

La microscopie électronique pour remonter le temps

Exemples d'intégration du MEB et du MEB-EDS à la panoplie analytique de l'archéologue



Jean-Victor Pradeau¹, S. Jacomet², S. Beyries¹, C. Delhon¹, I. Théry-Parisot¹,
D. Binder¹, J. Chrzavzez¹, A. Henry¹, H. Alarashi¹, E. Gauvrit-Roux¹,
P. Anderson¹, M. Regert¹



1. CEPAM/UMR 7264 CNRS – Université Nice-Sophia Antipolis, Nice, France.
2. CEMEF/UMR 7635 CNRS – École des Mines de Paris, Valbonne, France.





Présentation du CEPAM – UMR 7264

Cultures et Environnements. Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge

- **MTI** Monuments, Textes et Images dans les sociétés anciennes et médiévales
- **DYNAPP** Dynamique des Peuplements et des Paysages

- **GRENES** Gestion des Ressources Naturelles, Environnements et Sociétés

- ◇ Disponibilité des ressources animales et végétales
- ◇ Acquisition et gestion de ces ressources

- **P2(EST)** Préhistoire et Ethnoarchéologie : Systèmes Techniques, Espaces Sociaux, Transferts

- ◇ Productions, usages, savoir-faire et leurs transferts
- ◇ Habitat et espaces sociaux
- ◇ Contextes chronologiques et environnementaux



L'archéologie, thématiques et méthodes

■ Champs d'investigation

- ◇ Paléoenvironnements
- ◇ Interactions Homme/milieu
- ◇ Systèmes économiques, techniques, sociaux, symboliques, culturels...
- ◇ ... et leurs dynamiques d'évolution

■ Méthodes

- ◇ Sur le terrain
 - Fouille de sites
 - Carottages sur séquences naturelles
 - Prospections sur gîtes de géoressources
- ◇ En laboratoire, lecture technologique et fonctionnelle
 - Botanique
 - Pétrographie
 - Céramologie, études lithiques, etc.
 - Tracéologie
 - Expérimentations



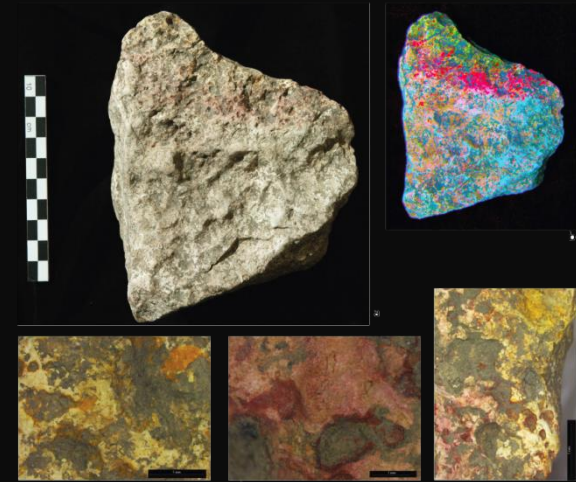
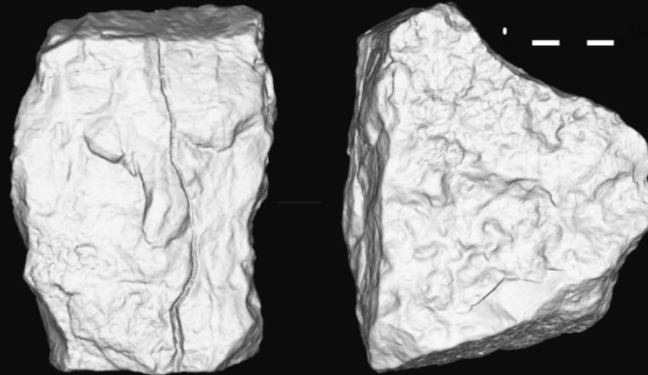


Intérêts du MEB et de l'EDS pour l'archéologie

- Complémentarité avec l'imagerie optique
- Méthodes peu invasives et peu ou pas destructives
- Analyses élémentaires couplées à l'imagerie
- Méthodes centrales dans la caractérisation des matériaux archéologiques, entre les approches optiques et les analyses physico-chimiques
- Application à de nombreuses gammes d'archéomatériaux
 - ◇ Géorressources : roches taillées, matériaux de construction, pigments
 - ◇ Arts du feu : céramique, métal, verre
 - ◇ Écofacts : charbons, graines, os, matières dures (cornes, ivoire, dents)

Contraintes du matériel archéologique pour le MEB-EDS

- Fragilité du matériel archéologique >>> *Low vacuum*
- Préparation et prélèvement parfois impossibles



- Masse, volume, morphologie >>> grande chambre



Étude de cas 1 – Charbons archéologiques





Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



Charbons de bois fréquemment retrouvés sur sites archéologiques

■ Problématiques

- ◇ Gestion des ressources naturelles (combustible, matériau de construction, etc.)
- ◇ Environnement et climat des sociétés du passé
- ◇ Relations Homme/milieu

■ Méthodes employées

- ◇ Observation en surface x50 à x1000
- ◇ Expérimentations et référentiels
- ◇ Croisement des données charbons, pollens, graines, etc.



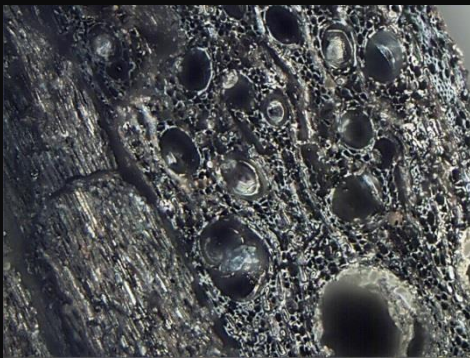
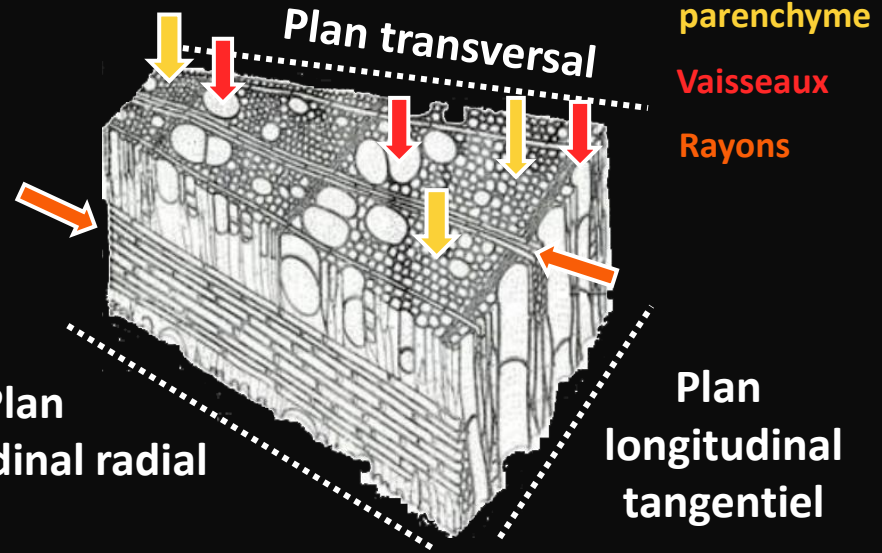
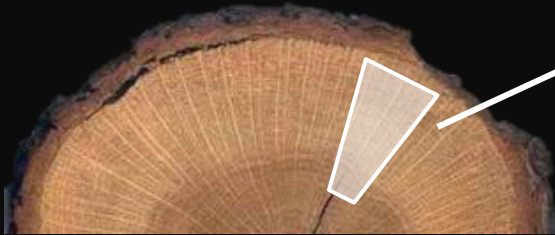


Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



Résultats des analyses « classiques »

- Observation en surface des 3 plans anatomiques du bois



Quercus (chêne caducifolié)

Microscope optique
Reconstruction en z



Rhamnus alaternus (alaterne)

Microscope optique
Reconstruction en z



Juglans (noyer)

Microscope optique
Sans reconstruction



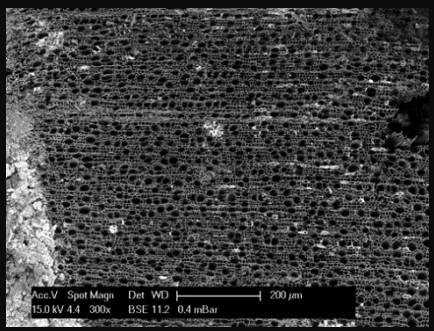
Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



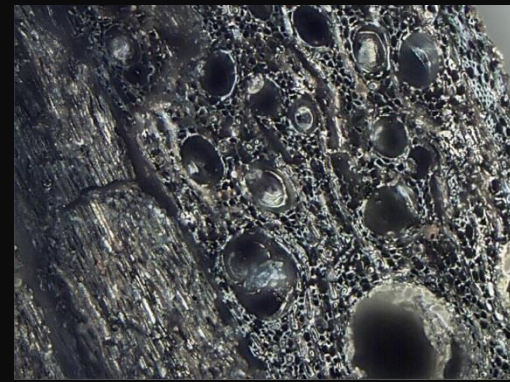
Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Profondeur de champ et qualité des images

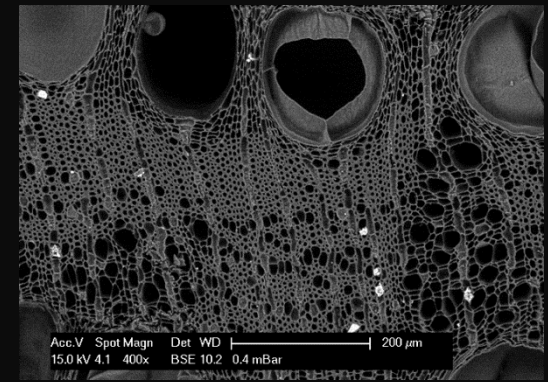
Chêne caducifolié



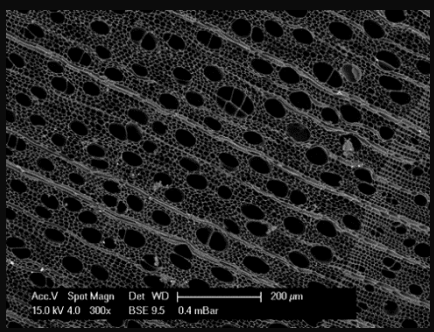
Rhododendron



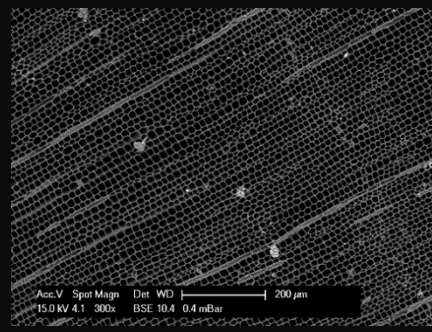
Microscope optique



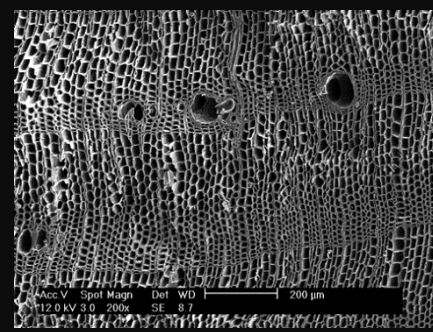
MEB



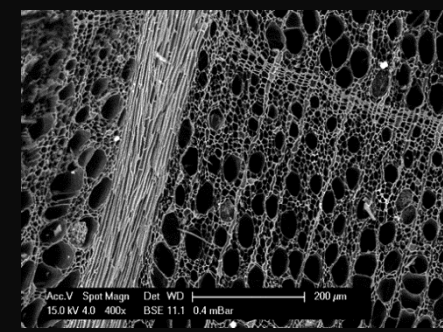
Érable



Genévrier



Pin sylvestre



Hêtre



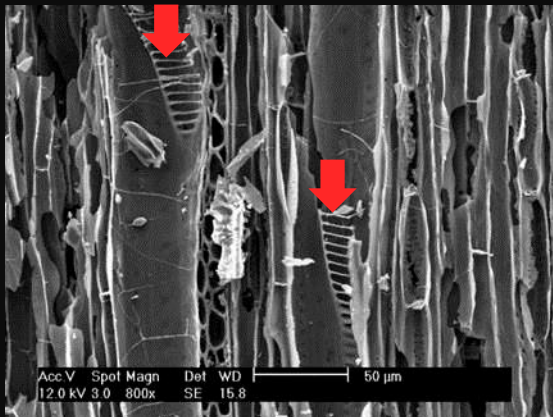
Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



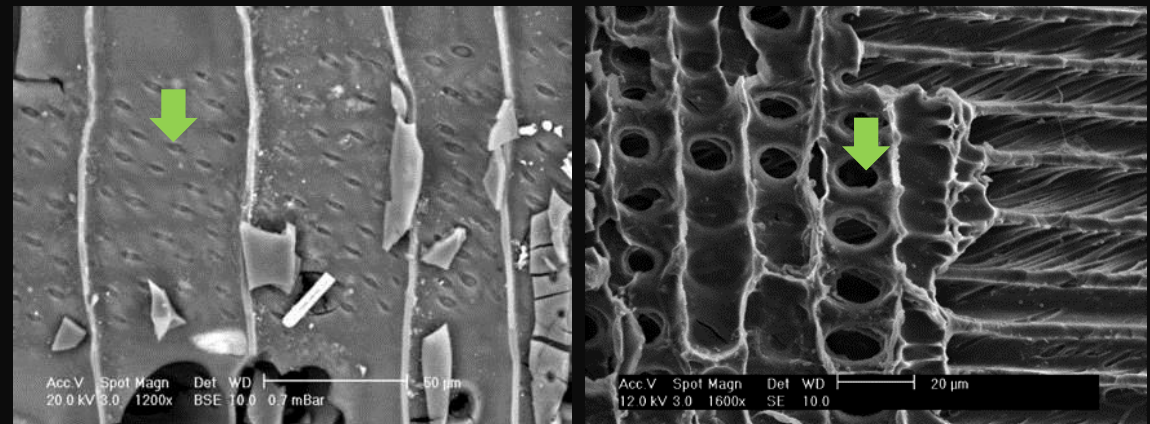
Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Critères anatomiques fins/difficiles à observer dans un plan

Perforations scalariformes
(connexions entre 2 éléments
de vaisseaux)



Ponctuations rayon-vaisseau
(connexions éléments verticaux/éléments horizontaux)





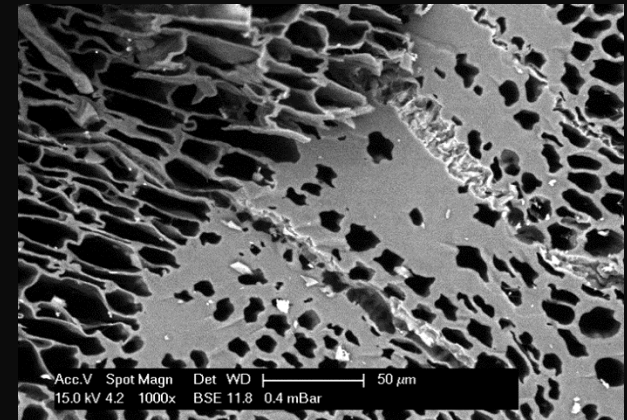
Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



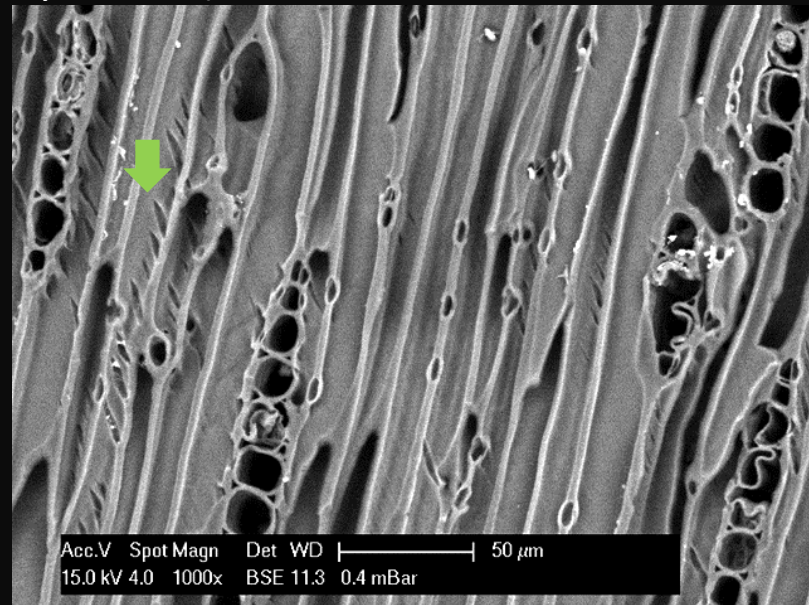
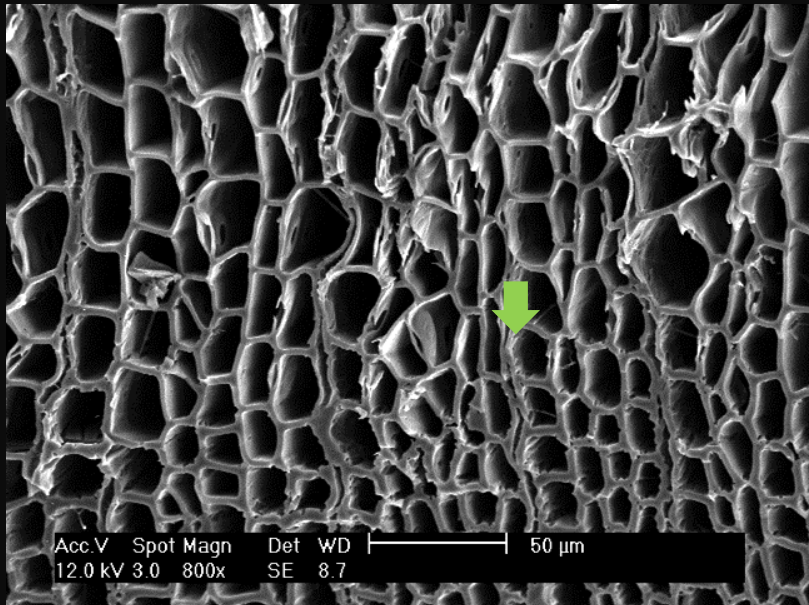
Apports du MEB et de l'analyse EDS

- État de la paroi cellulaire

Parois fondues
(vitrification)



Parois épaisses
(bois de compression)





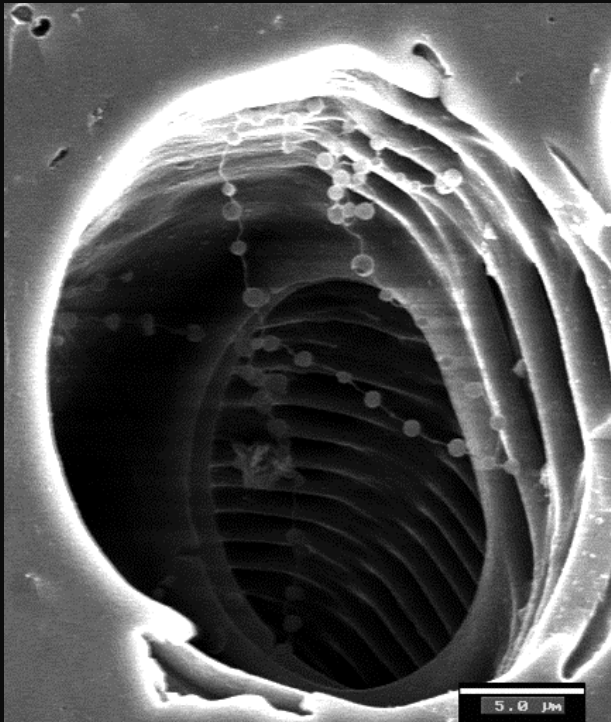
Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



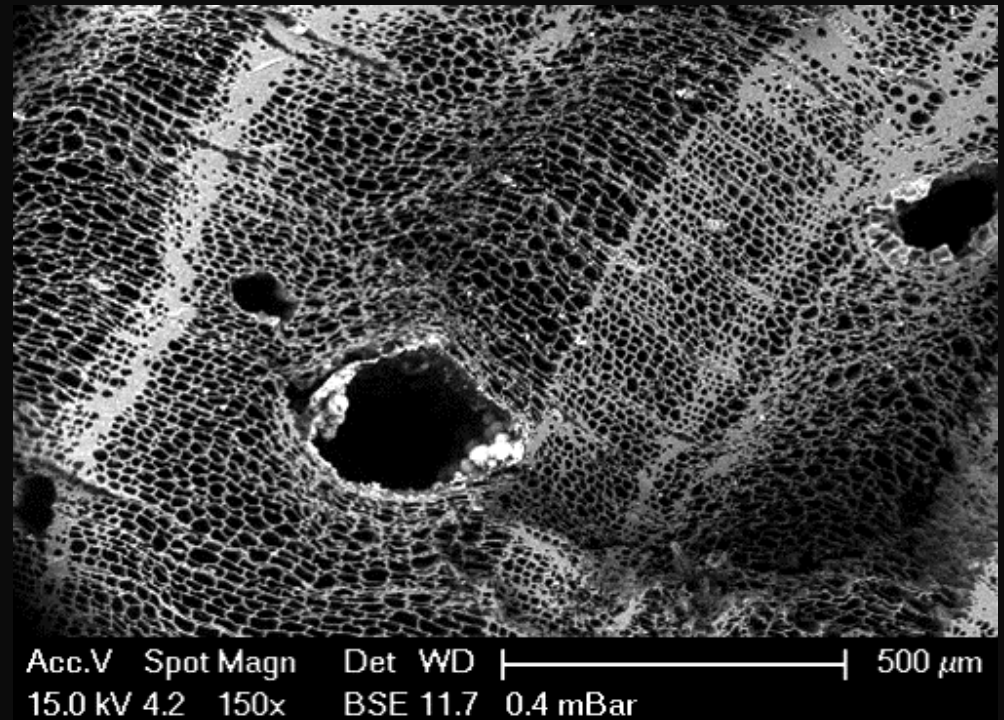
Apports du MEB et de l'analyse EDS

- État de la paroi cellulaire et autres éléments
 - ◇ Indices de dégradation du bois par agents de pourriture

Filaments bactériens ou fongiques



Effondrement de parois



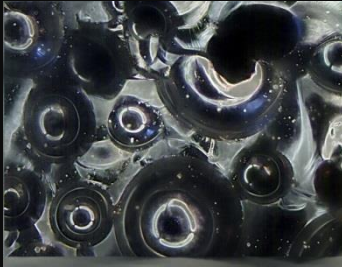


Étude de cas 1 – Charbons archéologiques

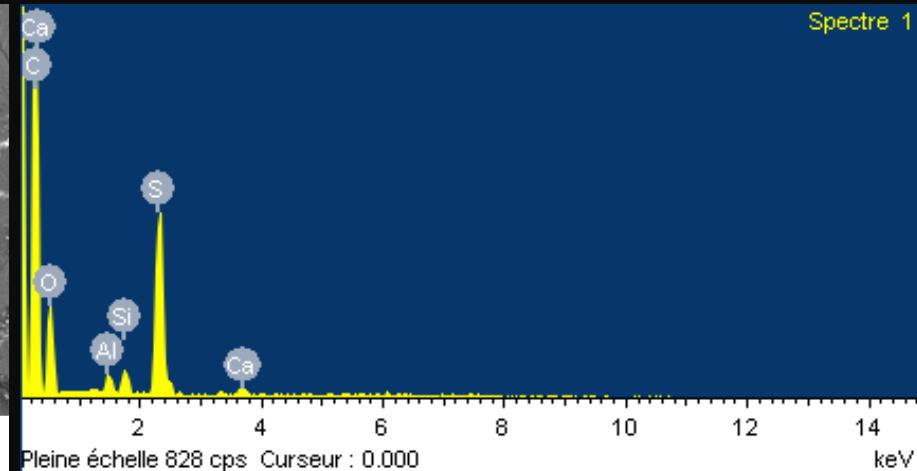
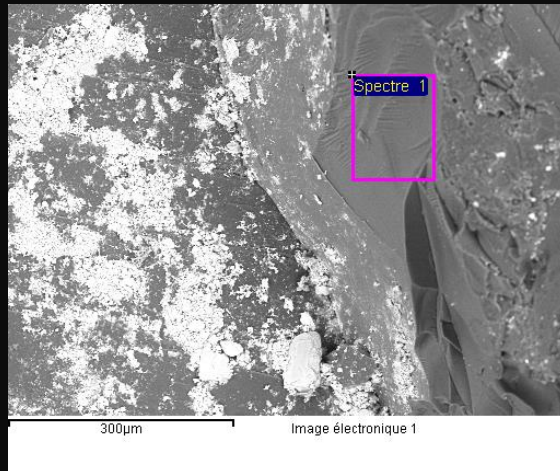
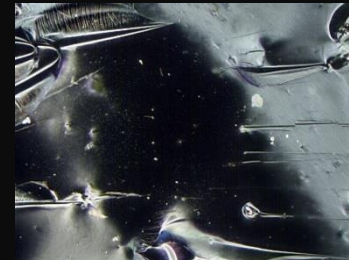


Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Caractérisation de fragments vitreux



Microscopie optique x100



>>> Charbon « de terre » (lignite) ?



Étude de cas 1 – Charbons archéologiques



Apports du MEB et de l'analyse EDS pour les études anthracologiques

- Images de qualité pour diffusion des résultats
- Caractérisation d'aspects particuliers
 - ◇ Environnement à travers le détail taxinomique
 - ◇ Gestion du bois (état du bois, conditions de combustion)
- Indices élémentaires

Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques





Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques

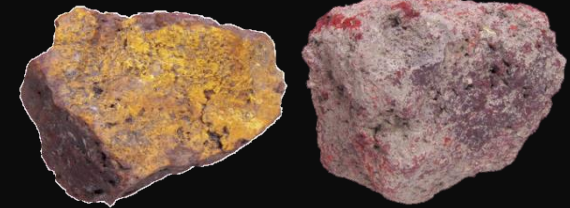


Géomatières riches en goethite, hématite, cinabre, oxydes de manganèse

- ◇ Diversité de roches exploitables
- ◇ du Paléolithique ancien au Néolithique
- ◇ Usages symboliques et techniques (siccatif, abrasif)

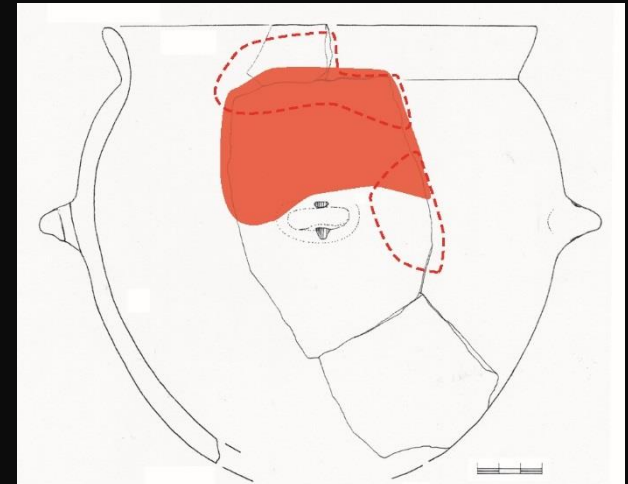
■ Problématiques

- ◇ Provenance et acquisition
- ◇ Modalités de préparation
- ◇ Usages et fonctions



■ Méthodes employées

- ◇ Inventaire et classification
- ◇ Pétrographie et lithothèque
- ◇ Tracéologie et référentiels
- ◇ Caractérisation physico-chimique



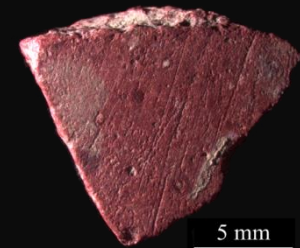
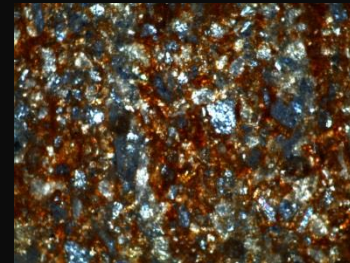
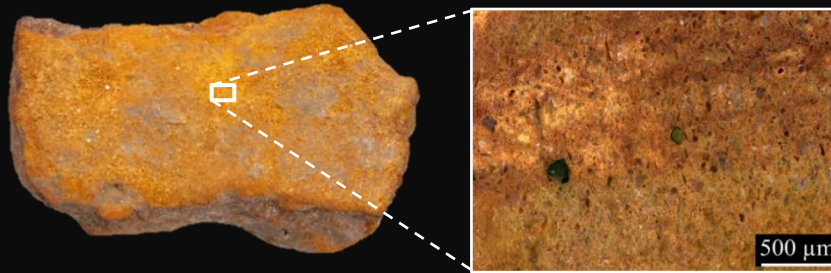
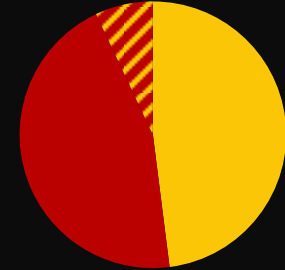


Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques



Résultats des analyses « classiques »

- Image des grandes gammes de matériel
- Matières premières : minéraux, traces d'utilisation



- Céramiques : aspect des résidus

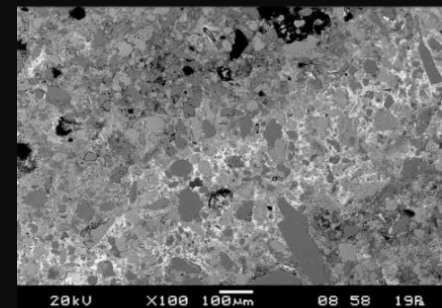
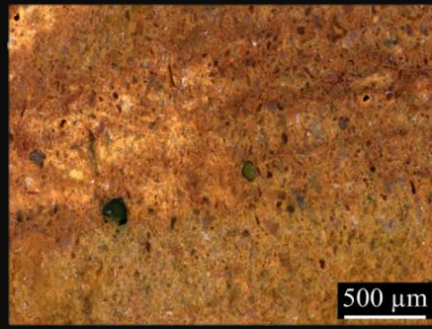
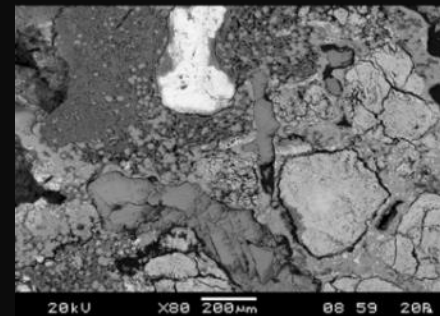
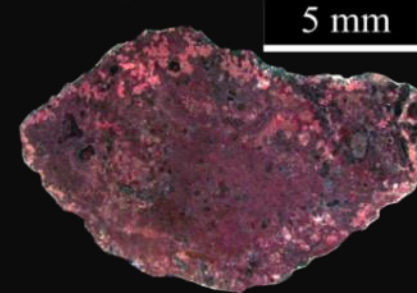




Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques

Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Sur matières premières (restes cohérents)
 - ◇ Microstructure
 - ◇ Indices visuels supplémentaires
 - ◇ Analyses élémentaires



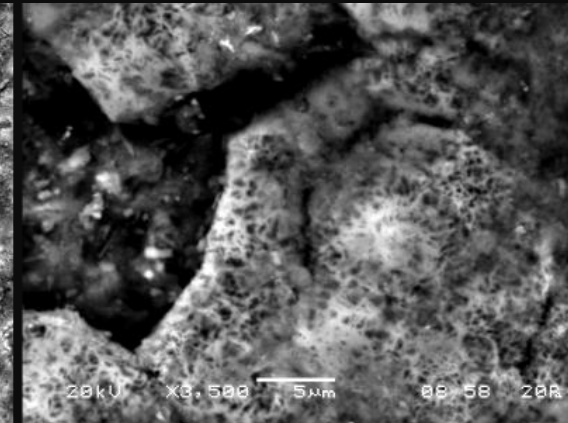
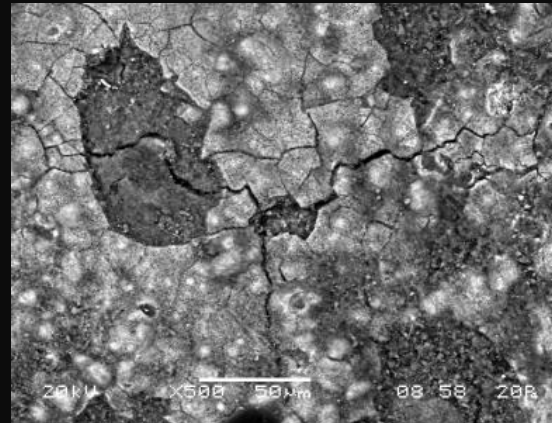
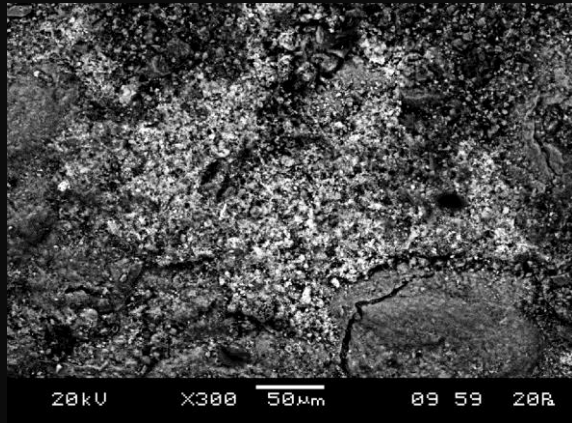
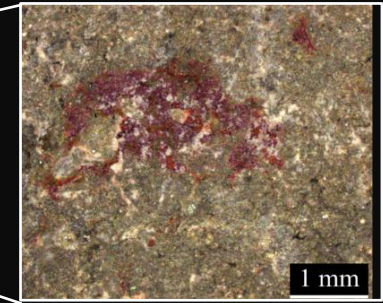


Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques



Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Sur résidus (restes incohérents)
 - ◇ Indices visuels supplémentaires
 - ◇ Analyses élémentaires



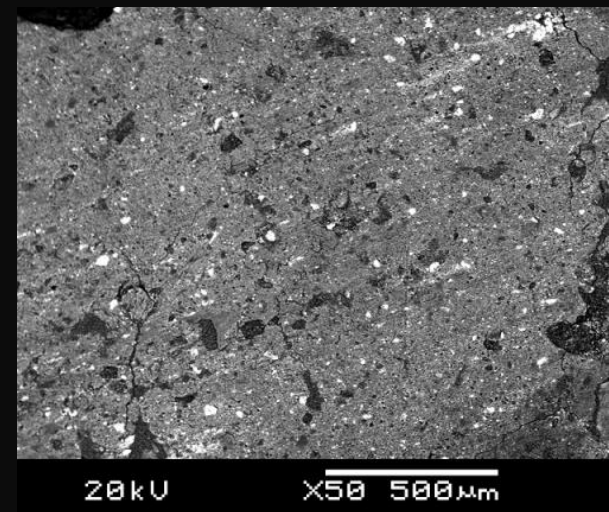
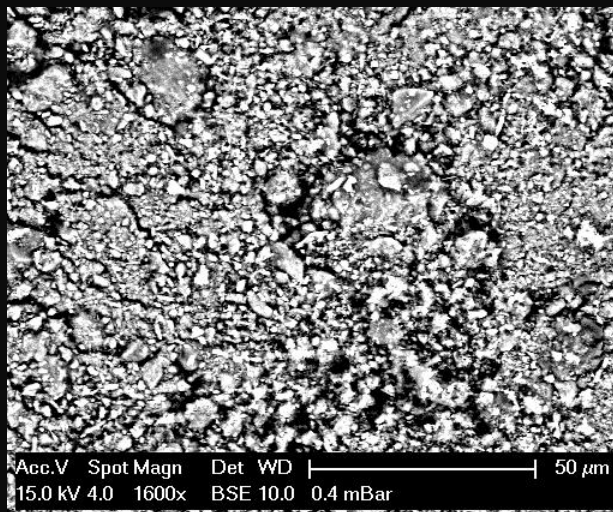
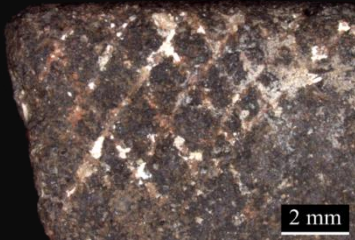


Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques



Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Sur résidus (restes incohérents)
 - ◇ Indices visuels supplémentaires
 - ◇ Analyses élémentaires





Étude de cas 2 – Pigments préhistoriques



Apports du MEB et de l'analyse EDS
pour l'étude des matières colorantes

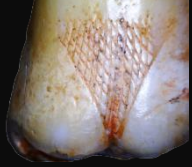
- Indices pétrographiques
- Indices chimiques (à associer à analyses structurales)
- Caractérisation d'aspects technologiques

Étude de cas 3 – Dents gravées du Magdalénien





Étude de cas 3 – Dents gravées du Magdalénien



Dents de cheval gravées

- ◇ Six sites du Poitou-Charentes dont la Marche et le Roc-aux-Sorciers
- ◇ Magdalénien moyen (15500-13500 BCE)

■ Problématiques

- ◇ Modalités de fabrication
- ◇ Usages et fonctions

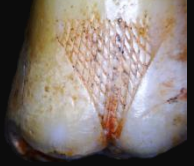
■ Méthodes employées

- ◇ Référentiels expérimentaux
- ◇ Microscopie optique





Étude de cas 3 – Dents gravées du Magdalénien



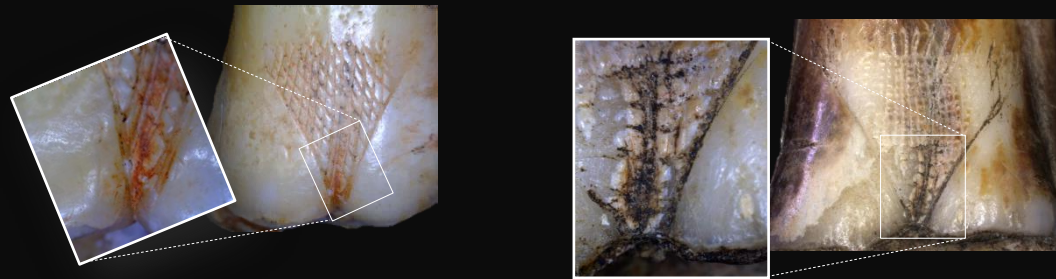
Résultats des analyses « classiques »

- Matière première : incisives d'individus juvéniles, souvent non sorties

- Différents degrés d'exécution



- Coloration

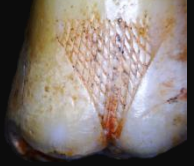


- Parallèles typologiques avec gravures pariétales du Roc-aux-Sorciers



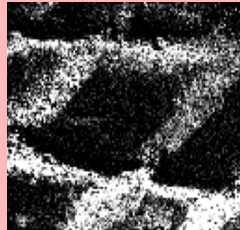
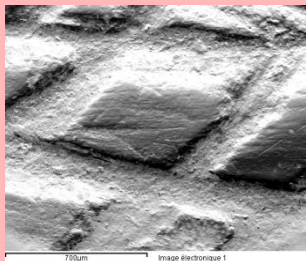
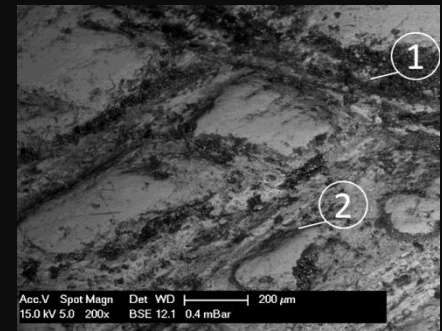
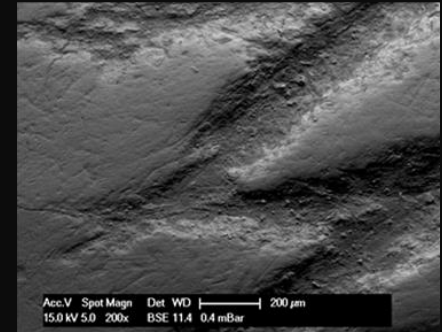


Étude de cas 3 – Dents gravées du Magdalénien

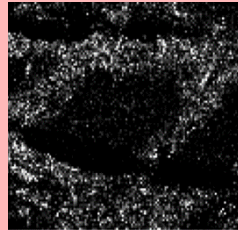


Apports du MEB et de l'analyse EDS

- Maîtrise technique
- Chronologie
- Outils employés
- Colorations : éléments Fe ou C
rouge = hématite / noir = charbon



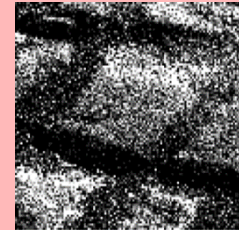
C



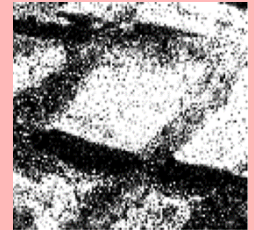
Si



P



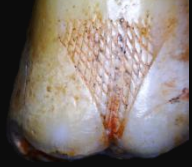
O



Ca



Étude de cas 3 – Dents gravées du Magdalénien



Apports du MEB et de l'analyse EDS
pour l'étude des « œuvres artistiques » sur support mobilier

- Indices sur la maîtrise technique
- Indices sur les modes opératoires (enchaînements de gestes)
- Indices sur outils employés
- Caractérisation des pigments employés



Principales difficultés rencontrées

- Difficultés analytiques

- ◇ Masse, volume et morphologie des échantillons archéologiques
- ◇ Disproportion entre séries archéologiques et corpus analysables

- Difficultés interprétatives

- ◇ Détermination des différents aspects observés (en particulier pigments)

- Solutions

- Échantillonnage
- Mise en place de protocoles expérimentaux pour établir référentiels

Merci pour votre attention...

