

# Les traces de feux de la grotte Chauvet : des Impacts Thermiques sur les parois à la caractérisation des feux, Expérimentation et Modélisation (IThem)

*Porteur du projet* : Pierre GUIBERT, IRAMAT – CRP2A  
*Partenaire principal* : Catherine FERRIER, PACEA  
*Autres partenaires* : I2M Institut de Mécanique et d'Ingénierie, équipes TREFLE et GCE  
*Collaborateurs experts* : TRACES UMR 5608, Toulouse ; ArScAn UMR 7041, Nanterre ; CEPAM UMR 6130, Nice ; MNHN, UMR 5138, Paris ; UFR STM, Lyon ; CNP, Périgueux ; Ecole des Mines, Alès ; Ecole Nationale Supérieure, Paris ; Christian BOUCHET (propriétaire de la carrière).  
*Date* : janvier 2012 – décembre 2013 (AAP n°1) / Juin 2013  
*Financement Labex* : 43 635 €

**« Recréer, caractériser et modéliser des feux et leurs effets en grotte : un programme novateur ! »**

Mots clés : Chauvet-Pont-d'Arc, grotte ornée, Paléolithique, taphonomie, impact thermique, foyers, expérimentation de feu, modélisations aéraulique et thermomécanique.

Résumé : La grotte Chauvet-Pont-d'Arc en Ardèche renferme les plus anciennes œuvres pariétales datées à ce jour. L'étude taphonomique de cette cavité a révélé que les hommes du Paléolithique ont réalisé des feux produisant une forte altération thermique des parois et des plafonds. L'objectif du programme IThem est d'apporter des éléments pour discuter des fonctions de ces feux. Pour cela, le projet s'appuie sur une démarche expérimentale permettant de comprendre le fonctionnement d'un foyer en milieu souterrain, d'estimer son impact sur la roche, sur l'atmosphère de la cavité et les œuvres pariétales. Les données acquises lors des expérimentations sont ensuite utilisées pour modéliser les écoulements d'air induits par la source de chaleur, le déplacement des fumées émises par la combustion et les modifications subites par la roche.

Le projet IThem est né des recherches portant sur la taphonomie des parois de la grotte Chauvet-Pont-d'Arc, c'est-à-dire de l'étude des phénomènes qui ont affecté les représentations pariétales pendant et après la présence humaine. La cavité a notamment révélé des traces de feu, sous la forme de rubéfections thermiques et d'écaillages, attestant de chauffés intenses. Bien que certaines grottes ornées présentent des traces de foyers et de rubéfaction au sol, la grotte Chauvet constitue le premier exemple d'une cavité où des parois et plafonds sont impactés par les feux paléolithiques.

Ces observations ont engendré de multiples questions : leur fonction était-elle domestique, liée à l'éclairage, au balisage du cheminement, à des tentatives de protection vis-à-vis des animaux, ou bien à la fabrication de pigments ? Quels types de feux (nature du combustible,

intensité) peuvent conduire à une rubéfaction et à un écaillage de la roche (température supérieure à 300°C) ? Comment les hommes se sont-ils protégés des fumées et des gaz dégagés par la combustion ?

Pour appréhender ces diverses problématiques, une série d'expérimentations en milieu souterrain a été mise en place. Elles ont été réalisées dans une ancienne carrière de calcaire du Rupélien, située dans l'Entre-deux-Mers à Lugasson (Gironde). Le choix de ce lieu a été guidé par les contraintes de préservation des espaces souterrains naturels en Ardèche et la présence de la majorité de l'équipe dans les universités de Bordeaux. Les objectifs sont d'étudier et de modéliser les effets du feu sur la roche et sur l'atmosphère afin de comprendre l'origine des impacts thermiques visibles dans la grotte Chauvet.



La partie expérimentale s'est déroulée en trois étapes :

- En mai 2012, une première expérimentation est réalisée contre la paroi de la carrière (calcaire rupélien) suivant un protocole précis (espèce et taille du combustible, durée et régime de combustion, dimension du foyer...). Le but est alors d'observer et de comprendre les impacts engendrés par un feu sur la roche et sur les circulations d'air. Ce premier feu a induit des rubéfiations et des éclatements de la roche de nature comparables aux traces observées à Chauvet.

- En mars 2013, en prévision de la troisième expérimentation, un second feu est allumé suivant un protocole similaire mais cette fois contre une paroi reconstituée à partir de blocs taillés dans le calcaire rupélien. L'objectif est d'évaluer les différences induites par les joints dans la propagation thermique et dans les transformations de la roche.

- En juillet 2013, l'expérience est renouvelée contre une paroi reconstituée avec des blocs de calcaire urgonien provenant de l'environnement de la grotte Chauvet. Cette dernière étape permet d'estimer la variabilité des impacts, dépendante des caractéristiques du calcaire (différence de granulométrie, de composition, de porosité...).

Pendant ces expérimentations, la paroi impactée par le feu et la carrière sont instrumentées : mesures de température (air et roche), de vitesse de l'air, d'humidité de la roche, de dégagement de CO... Autant de données qui permettent de caractériser la répartition des températures dans l'atmosphère, la circulation de l'air et des fumées à l'intérieur de la cavité, mais aussi la propagation des températures dans le calcaire et les contraintes thermomécaniques

induites. Par ailleurs, les mesures de terrain et les analyses physico-chimiques des prélèvements, effectués avant et après les feux permettront de caractériser les processus responsables de la transformation de la surface de la roche. Les produits de combustion (cendre, charbon et dépôt dû à la fumée) feront l'objet d'une quantification et d'une caractérisation de leur structure et constituants.

Les données acquises dans la carrière permettront l'établissement de modèles transposables à la grotte Chauvet. Ceci constitue la quatrième et dernière étape du programme.

IThEM fait intervenir de nombreuses compétences mobilisées autour d'une réflexion commune sur le feu en milieu souterrain, ses impacts sur l'atmosphère ou sur les parois et ses produits de combustion. On retrouve ainsi la géoarchéologie (comparaison avec les observations réalisées à Chauvet), la géologie (caractérisation des propriétés de la roche), la taphonomie (identification des processus de transformation), la physique (mesures thermiques, thermodynamique, résistance des matériaux, mécanique des fluides), la modélisation numérique (écoulements d'air, résistance des parois), l'archéologie, l'archéotechnologie (techniques des feux et foyers anciens), l'anthracologie (étude des charbons) et l'étude des suies. Cet ensemble de regards croisés contribue à alimenter au mieux la réflexion sur la fonction des feux et le choix de leur implantation dans certains secteurs de la grotte Chauvet.

*Remerciements pour leur aide dans la réalisation du projet : C. Bouchet, propriétaire de la carrière ; M. Brun, maire de Lugasson ; E. Chaulet, maire de Barjac ; Musée d'Ornac.*

*Rédaction : propos recueillis par Catherine de NOTER (LaScArBx), avec la collaboration de Pierre GUIBERT (IRAMAT - CRP2A), Catherine FERRIER (PACEA - PPP), Jean-Claude LEBLANC (TRACES), Delphine LACANETTE (I2M - TREFLE) et Aurélie BRODARD (IRAMAT - CRP2A).*



*Un film de 15 minutes est prévu pour la valorisation de ces expérimentations.*



## ***IThEM : pas de fumée sans feu...***

### **Regards croisés sur un projet pluridisciplinaire**



**Pierre GUIBERT**

*Ingénieur de recherche (HDR), directeur du laboratoire IRAMAT-CRP2A, UMR 5060 CNRS-Université Bordeaux 3*

**Porteur du projet**

**Archéométrie - Paléothermométrie**



**Catherine FERRIER**

*Maître de conférences, directrice adjointe du laboratoire PACEA, UMR 5199 CNRS-Université Bordeaux 1*

**Initiatrice du projet**

**Géoarchéologie - Taphonomie - Grotte Chauvet Pont d'Arc**

**Jean-Claude LEBLANC**

*Chercheur associé, TRACES, UMR 5608 CNRS - Université Toulouse Le Mirail*

**Archéotechnologie - Expérimentation feu - Foyer de combustion**



**Aurélie BRODARD**

*Ingénieure de recherche contractuelle, IRAMAT-CRP2A, UMR 5060 CNRS-Université Bordeaux 3*

**Paléothermométrie - Expérimentation feu - Coordination du projet**



**Delphine LACANETTE**

*Ingénieure de recherche contractuelle, I2M, département TREFLE (Fluides et Transferts), UMR 5295 CNRS - Université de Bordeaux 1, Institut Polytechnique de Bordeaux*

**Simulation - Écoulements - Fumées**



**Jean-Christophe MINDEGUIA**

*Maître de conférences, I2M, département GCE (Génie Civil et Environnemental), UMR 5295 CNRS - Université de Bordeaux 1*

**Simulation - Thermomécanique - Endommagement**

**Evelyne DEBARD**  
*Chercheuse associée, Université Lyon 1, Département des sciences de la Terre*



**Géoarchéologie - Taphonomie - Grotte Chauvet Pont d'Arc**

**Isabelle THÉRY-PARISOT**

*Directrice de recherche, CEPAM, UMR 7264 CNRS - Université de Nice Sophia Antipolis*

**Combustion - Expérimentation - Anthracologie**



**Philippe MALAURENT**

*Ingénieur d'étude, I2M, département GCE (Génie Civil et Environnemental), UMR 5295 CNRS - Université de Bordeaux 1*

**Mesures - Thermique - Aérologie**



**Jean-Noël ROUZAUD**

*Directeur de recherche, Laboratoire de Géologie de l'École normale supérieure de Paris, UMR 8538 CNRS - ENS*

**Carbones - (microspectrométrie) Raman - Paléothermomètre**

**Colette SIRIEIX**

*Maître de conférences, I2M département GCE (Génie Civil et Environnemental), UMR 5295 CNRS - Université de Bordeaux 1*

**Géophysique - Thermographie infrarouge - Mesures**





**Camille BOURDIER**

*Maître de conférences, TRACES, UMR 5608  
CNRS - Université Toulouse Le Mirail*

**Art Pariétal - Taphonomie - Fusain**



**Valérie FERUGLIO**

*Chercheuse associée, ARSCAN, UMR  
7041 CNRS - Université de Nanterre*

**Art Pariétal - Taphonomie - Fusain**



**Stéphane KONIK**

*Ingénieur de Recherche, Ministère de la  
Culture et de la Communication, CNP*

**Colorimétrie - Photométrie - Métrologie  
de l'aspect visuel**



**Dominique LAFON**

*Enseignante-Chercheuse, Ecole des  
Mines d'Alès, C2MA, pôle RIME*

**Colorimétrie - Photométrie -  
Métrologie de l'aspect visuel**



**Alain QUEFFELEC**

*Ingénieur d'étude, PACEA, UMR  
5199 CNRS - Université Bordeaux 1*

**Caractérisation pétrographique -  
Lithopréparation**



**Floréal DANIEL**

*Ingénieur de recherche,  
IRAMAT-CRP2A, UMR 5060  
CNRS - Université Bordeaux 3*

**Climatologie - Température -  
Humidité**

**Nadia CANTIN**

*Ingénieure d'étude, IRAMAT-  
CRP2A, UMR 5060 CNRS-  
Université Bordeaux 3*

**Diffraction des rayons X -  
Pétrographie**



**Brigitte SPITERI**

*Technicienne, IRAMAT-  
CRP2A, UMR 5060 CNRS-  
Université Bordeaux 3*

**Lithopréparation - Secouriste**



**Yannick LEFRAIS**

*Ingénieur d'étude, IRAMAT-  
CRP2A, UMR 5060 CNRS-  
Université Bordeaux 3*

**Microscopie électronique à  
Balayage - Fluorescence X**



**Christian BOUCHET**

*Propriétaire de la carrière  
expérimentale*

**Dominique BAFFIER** (*Conservatrice, ARSCAN, UMR 7041 CNRS - Université de Nanterre*)

**Jean-Michel GENESTE** (*Conservateur, PACEA, UMR 5199 CNRS - Université Bordeaux 1 et MCC*)

**Stéphanie THIEBAULT** (*Directrice de recherche, UMR 7209 CNRS - MNHN*)