopiquement au cours des expérimentations. Cette évolution est progressive jusqu'à 300-350°C environ, correspondant à l'augmentation de l'intensité du lustre de chauffe pour ces matières premières, ce qui pourrait également coïncider avec l'amélioration des qualités de taille de ces silex (par ex. Schmidt et al. 2012; Schmidt et al. 2019).



Représentations 2D et 3D des modèles de surface obtenus au microscope confocal à balayage laser sur les faces inférieures d'éclats de silex Bergeracois. En a. échantillon non chauffé, en b. échantillon chauffé à 200°C, en c. échantillon chauffé à 300°C, en d. échantillon chauffé à 400°C. Tous les échantillons ont été extraits du même bloc.



Évolution de la rugosité de surface Ra des silex tertiaire et Bergeracois, en fonction de la température de chauffe. Les modèles dont ont été extraits ces données ont été réalisés avec un objectif x50

## Bilan et perspectives

► Mesures de rugosité présentent un **fort potentiel analytique**, puisqu'elles permettraient de **quantifier l'intensité du lustre de chauffe**

**Potentiel de cet outil pour la reconnaissance et l'étude du traitement thermique ?**

► Contrairement aux observations visuelles, les résultats obtenus **via les analyses de surface** ne sont **pas déformés par d'autres phénomènes influençant la réflectance de la lumière**

► **Caractère non destructif et rapide** des mesures + **applicable à tout type d'échantillon en silex**, y compris pour des pièces épaisses

► **Montre une bonne complémentarité des analyses IR** (Bachelierie et al. 2021) avec des mesures de rugosité plus sensibles aux changements provoqués à basse température

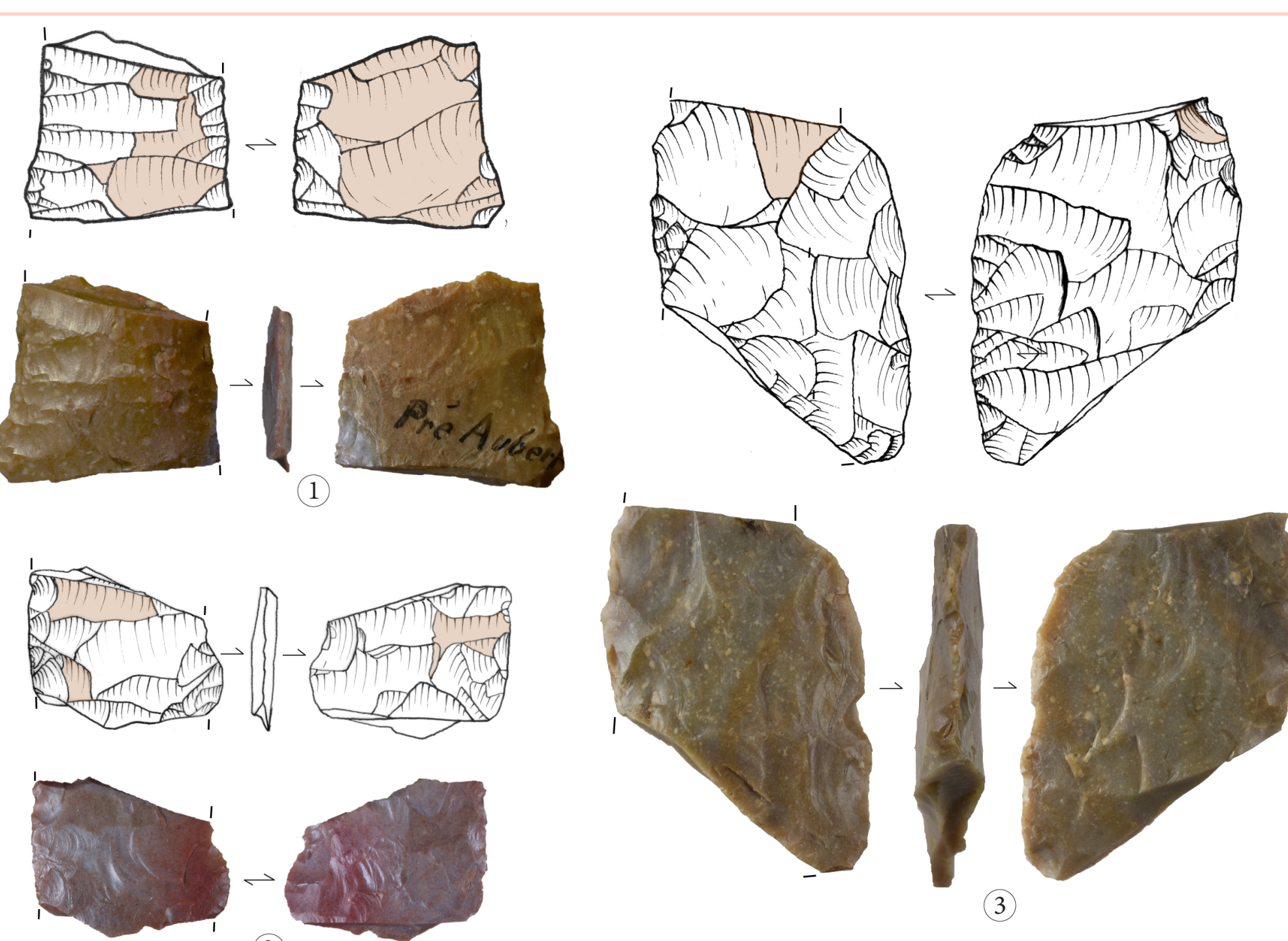
► Si les résultats obtenus sur le matériel géologique sont concluants, il est nécessaire de multiplier les tests, tant sur du matériel géologique que sur des artefacts lithiques

### Remerciements

Nous remercions K.G. Nickel et C. Berthold pour leur aide concernant la réalisation des analyses de surface au sein du département de géosciences de l'université de Tübingen. PS a reçu le soutien financier de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (numéro de subvention SCHM 3275/2-1).

### Bibliographie

BACHELLERIE J., SCHMIDT P. (2021) – Recognizing Heat-Treated Chert: A Comparison between Infrared Spectroscopy and Fracture Surface Analysis, *Archaeometry*, 64, 1, p. 39-58 ; BACHELLERIE J. (2022) – Innovations techniques et comportements techno-économiques à l'aube du Dernier Maximum glaciaire. L'exemple des groupes du Solutrénien récent du sud-ouest de la France, Thèse de Doctorat, Université Toulouse Jean Jaurès, Toulouse, 427 p. ; BORDES F. (1969) – Traitement thermique du silex au Solutrénien, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 66, 7, p. 197. ; INIZAN M.-L. et al. (1976) – Avantage d'un traitement thermique pour la taille des roches siliceuses, *Quaternaria*, XIX, p. 1-18. ; SCHMIDT P., et al. (2012) – Crystallographic and structural transformations of sedimentary chalcedony in flint upon heat treatment, *Journal of Archaeological Science*, 39, p. 135-144. ; SCHMIDT P. et al. (2019) – The mechanical properties of heat-treated rocks: a comparison between chert and silcrete, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 6, p. 2489-2506.



Fragments de feuilles de laurier traitées thermiquement en silex Bergeracois provenant des gisements de Laugier-Haute et Pré-Aubert. Les surfaces mates correspondant aux négatifs d'enlèvements antérieurs au traitement thermique sont figurées en orangées, tandis que les surfaces lustrées obtenues après traitement thermique sont en blanc.