

## PREMIERE ETUDE DES PIGMENTS DES GROTTES ORNEES QUERCINOISES

M. LORBLANCHET, M. LABEAU et JL. VERNET (\*)

Cette étude de pigments s'intègre dans notre recherche sur l'art pariétal du Quercy. Elle a été entreprise dans les grottes de Marcenac et Pech Merle de Cabrerets, et de Cougnac (cne de Payrignac) près de Gourdon (Lot).

Elle s'est développée dans trois secteurs différents :

- 1 ) L'identification des pigments : effectuée dans les grottes de Marcenac et de Cougnac.
- 2 ) L'étude "biographique" de la paroi ornée de Cougnac : le relevé des figurations pariétales de la cavité réalisée par M. Lorblanchet depuis 1982, a montré notamment une exécution discontinue de la grande frise des Mégacéros marquée par des retouches et des rajouts de figures qui semblent avoir été réalisés par des pigments différents. Le relevé a aussi mis en évidence l'existence de nombreuses traces d'utilisation des parois, sous forme de taches diffuses et de ponctuations organisées entourant les figures. De telles traces sont peut-être le témoignage d'activités ou de "cérémonies" qui se sont déroulées devant les parois ornées (M. Lorblanchet, 1984).

Une analyse des pigments portant sur une série d'échantillons provenant de figures différentes et de plusieurs points des mêmes figures a donc eu pour but de tenter de vérifier le caractère discontinu des tracés pariétaux de Cougnac.

- 3 ) L'étude monographique des grottes ornées qui exige de longs séjours sous terre nous a amené à observer une constante variation saisonnière des contrastes de peintures. Pour mesurer ce phénomène aussi important pour la lecture et le déchiffrement des figurations que pour leur conservation, nous avons élaboré une première méthode qui pourra être perfectionnée ultérieurement mais qui a déjà permis d'intéressantes informations.

Les deux premiers volets de notre étude, l'identification des matières colorantes et la biographie de la paroi de Cougnac, ont réclamé une série de prélèvements de pigments sur les parois. Ces prélèvements, que l'emploi du microscope électronique à balayage par M. Labeau a permis de limiter chaque fois à une quantité infime de matière, de l'ordre du milligramme, ont été effectués avec l'extrémité d'une aiguille en un point précis du tracé. *Totalement invisibles sur les originaux*, ils ont été réalisés par M. Lorblanchet et grâce à l'autorisation du Ministère de la Culture et des propriétaires des cavités. (\*\*)

( \*) M. Lorblanchet : CNRS 46160 Cajarc ; M. Labeau : Laboratoire de matériaux, ENSPG-Institut National Polytechnique de Grenoble ; JL. Vernet : Laboratoire de Paléobotanique, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.

(\*\*) Nous remercions particulièrement Mr J. Mazet pour sa collaboration amicale à Cougnac.

Cet article liminaire ne présente que deux exemples d'identification de pigments et les premières données de notre étude des variations de contrastes. Un texte plus détaillé publierait ultérieurement le résultat complet de nos trois domaines de recherche.

## 1 - DETERMINATIONS DE PIGMENTS :

Le premier échantillon M, a été prélevé dans la partie médiane du profil dorsal du cheval au trait noir du diverticule de la grotte de Marcenac (Cabrérats - Lot). Le second, C, a été prélevé dans la partie médiane du profil dorsal du Mégacéros femelle, dessiné également au trait noir sur la grande paroi de Cougnac (fig. 7).

La méthode utilisée par M. Labeau pour l'examen de ces échantillons est la microanalyse par rayonnement X associée à un microscope électronique à balayage. Cette méthode permet d'effectuer l'analyse de matériaux contenant des éléments (ou atomes) dont les numéros atomiques sont supérieurs à 10. Elle permet d'obtenir en même temps des images électroniques à un grossissement assez important faisant apparaître la morphologie de l'échantillon (plaquettes, aiguilles, fibres etc...).

Cette méthode a des limites : il n'est pas possible par exemple de détecter la présence du Carbone. Par ailleurs la diffractométrie X (diffraction des rayons X par l'échantillon) permet d'identifier les phases *cristallisées* présentes dans l'échantillon. Par exemple le diagramme de diffraction X de l'échantillon C montre la présence de la phase calcite Ca CO<sub>3</sub>. Le calcium (Ca) détecté dans cet échantillon se trouve donc, au moins en partie, sous forme de calcite. Le diagramme de l'échantillon M montre également l'existence de cette phase calcite Ca CO<sub>3</sub> mais associée avec une phase assez mal cristallisée qui est un oxyde de manganèse.

### ECHANTILLON M (CHEVAL DE LA GROTTE MARCENAC) :

#### Observation au microcospe à balayage :

Photographies n°1 (grossissement G=2000), n°5 (G=3000). L'échantillon est constitué de plaquettes de dimensions variées (0,5 micron) isolées ou rassemblées en paquets, et d'agglomérats de forme sphérique (5-10 microns). Ces agglomérats sont constitués de petits parallélépipèdes de dimensions moyennes inférieures à un micron (photo n°7, G=12000).

#### Microanalyse par sonde d'électrons (sur le MEB) :

1 ) Le spectre obtenu sur l'ensemble de l'échantillon (figure 1) révèle la présence :

- d'une quantité importante de calcium (Ca)
- d'une quantité importante de Manganèse (Mn)
- de Barium (Ba)

(la présence d'or (Au), de zinc (Zn) et de cuivre (Cu) est due au porte-échantillon.)

2 ) Le spectre obtenu sur les plaquettes ou amas de plaque (figure 2) révèle la présence très majoritaire de calcium. Ces plaquettes sont très probablement des cristaux de calcite Ca CO<sub>3</sub>, phase détectée sur les diagrammes de diffraction X.

3 ) Le spectre obtenu sur les agglomérats de forme sphérique (figure 3) révèle la présence très majoritaire de Manganèse, associée à une quantité plus faible de Barium. L'étude de diffraction X, détaillée ci-dessous, montre qu'il pourrait s'agir d'un mélange d'hydroxyde de Manganèse et d'hydroxyde de Barium et de Manganèse.

### **Diffraction X (révélant les phases cristallisées) :**

Le diagramme de diffraction X (cliché) obtenu sur l'ensemble de l'échantillon fait apparaître :

- . le spectre de diffraction de la calcite Ca CO<sub>3</sub>,
- . un ensemble de raies de diffraction dont l'intensité relative (1), l'angle de diffraction (0) et la distance interéticulaire correspondante (d), sont indiquées dans le tableau 1.

Compte-tenu de la précision de la mesure de d, ces raies de diffraction, mise à part la troisième, coïncident bien avec le spectre d'un hydroxyde de Manganèse contenant du Barium (Ba, H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>Mn<sub>5</sub> O<sub>10</sub> (minéral connu sous le nom de psilomélane, dont les caractéristiques cristallographiques sont répertoriées dans la fiche ASTM n° 14-267). De même façon, ces raies, mise à part la seconde, coïncident bien avec le spectre de l'hydroxyde de Manganèse Mn O(OH)<sub>2</sub> (Vernadite, fiche ASTM n° 15-604), lui-même très proche de la pyrolusite.

**Interprétation** : il est donc raisonnable de penser que la partie de couleur noire du pigment M est constituée d'un mélange des deux phases citées ci-dessus. Cela est en accord avec les résultats de microanalyse X montrant la présence de Barium. Mais étant donné le nombre très important des variétés *d'oxyde de Manganèse*, souvent voisines les unes des autres, il ne faut pas exclure d'autres possibilités quant à la nature de l'oxyde de Manganèse présent dans M. De ce point de vue, il serait peut-être intéressant de passer en revue les gisements de Manganèse présents dans les environs de la grotte.

### **ECHANTILLON C (MEGACEROS DE COUGNAC) :**

#### **Microscopie à balayage :**

Les images de l'échantillon (photo n°10) font apparaître des grains de tailles variées sans morphologie bien définie. Parmi cet ensemble de grains on détecte un nombre assez important de blocs, de dimensions supérieures à la moyenne. Ces blocs comportent des canaux parallèles les uns aux autres, de diamètre variant de 5 à 10 microns, espacés de 5 microns environ (photos 11, 12 et 13).

#### **Microanalyse X par sonde d'électrons :**

Le spectre obtenu sur l'ensemble de l'échantillon (figure 4) montre la présence de calcium et de phosphore (le carbone éventuellement présent n'est pas détectable). Les spectres obtenus sur les blocs comprenant des canaux (figure 5) font apparaître une quantité de phosphore notablement plus importante que sur l'ensemble de l'échantillon et nettement plus importante que sur les zones ne comportant pas de blocs aux canaux apparents. Il semble donc que l'échantillon comporte au moins deux phases de nature différente.

#### **Diffraction X :**

Toutes les raies de diffraction du diagramme (cliché) obtenu sur l'ensemble de l'échantillon sont celles du spectre de la phase cubique Ca CO<sub>3</sub>. C'est donc la seule phase cristallisée présente dans l'échantillon.

**Interprétation** : il semble que l'échantillon comporte plusieurs phases, dont la calcite Ca CO<sub>3</sub> bien cristallisée. La couleur noire du pigment provient certainement de la ou des phases amorphes non visibles sur le diagramme de diffraction X.

Les blocs striés de canaux qu'on observe sur les images et qui ne peuvent être de la calcite (compte-tenu de leur aspect et du fait qu'ils renferment du phosphore) font sûrement partie de l'élément qui est à l'origine de la couleur noire du pigment. Deux hypothèses peuvent être envisagées : il peut s'agir de charbon de bois ou de charbon d'os (les deux contiennent habituellement du calcium et du phosphore). Ces photographies ont été récemment montrées à

un membre du laboratoire d'analyse pathologique du CHU de Grenoble. D'après ce spécialiste les canaux seraient trop petits pour que ce soit de l'os.

Les photographies prises au microscope électronique à balayage ont été ensuite soumises à M. JL. Vernet paléobotaniste, qui fait connaître ainsi son opinion :

"L'observation des clichés 11 et 12 pris au microscope électronique à balayage suggère avec beaucoup de probabilité qu'il s'agit d'un charbon de bois, les canaux pouvant être soit des trachéides soit des fibres. On n'observe cependant pas d'ornementation caractéristique aussi bien sur la photo 11 que sur la photo 12 (sections longitudinale et transversale). Seule la photo 13 permet de conclure avec certitude que l'on a bien affaire à **un charbon de bois** et plus précisément de **Gymnosperme** comme l'attestent les ponctuations aréolées (fig. 6)".

## 2 - ETUDE DES VARIATIONS SAISONNIERES DE CONTRASTE :

### METHODE :

Toujours dans le cadre de ses recherches sur l'art du Quercy autorisées par le Ministère de la Culture, pendant près de 18 mois, M. Lorblanchet a effectué tous les quinze jours des photographies (diapositives) des mêmes détails de certaines figurations du Pech Merle et de Cougnac. Les prises de vues ont été réalisées dans les mêmes conditions, c'est à dire à la même distance de la paroi, avec le même éclairage (même orientation et même distance du flash), en employant le même appareil équipé de la même optique et en confiant le développement au même laboratoire professionnel. Les clichés ont été pris le même jour dans les deux cavités.

Cette méthode a permis de comparer les diapositives obtenues lors de 35 prises de vues successives (plus de 600 diapositives et ... 3500 km parcourus!). Elle manque sans doute encore de précision puisque des variations légères d'intensité du flash ou dans les développements ont affecté parfois les résultats. Il n'en reste pas moins cependant qu'une telle méthode perfectible ultérieurement, a indiscutablement mis en valeur, dans ses grandes lignes, une **évolution cyclique des contrastes** de pigment.

Les valeurs de contraste ont été mesurées de la façon suivante : les diapositives ont été projetées sur un écran dépoli (l'uniformité de la projection a été obtenue) et la densité des mêmes points du tracé des figures a été mesurée au densitomètre (cellule photométrique de chez Goessen Mastersix). La densité d'un point de la paroi (toujours le même au cours des mesures et à proximité immédiate du point précédent choisi sur la figure) a été ensuite mesurée. L'écart entre la densité du point de la paroi et celle du point du tracé est la valeur de constraste. Cette valeur est évidemment ponctuelle ; elle peut varier d'un point à l'autre de la figure (\*).

(\*) Nous remercions M. F. Jach (employé au Musée A. Lemozi) pour son aide lors des prises de vue répétitives à Cougnac et au Pech Merle. Il a su, sous notre direction, prendre parfois le relais en cours d'opération et nous éviter de longs déplacements.

Lors de l'élaboration de sa méthode, M. Lorblanchet a bénéficié en 1983 des enseignements du professeur Torossian (Université des Sciences de Toulouse) au cours d'un stage de Photographie scientifique organisé par le CNRS dans le cadre de la formation continue du personnel du CNRS.

## RESULTATS :

A titre d'exemple, nous ne présentons pour le moment qu'une série de quatre courbes exprimant l'évolution des contrastes des tracés noirs de deux figures du Pech Merle et de deux autres de Cougnac. L'évolution concerne la période d'octobre 1984 à février 1986 inclus.

La première courbe A montre l'évolution du contraste d'un point placé à la naissance de la queue du cheval central et de la Frise Noire à Pech Merle. La courbe B exprime l'évolution du contraste d'un point du tracé antérieur de la cuisse des chevaux ponctués du Pech Merle (cheval de gauche). La courbe C montre la même variation pour le bord antérieur de la bosse du Mégacéros femelle de Cougnac et la courbe D la même variation pour le sommet de la "cheminée" d'un des signes en accolade de Cougnac (figure 7).

La comparaison de ces courbes montre d'abord qu'elles décrivent un **phénomène cyclique** et que ce phénomène se répète parallèlement dans les deux grottes : les contrastes présentent des valeurs maximum en automne (septembre à début décembre) et des valeurs faibles en hiver. Le printemps correspond par contre à une augmentation des valeurs de contrastes qui commencent ensuite à plafonner en été.

Les comparaisons entre les courbes obtenues au Pech Merle et à Cougnac sont aussi très instructives : les courbes du Pech Merle sont généralement plus accidentées que celles de Cougnac ; les petites variations de contrastes semblent y être plus fréquentes. D'autre part le secteur des courbes correspondant à l'été (juillet-août) semble être plus creux au Pech Merle qu'à Cougnac. Certains points du cheval central de la Frise Noire de Cabrerets montrent même un effondrement des contrastes beaucoup plus net que sur les courbes présentées ici. Nous y reviendrons dans un article ultérieur. Contentons nous de noter pour l'instant que l'été correspond à une période d'oscillations des valeurs de contraste ou même à leur diminution et que ce phénomène est plus marqué au Pech Merle qu'à Cougnac.

Nous pouvons comparer enfin les variations de contrastes aux variations thermiques. Les courbes Ea et Eb ont été tracées d'après les données de la station météorologique de Gourdon située à trois kilomètres seulement de Cougnac et d'après les relevés malheureusement incomplets, de la petite station météorologique, qu'avec le concours du Service de la Météorologie Nationale, nous avons créée en 1982 près de l'entrée du Pech Merle. (\*)

Le parallélisme général de l'ensemble des courbes (A à E) prouve que les variations de contraste des tracés paléolithiques entretiennent une relation (directe ou indirecte) avec les variations de température.

Des différences de détail entre les courbes de contraste et les courbes thermiques sont cependant observables :

Le creux hivernal est le plus large sur les courbes de contraste, surtout à Cougnac où il s'étend de janvier à avril ou mai. À Cougnac le creux le plus profond des contrastes se situe en mars et mai alors qu'au Pech Merle il se situe en janvier 1985.

La chute des contrastes accompagne celle des températures : elle s'est produite aux environs de Noël en 1984 et un mois plus tôt, c'est à dire en décembre, en 1985. Le froid sévère de décembre 1984 et surtout janvier 1985 (-25° enregistrés au Pech Merle) a provoqué une chute *immédiate* des contrastes des deux grottes alors que celui de novembre-décembre 1985, moins sévère, n'a entraîné une diminution des contrastes qu'au Pech Merle ; la chute des contrastes s'est produite à Cougnac avec un retard d'environ deux mois.

(\*) Nous remercions MM Jaquet et Lavila, chefs successifs de la Station Météorologique départementale de Gourdon pour leur aide et leurs aimables informations.

Ainsi les courbes du Pech Merle sont plus étroitement calquées sur les courbes thermiques que celles de Cougnac. Les dessins du Pech Merle semblent plus sensibles aux influences extérieures que ceux de Cougnac. La raison de ce phénomène réside sans doute dans le fait que Pech Merle possède deux entrées, l'entrée naturelle demeurant constamment ouverte, alors que Cougnac n'a qu'une entrée qui est constamment fermée.

C'est probablement aussi pour cette raison que la grotte du Pech Merle est plus froide que celle de Cougnac.

Les relevés des températures intérieures effectués lors des prises de vue (courbes **Fa** et **Fb**) montrent une différence moyenne d'un degré entre les deux cavités. Les amplitudes thermiques annuelles sont dans les deux cas de l'ordre d'un degré : les variations s'effectuent entre 12 à 13 degrés au Pech Merle et entre 13 et 14 degrés à Cougnac.

Les deux courbes sont parallèles : elles montrent un sommet en automne et un creux en hiver. Elles enregistrent un second creux, très étonnant, en été.

Ces mesures réalisées avec un thermomètre au 1/10ème et avec un thermo-hygroscope (Cholin) devront être confirmées par de nouvelles mesures plus précises, réparties sur une plus longue durée.

**Interprétation :** En définitive, pour faire la synthèse des données actuelles, nous observons que les variations de contrastes des tracés pariétaux du Pech Merle et de Cougnac sont des phénomènes cycliques parallèles fortement influencés par les variations thermiques naturelles : l'élévation des températures extérieures correspondant à une augmentation des contrastes et inversement.

L'explication exacte du phénomène n'est pas de notre compétence ; elle réclame des études climatologiques et cristallographiques très poussées qui sont du ressort des spécialistes. Il semble bien que l'atténuation des teintes en hiver soit dûe à une opacification momentanée du film de concrétion recouvrant les pigments, et cette modification semble liée à un abaissement des températures.

En outre, nous émettons l'hypothèse que les variations cycliques des contrastes sont soumises à l'influence de facteurs qui ne sont pas seulement naturels : une fréquentation touristique très intense, entraînant des perturbations climatiques diverses, pourrait expliquer une certaine diminution des contrastes en été, surtout perceptible au Pech Merle. Le cycle idéal des contrastes (que l'on pourrait observer dans des cavités non ouvertes au tourisme) pourrait comporter un sommet en saison chaude, été et automne compris, et un creux en hiver. Les cycles que nous avons enregistrés au Pech Merle et à Cougnac pourraient n'être en fait que des cycles modifiés par le tourisme.

La vérification de cette hypothèse réclame à la fois une poursuite des mesures et un perfectionnement de la méthode.

## CONCLUSION :

La majorité des analyses de pigments paléolithiques a été réalisée sur des blocs découverts dans des habitats au cours des fouilles et plus rarement dans des grottes ornées. A Lascaux par exemple, 158 fragments de colorants ont été étudiés en détail. (C. Couraud et A. Iamming Emperaire 1979, p. 153-171 et C. Couraud 1983 et 1984). Les risques de dégradations des peintures par des prélevements expliquent par contre la rareté des déterminations de pigments pariétaux. Le recours au microscope électronique à balayage permet aujourd'hui de réduire au maximum cette dégradation. La quantité de matière requise n'étant

plus que de l'ordre du milligramme, la trace laissée par le prélèvement d'un échantillon est invisible à l'oeil nu.

Les seules analyses de ce type ont été réalisées à ce jour à Lascaux par Pamela Vandiver de l'Institut de Technologie du Massachusetts sous la direction de William Kingery (Arl. Leroi Gourhan : 1980, p.108) et dans la grotte de Niaux (J. Brunet, B. Callède et G. Orial, 1982).

De telles techniques respectant les originaux sont appelées à se développer, à condition qu'elles s'intègrent dans des études d'ensemble des sanctuaires paléolithiques.

Les premières analyses effectuées en Quercy sont prometteuses : elle nous apprennent d'abord que les figurations noires de Mégacéros de Cougnac sont des "fusains" c'est à dire, par extension, des dessins réalisés avec du charbon de bois, pas forcément du charbon de fusain. Il s'agit ici de charbon de gymnosperme c'est à dire de pin ou de génevier comme à Niaux, puisque l'analyse a révélé que les dessins de la grotte pyrénéenne avaient été tracés avec un charbon de résineux "qui se rapproche le plus du génevier : *juniperus sp.*" (op. cit. p.178). Par ailleurs l'utilisation du charbon de bois semble devoir être envisagée pour certains motifs d'Altamira (Cabrera-Garrido JM., 1978).

Il est également intéressant d'apprendre que le cheval de la grotte de Marcenac a été tracé avec un crayon d'oxyde de Manganèse ; la plupart des noirs de Lascaux sont aussi des oxydes de Manganèse.

La distinction entre le Manganèse et le charbon par l'analyse microscopique et par la diffractométrie est indiscutable, précise et objective. Dans certains cas elle peut être précédée par une observation macroscopique à faible grossissement puisque l'oxyde de manganèse et le charbon ne présentent pas la même structure. Cela a été réalisé par B. et G. Delluc dans la grotte de La Martine (Domme-Dordogne) proche de Cougnac, où beaucoup de tracés ont aussi été exécutés au charbon de bois (B. et G. Delluc, 1983).

Ces analyses approfondies, dont un premier compte rendu vient d'être donné ici, sont en cours sur les ocres de Cougnac. Elles nous apporteront sans doute bientôt des éléments nouveaux, non seulement peut-être sur l'origine et la préparation des colorants, mais aussi sur l'élaboration des parois ornées et sur l'utilisation du sanctuaire. Elles éclaireront les relevés détaillés des figurations qui viennent d'être effectués et elles pourront être prolongées par de nouvelles expérimentations ou être mises en relation avec celles qui ont été déjà réalisées (M. Lorblanchet 1980).

Quant aux variations saisonnières des peintures et de leurs contrastes, elles sont importantes à des titres divers. Ce sont des manifestations de la vie des cavernes qui interfèrent avec la lecture des images pariétales. Les figurations sont placées dans un milieu vivant : c'est là une des bases des données fondamentales que la recherche archéologique actuelle sur l'art pariétal doit intégrer.

Bien qu'il soit un observateur attentif et privilégié des parois, un familier et presque un "habitant" du monde souterrain, le préhistorien ne peut certes pas se substituer au climatologue, au physicien, au chimiste mais ses observations et ses interrogations le conduisent à la rencontre de ses collègues et l'invitent à rechercher avec eux une fructueuse collaboration.

## BIBLIOGRAPHIE

BRUNET J., CALLEDE B. et ORIAL G., 1982 - Tarascon sur Ariège (Ariège), grotte de Niaux : Mise en évidence de charbon de bois dans les traces préhistoriques du Salon Noir. *Studies in Conservation* n° 27, pp 173-179

CABRERA-GARRIDO JM., 1978 - Les matériaux des peintures de la grotte d'Altamira. Actes de la 5ème réunion Triennale de l'ICOM, Zagreb p.1-9

COURAUD C. et LAMING EMPERAIRE A., 1979 - Les colorants . in *Lascaux inconnu* . 12ème supplément à *Gallia Préhistoire*. Sous la direction de Arl. Leroi Gourhan et J. Allain, pp. 153-170

COURAUD C. 1983 - Pour une étude méthodologique des colorants préhistoriques. *Bull. de la Soc. Préhist. Française* .T 80, n°4, pp 104-110, 2 tabl.

COURAUD C. 1984/85 - Les colorants utilisés de Laugerie basse (Dordogne). *Bull. des Antiquités Nationales* n°16-17, pp 79-84

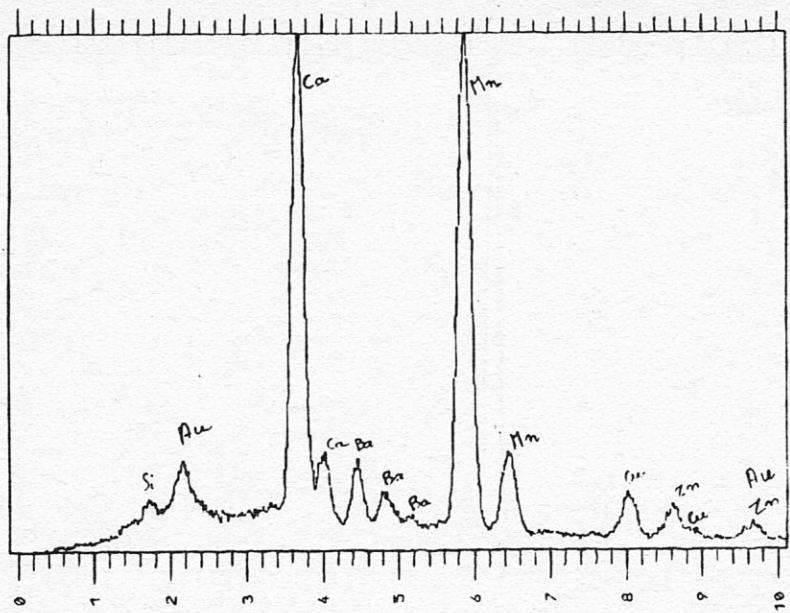
DELLUC B. et G., 1983 - Les grottes ornées de Domme (Dordogne) : La Martine, Le Pigeonnier et Le Mammouth. *Gallia Préhistoire*, T 26, fasc. 1, pp 7-80

LEROI GOURHAN Arl. et ALLAIN J., 1979 - Lascaux inconnu. 12ème supplément à *Gallia Préhistoire*, édition du CNRS. 1 vol, 381 p.

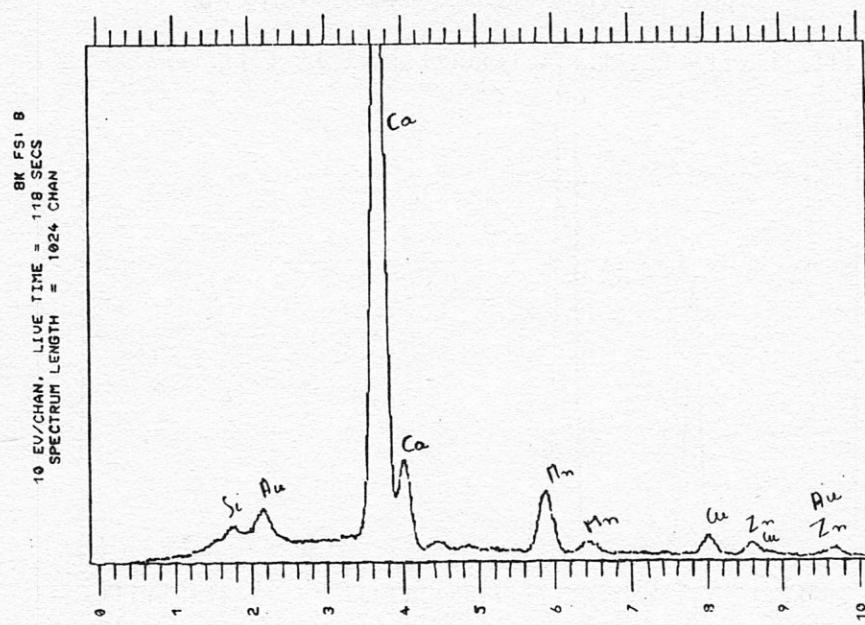
LEROI GOURHAN Arl. 1980 - L'archéologie de la grotte de Lascaux. *Pour la Science, l'aube de l'humanité*, pp 103-111

LORBLANCHET M. 1980 - Peindre sur les parois des grottes. *Les dossiers de l'Archéologie*, n°46, pp 32-39

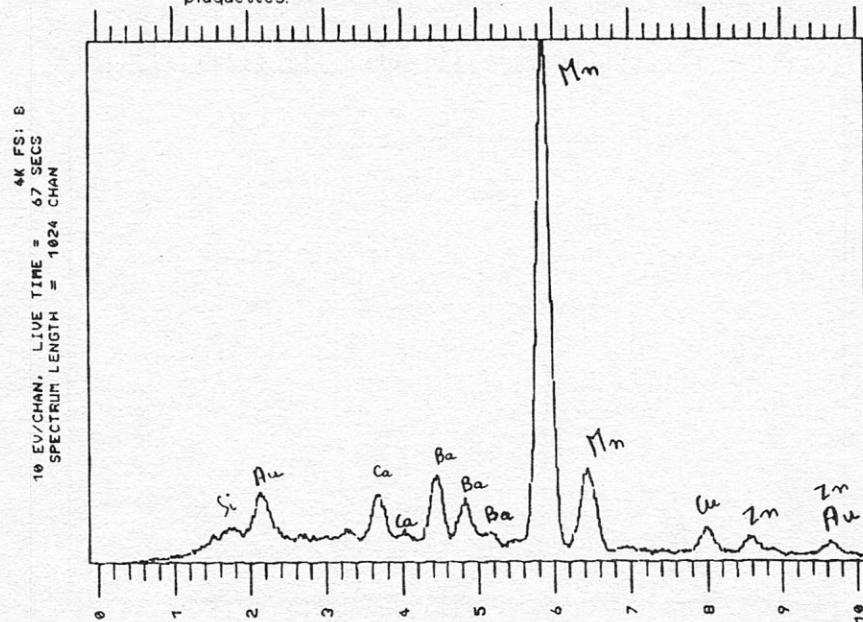
LORBLANCHET M; 1984 - Nouvelles découvertes d'art pariétal paléolithique en Quercy - Colloque International d'art pariétal paléolithique (Novembre 1984) Périgueux ; A paraître dans les Actes du Colloque, Edition du Ministère de la Culture. 40p., 22 fig.



**Figure 1 :** Microanalyse par sonde d'électrons (MEB)-Ensemble de l'échantillon M (Grotte de Marcenac-Cabrerets-Lot).



**Figure 2 :** Echantillon M (Marcenac)-Plaquettes ou amas de plaquettes.



**Figure 3 :** Echantillon M (Marcenac)-Agglomérats de forme sphérique.

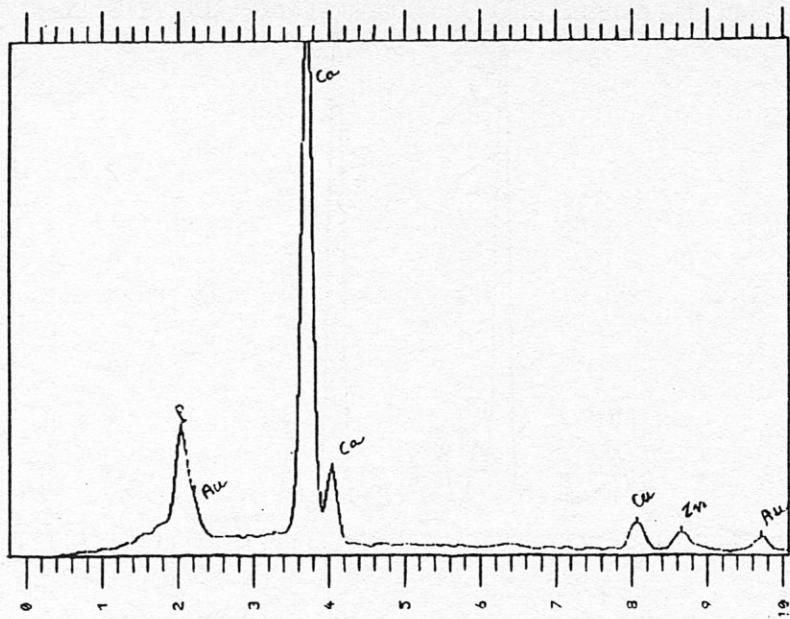


Figure 4 : Microanalyse par sonde d'électrons (MEB) par M.Labeau -Ensemble de l'échantillon C (grotte de Cougnac-Lot)

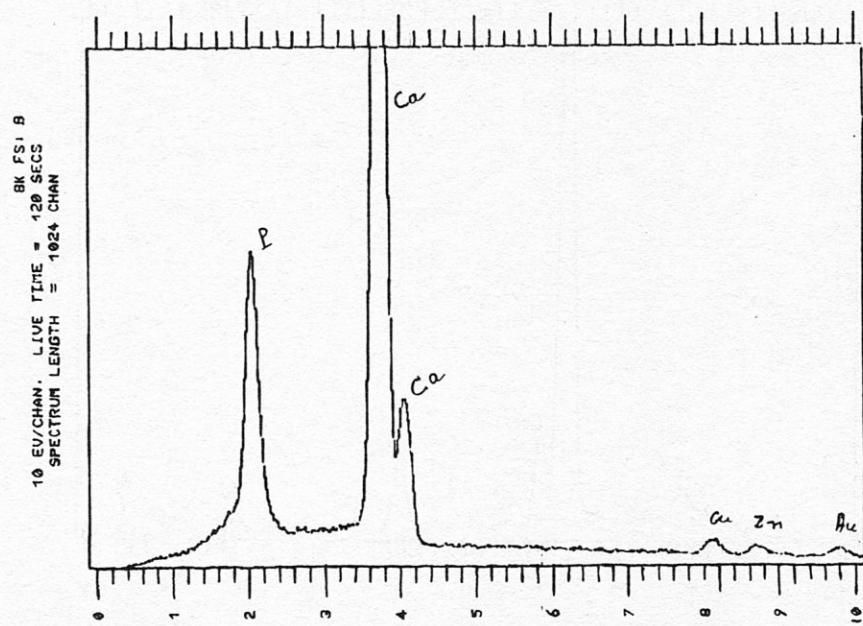


Figure 5 : Echantillon C (Cougnac)\_Analyse sur bloc photo n°12

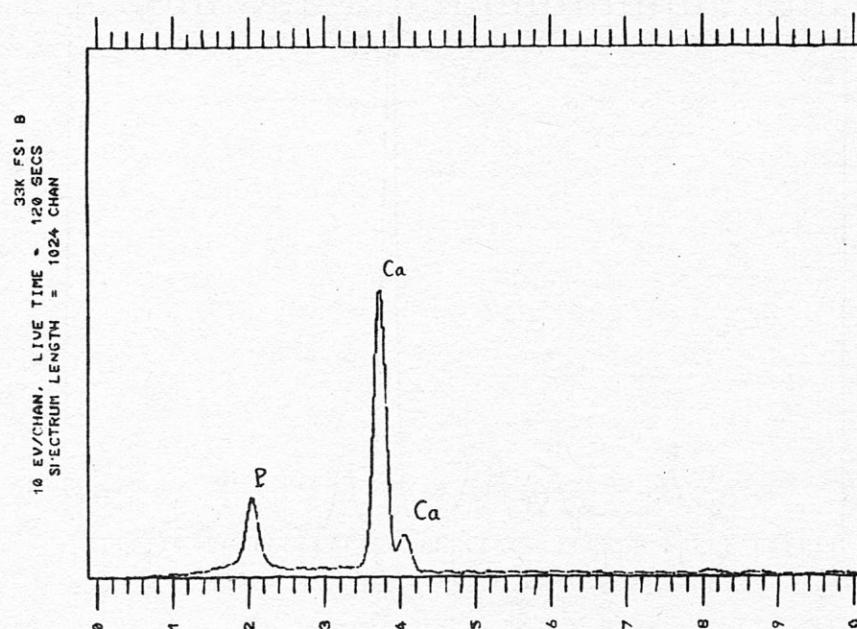
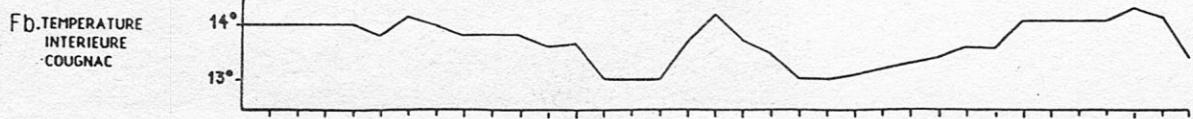
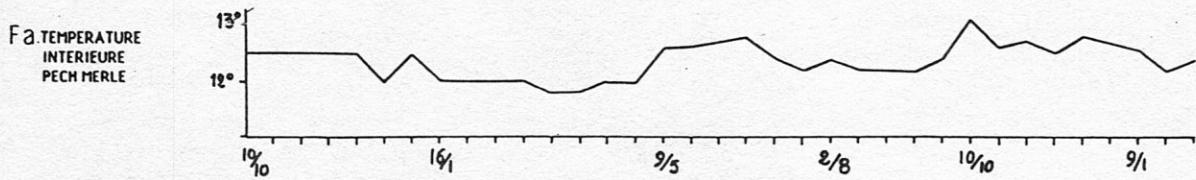
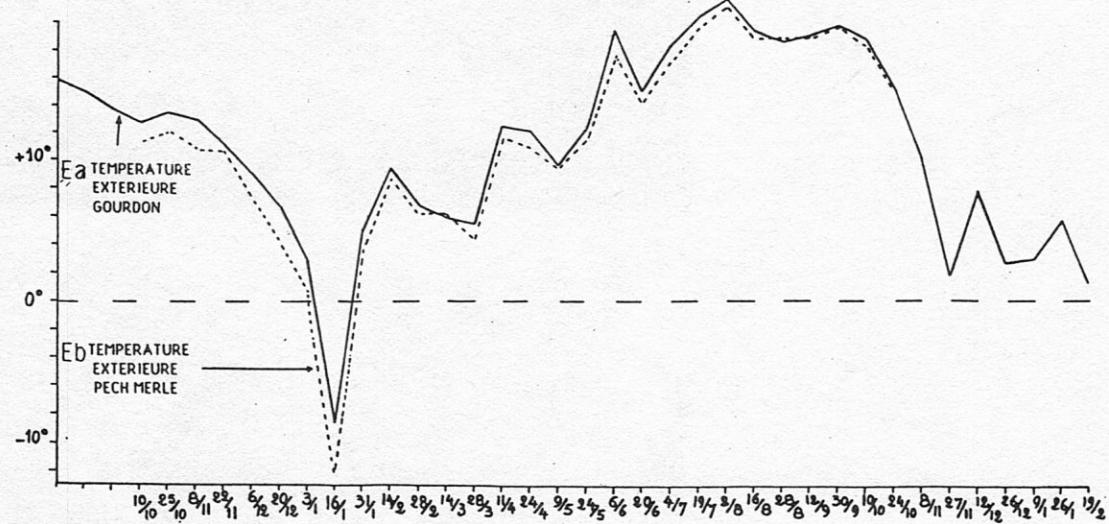
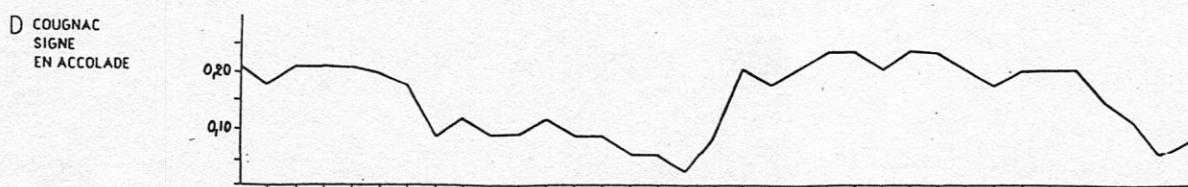
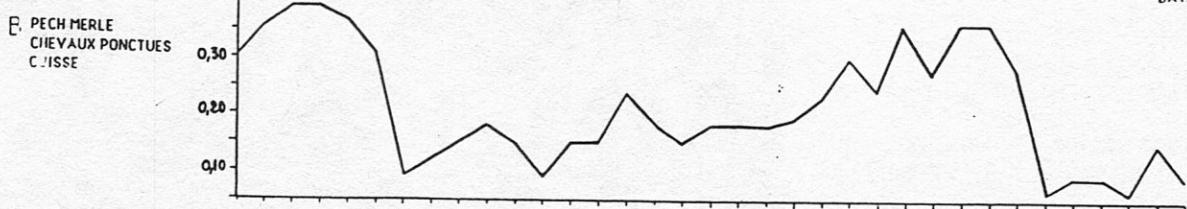
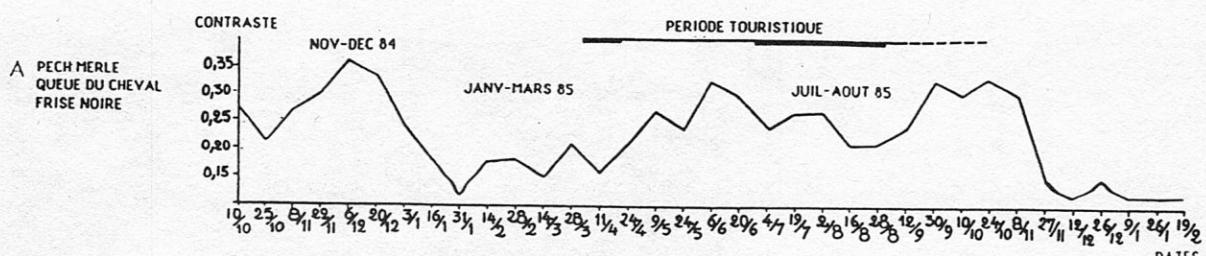


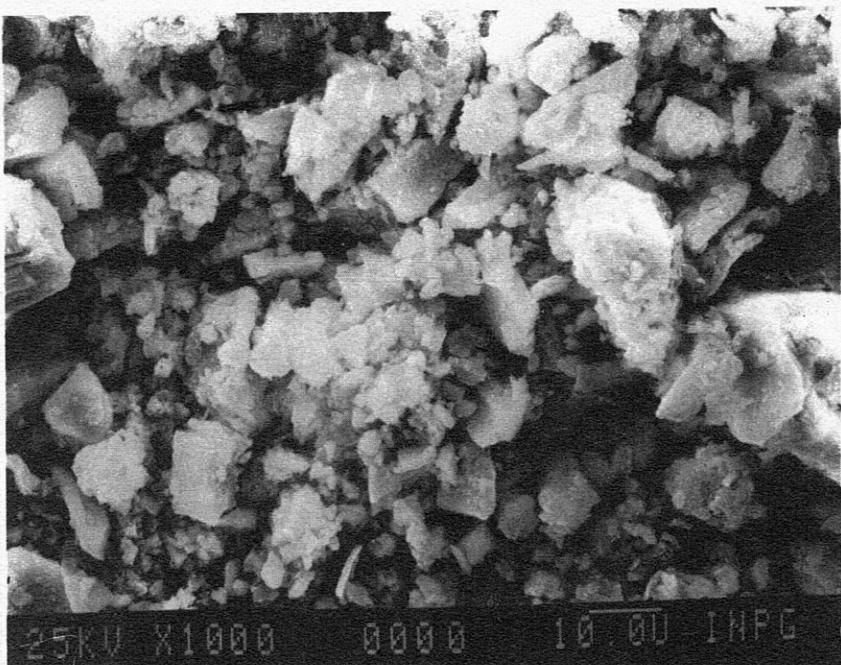
Figure 5 bis : Echantillon C (Cougnac)-Idem Fig 5 avec autre sensibilité

# EVOLUTION CYCLIQUE DES CONTRASTES DE PIGMENT



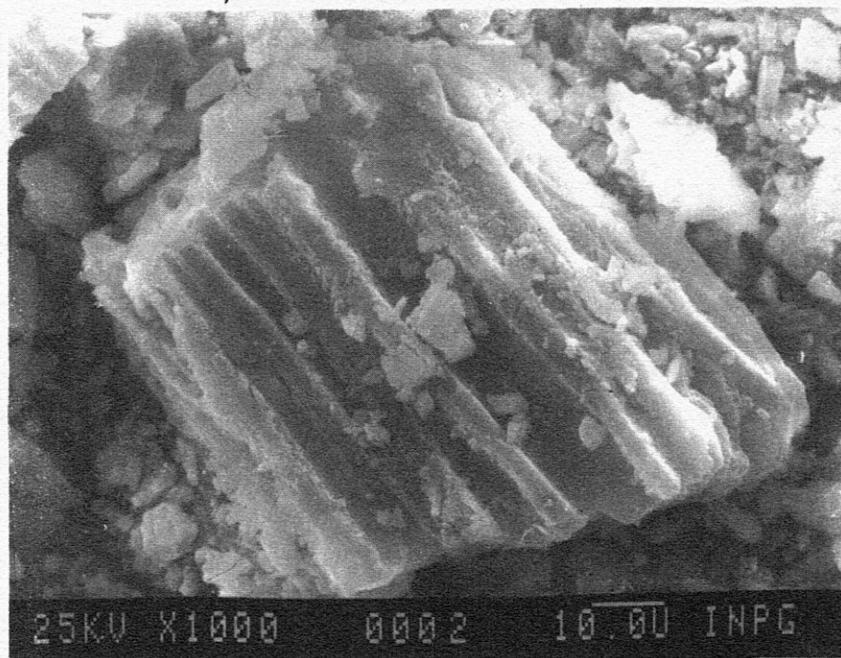
PHOTOGRAPHIE n° 10

Echantillon C, Cougnac  
(dos du Mégacéros femelle)  
Grossissement 1000



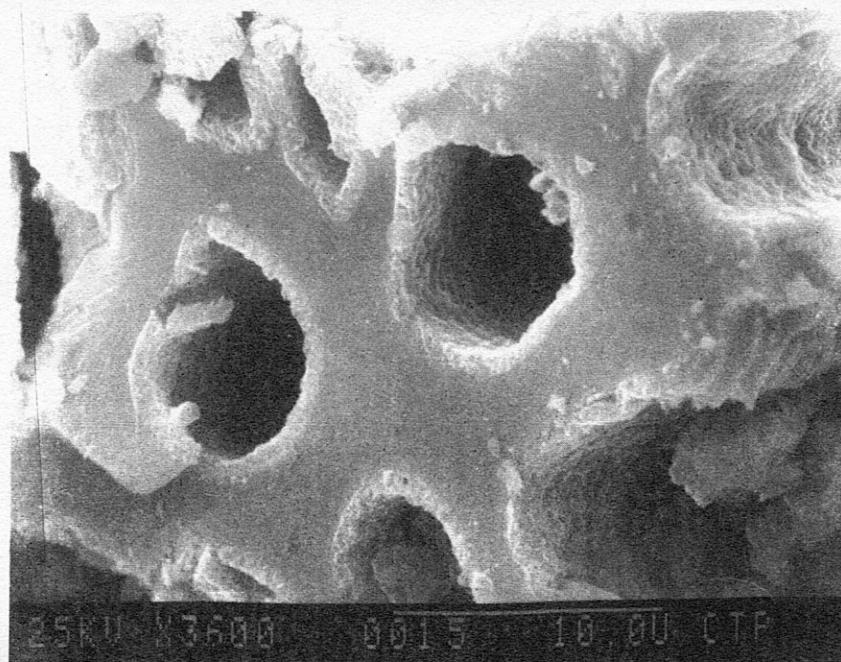
PHOTOGRAPHIE n° 11

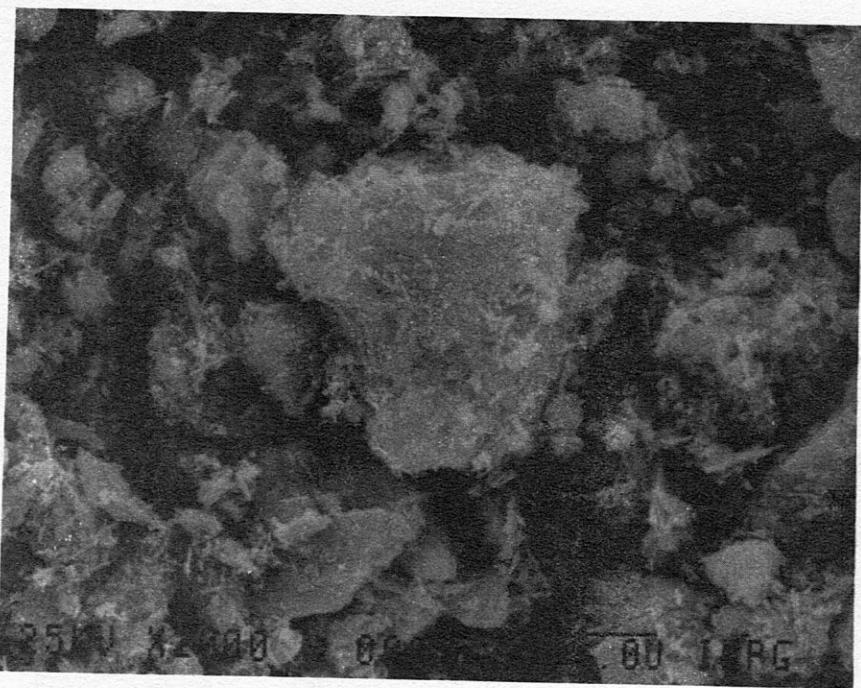
Echantillon C, Cougnac  
(dos du Mégacéros femelle)  
Grossissement 1000



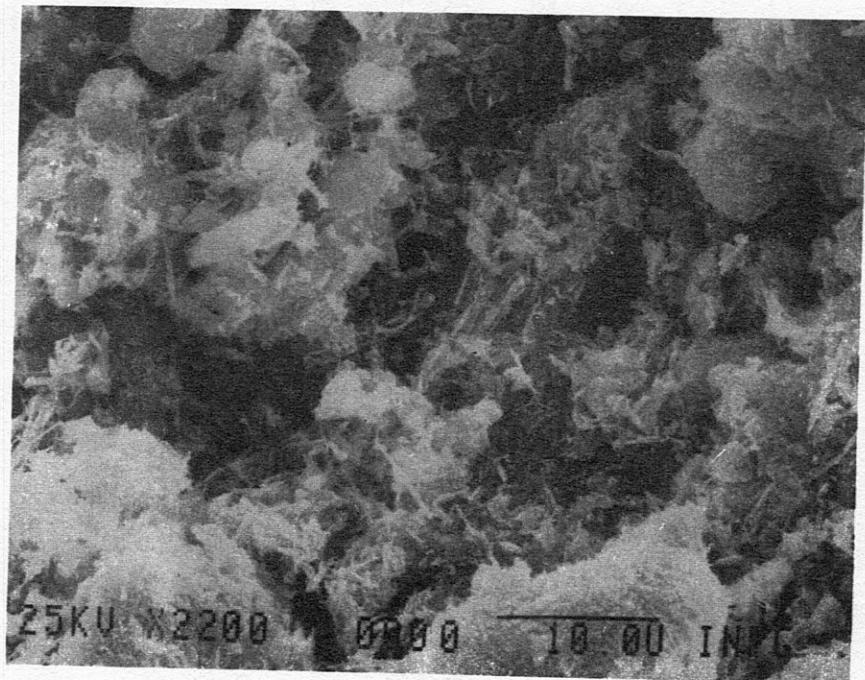
PHOTOGRAPHIE n° 12

Echantillon C, Cougnac  
(dos du Mégacéros femelle)  
Grossissement 3600

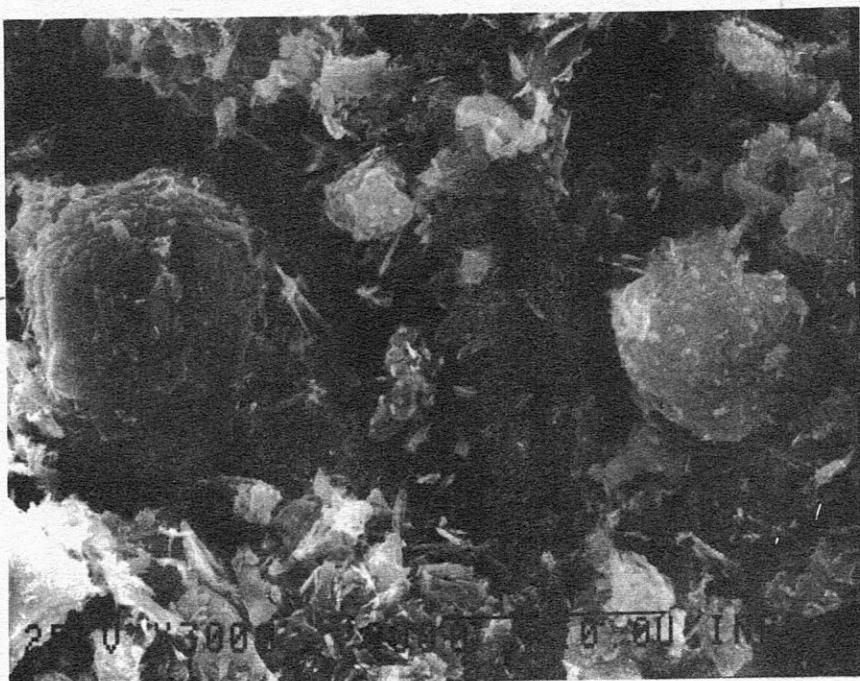




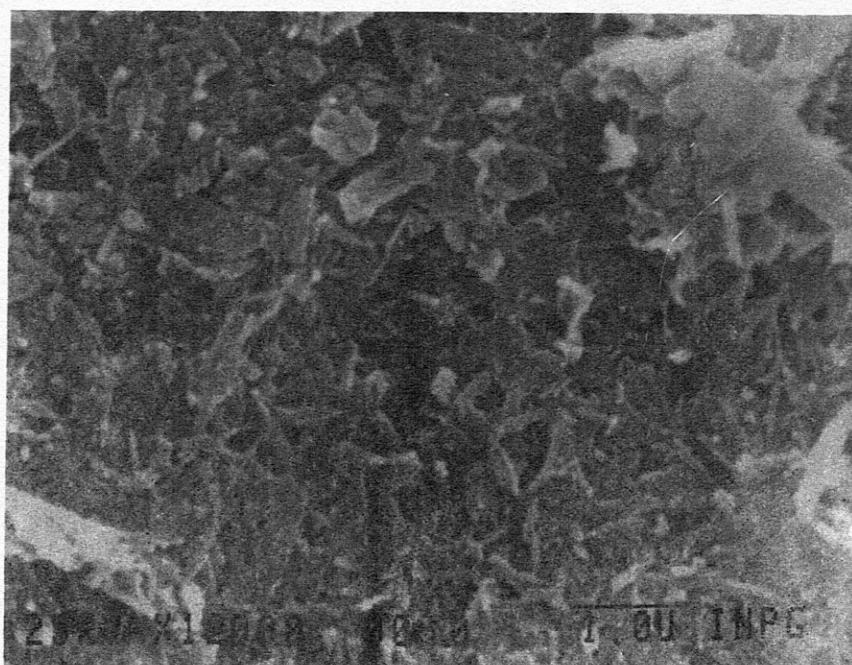
PHOTOGRAPHIE n° 1 : Echantillon M, grotte de Marcenac (dos du cheval)  
Grossissement 2000 - (25 KV)



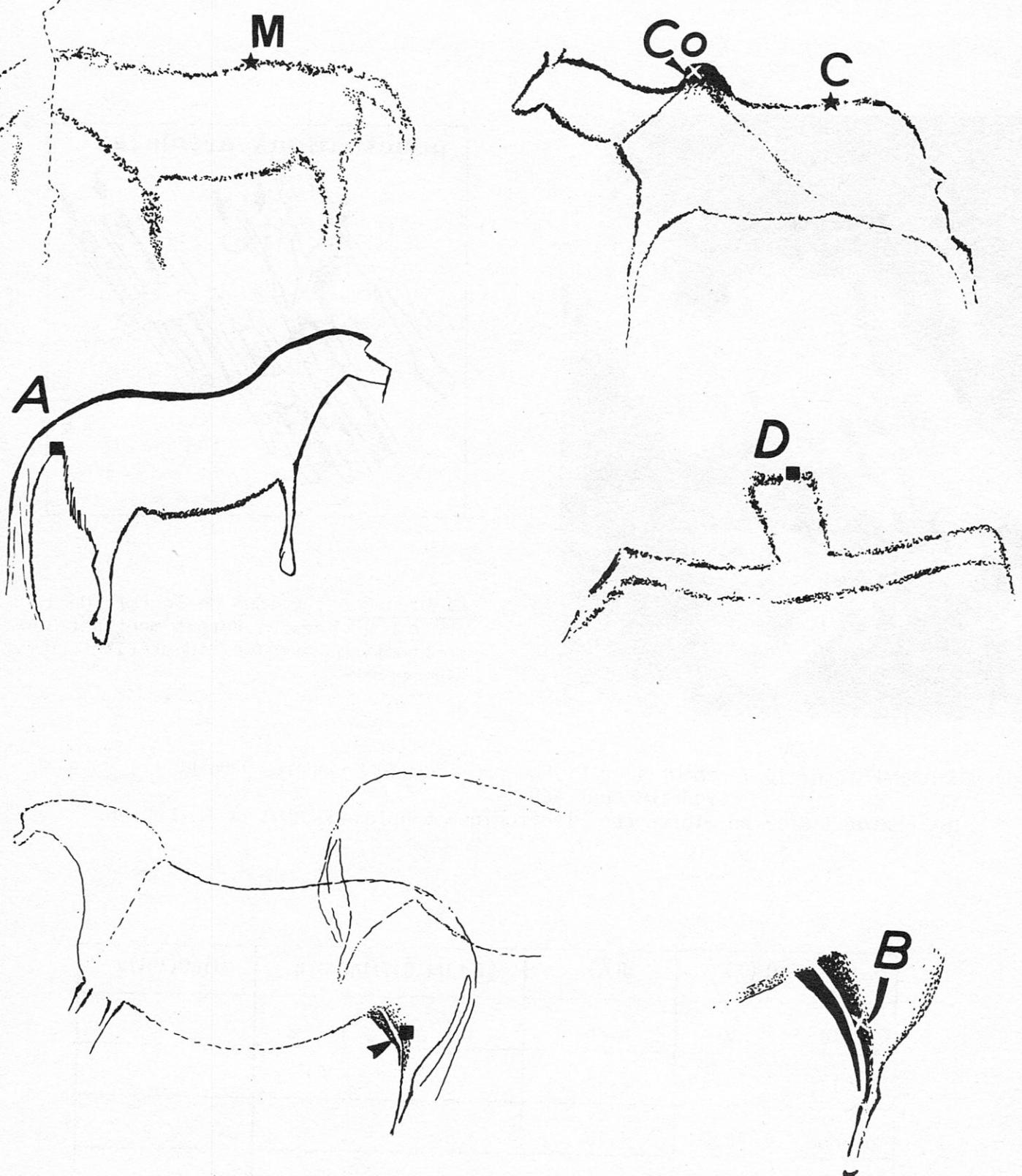
PHOTOGRAPHIE n° 2 : Echantillon M, grotte de Marcenac (dos du cheval)  
Grossissement 2200



PHOTOGRAPHIE n° 6 : Echantillon M, grotte de Marcenac (dos du cheval)  
Grossissement 3000



PHOTOGRAPHIE n° 7 : Echantillon M, grotte de Marcenac (dos du cheval)  
Grossissement 12000



**Fig 7 :** Emplacements des prélèvements pour analyses au microscope électronique et des points du tracé dont les variations de contraste ont été étudiées.

**M :** Prélèvement pour analyse sur le dos du cheval du diverticule de la grotte Marcenac (Cabrérats-Lot). **C :** prélèvement pour analyse sur le Mégacéros femelle de Cougnac (lot). **CO :** étude des varitions de contraste en ce point. **A :** étude des varitions de contraste en ce point du cheval de la Frise Noire du Pech Merle (Cabrérats-lot). **B :** étude des variations de contraste sur la cuisse d'un des chevaux ponctués du Pech-Merle (à droite, détail de la situation du point). **D :** étude de la varition de contraste sur un signe aviforme de Cougnac (Payrignac- lot)

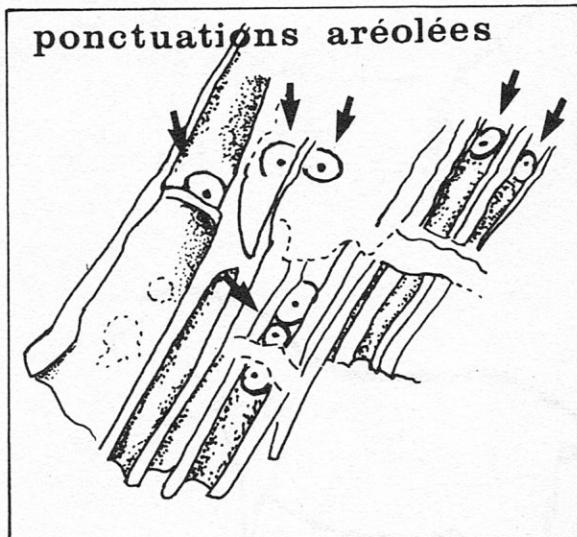
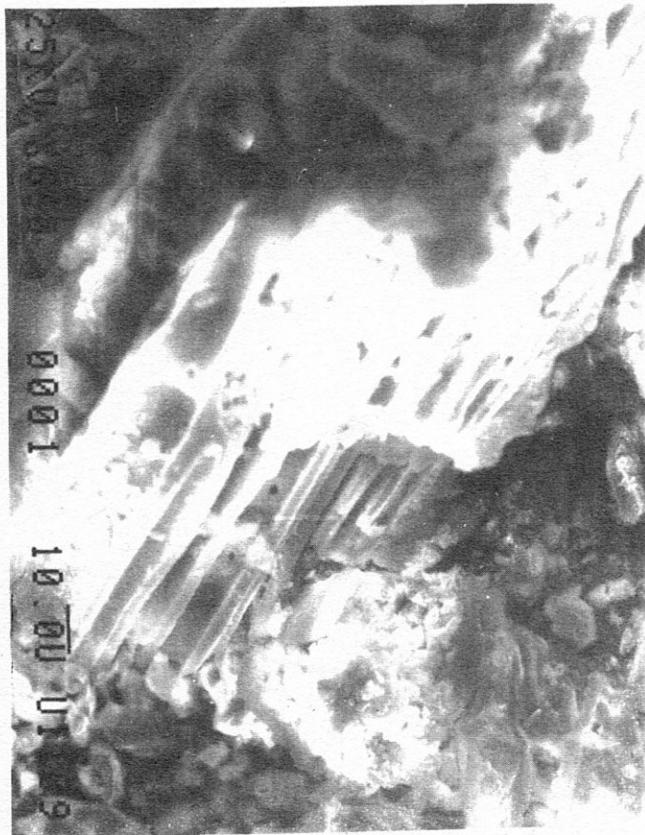


Figure n° 6 : calque de lecture de la photo n°13 par JL. Vernet montrant les ponctuations aréolées identifiant un Gymnosperme.

PHOTOGRAPHIE n° 13 : Echantillon C, Cougnac (dos du Méjacéros femelle).  
Grossissement 660  
(les photos 1 à 13 au microscope électronique à balayage sont de M. Labeau)

I	$\theta (^{\circ})$	d(Å)	$(\text{Ba,H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$	$\text{MnO(OH)}_2$
Faible	8	6,96	X	X
Faible	16,2	3,47	X	
Moyenne	18,0	3,13		X
Très forte	23,81	2,399	X	X
Forte	26,60	2,163	X	X
Faible	32,17	1,819	X	X
Moyenne	38,75	1,548	X	X
Moyenne	42,85	1,424	X	X

Tableau 1 : Dépouillement du diagramme de diffraction X de l'échantillon M (spectre Ca CO<sub>3</sub> mis à part)