



**HAL**  
open science

# Étude stratigraphique et sédimentologique de la Cueva del Angel, province de Cordoue, Espagne

Anne-Marie Huet

► **To cite this version:**

Anne-Marie Huet. Étude stratigraphique et sédimentologique de la Cueva del Angel, province de Cordoue, Espagne. Archéologie et Préhistoire. 2003. dumas-01101351

**HAL Id: dumas-01101351**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01101351v1>**

Submitted on 8 Jan 2015

**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.

Mémoire  
Présenté pour l'obtention du  
**D.E.A. du Muséum National d'Histoire Naturelle**  
*Quaternaire : Géologie, Paléontologie humaine, Préhistoire*

à

L'Institut de Paléontologie Humaine

par

**Anne Marie HUET**

**Étude stratigraphique et sédimentologique  
de la Cueva del Angel,  
province de Cordoue, Espagne**

Soutenu le 27 juin 2003  
Devant la commission composée de :

Henry de LUMLEY  
Salah ABDESSADOK

Président  
Examineur



## REMERCIEMENTS

Je remercie Monsieur Salah Adessadok, Responsable du Laboratoire de Sédimentologie de l'Institut de Paléontologie Humaine, pour son aide, sa disponibilité et ses exigences, parfois excessives mais très motivantes.

Je remercie Messieurs Daniel Botella-Ortega et Cécilio Barrozo Ruiz, responsables espagnols de la Cueva del Angel, pour leur professionnalisme exemplaire et leur bienveillance.

Je remercie Claire Gaillard, Professeur à l'Institut, pour les précisions apportées sur l'industrie lithique et l'aide à la mise en page de celle-ci.

Je remercie tous les professeurs de l'Institut de Paléontologie Humaine, notamment Colette Roubet, Josette Renault-Miskovsky, Marie-Antoinette de Lumley, Anne-Marie Moigne, François Semah, Marylène Patou-Mathis, Anne Malassé Dambricourt, qui m'ont témoigné leurs encouragements ou leur attention, si utile en cette année de test.

Je remercie Jean-Jacque Bahain qui sait rendre si clair le problème de la datation archéologique ainsi que Sliman Hachi pour son excellent cours-atelier sur l'industrie lithique d'Afrique du nord.

Je remercie l'aide et le soutien des étudiants de l'IPH, notamment celle de Xavier Gallet pour les cartes et schémas, de Lahcen et de Laarbi pour les analyses, d'Anne-Sophie pour les photos, de Safia pour sa gentillesse.

Je remercie également Olivier, Elizabeth, Nathalie, Nicolas, Marie-Thérèse, Michèle et tous ces gens qui font fonctionner l'IPH, discrètement mais sûrement.

Enfin je ne saurais jamais assez remercier Monsieur le Professeur Henry de Lumley de m'avoir autorisée à m'inscrire à ce DEA et confié l'étude passionnante de ce site récemment ouvert aux chercheurs et d'une richesse exceptionnelle et je tiens à dire que la confiance que vous m'avez accordée, Professeur, a tout simplement donné un sens à ma vie.

## GÉNÉRALITÉS

### Situation géographique

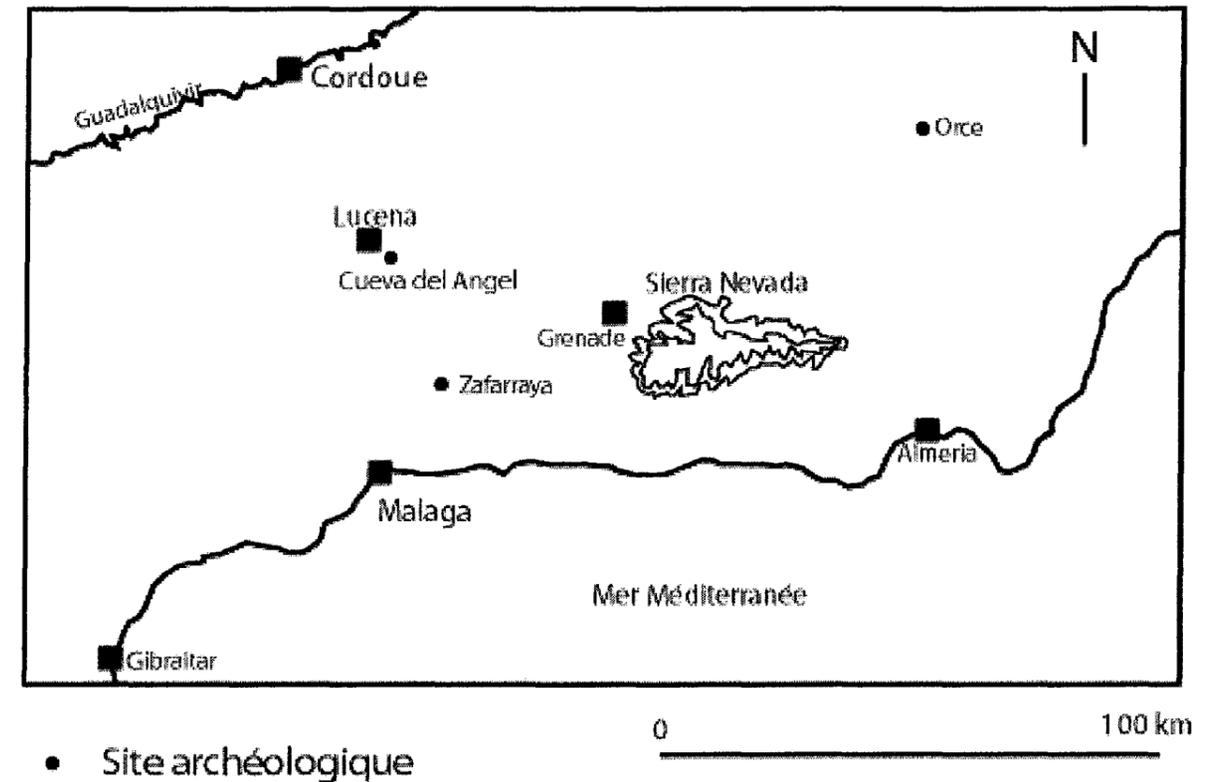


Fig.1- Cadre géographique de la Cueva del Angel.

La Cueva del Angel est située en Espagne andalouse, sur le mont Araceli, à 37° de latitude nord et 5° de longitude ouest. Elle est distante de 30 km de la grotte moustérienne de Zafarraya et d'environ 200 km du site pléistocène inférieur d'Orce.

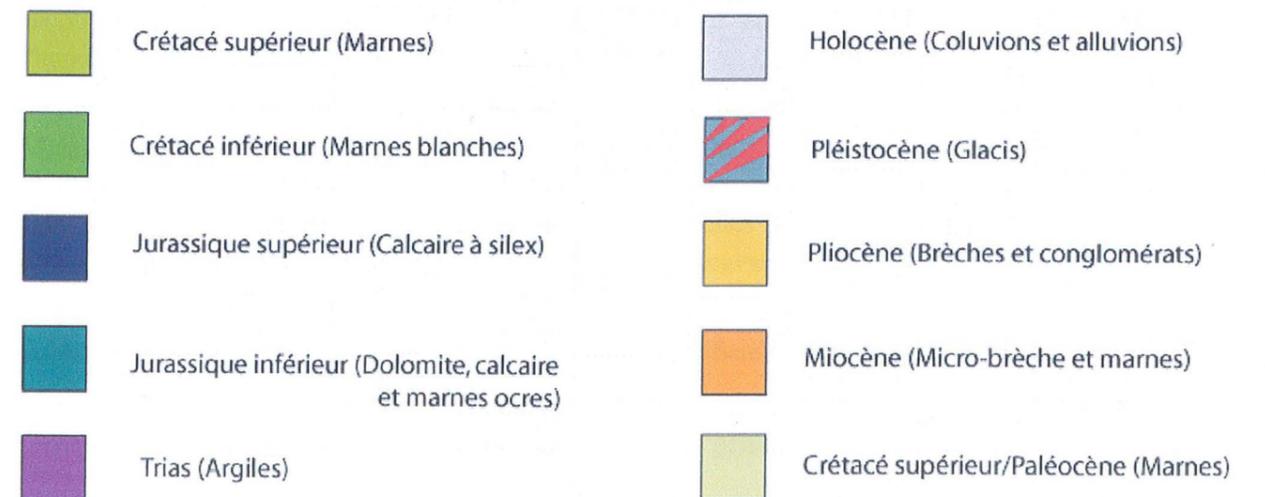
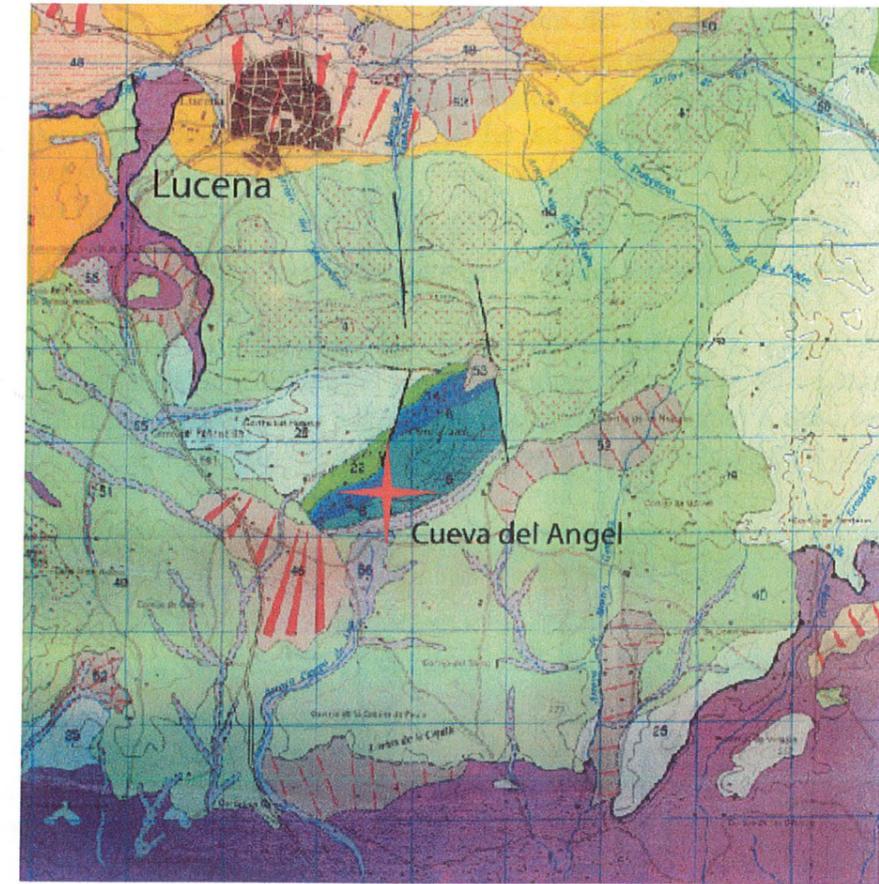
Son altitude est de 624m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond, vu que nous sommes situés sur un haut plateau, à une dénivellation d'une centaine de mètres environ depuis la base du massif.

Le massif d'Araceli, qui culmine à 868m au nord-est de la grotte, est situé presque au centre géographique de l'Andalousie, à peu près à égale distance de Cordoue au nord, Grenade à l'est et Malaga au sud et offre une vue panoramique sur plusieurs dizaines de kilomètres alentours. On pourrait voir la mer Méditerranée située à 70km au sud si elle n'était pas cachée par les monts de Malaga. L'Afrique n'est qu'à une centaine de kilomètres, séparée de l'Europe par un petit bras de mer qui n'a peut-être pas toujours existé durant le Quaternaire...

Des rochers en place, des blocs effondrés, des buissons épineux et des figuiers recouvrent cette colline depuis le sommet pour laisser finalement la place à des champs caillouteux plantés d'oliviers à perte de vue.

## Le contexte géologique

### ➤ La formation encaissante et la tectonique apparente



**Fig.2- Cadre géologique de la Cueva del Ángel** (GEOTEHIC, 1992 - Carte géologique de la région de Lucena, sur base topographique de l'institut géographique national d'Espagne)

La carte géologique montre que le mont Araceli est un massif karstique de dolomite jurassique contenant des gisements de silex et d'ocre, matières premières très prisées par l'homme préhistorique. Ce massif est essentiellement entouré de marnes secondaires recouvertes par endroit de formations superficielles quaternaires.

La Cueva del Angel se serait écroulée aux alentours de 120 000 ans (âge du plancher stalagmitique supérieur) à la suite du maxima d'amplitude entre climats froid et tempéré des stades 6 et 5 ou à la faveur d'un séisme local dont la région est le siège, d'après les failles visibles sur la carte géologique, depuis au moins le Crétacé. Le fait que la grotte se soit écroulée sur son remplissage a permis à celui-ci d'être très bien conservé, à l'abri de l'érosion, des bioturbations et des occupations humaines postérieures.

#### ➤ **Les restes de la grotte et son réseau karstique**

Le plafond de la grotte s'est entièrement écroulé sur son remplissage, ce qui fait que les seules traces de son existence sont actuellement les planchers stalagmitiques et le réseau karstique sous-jacent constitué d'un puit naturel (situé juste derrière la chape métallique) à demi recouvert par les blocs écroulés, menant à une large salle souterraine située sous le chantier de fouille.

### **Historique des découvertes**

L'histoire de la Cueva del Angel commence en 1792, lorsque des mineurs à la recherche de "l'eau de marbre", roche utilisée jadis pour construire les travées des églises, décident de creuser une galerie et un puit dans le mont Araceli. Ils n'ont pas trouvé ce qu'ils cherchaient mais un journal local de l'époque mentionne des découvertes d'ossements, vendus ou donnés à des collectionneurs dont on a perdu la trace.

La présence sur le mont Araceli, des restes d'une grotte écroulée (des gros blocs calcaires recouvrant un long puit naturel menant à une large salle souterraine) permet d'émettre l'hypothèse d'une occupation humaine préhistorique.

En 1986, Cecilio Barrozo Ruiz, Directeur du laboratoire de préhistoire de l'Université de Malaga, part à la recherche de l'ancienne galerie et du puit creusés par les mineurs, avec l'intention de s'en servir pour commencer une fouille systématique. L'opération est difficile car il faut enlever à la dynamite les blocs de rochers et les brèches que les mineurs, on ne sait pas très bien pourquoi, ont remis en place pour reboucher leurs excavations.

La découverte d'un plancher stalagmitique attestant la présence ancienne d'une grotte confirme l'intuition du découvreur et permet l'ouverture officielle d'un chantier de fouille.

Les recherches archéologiques débutent en juillet et août 1995 et 1996 en tant que fouille de sauvetage autorisée par la Junta de Andalucia, puis sont reprises en 2002.

## Le matériel archéologique

Les premières descriptions terrain et les fouilles archéologiques effectuées supposent l'existence d'un grand et durable foyer par la présence d'épaisse couches très sombres et l'abondance des ossements brûlés.

### ➤ La faune

Le site a livré entre autre une dent d'ours (*Ursus cf. arctos*), des ossements de Lynx (*Lynx pardina*), de rhinocéros (*Dicerorhinus hemitoechus*), d'éléphant (*Elephas sp.*), de sanglier (*Sus scrofa*), de cerf (*Cervus elaphus*), de bovidé (*Bos primigenius* et *Bison sp.*) et de chevaux (*Equus caballus germanicus*).

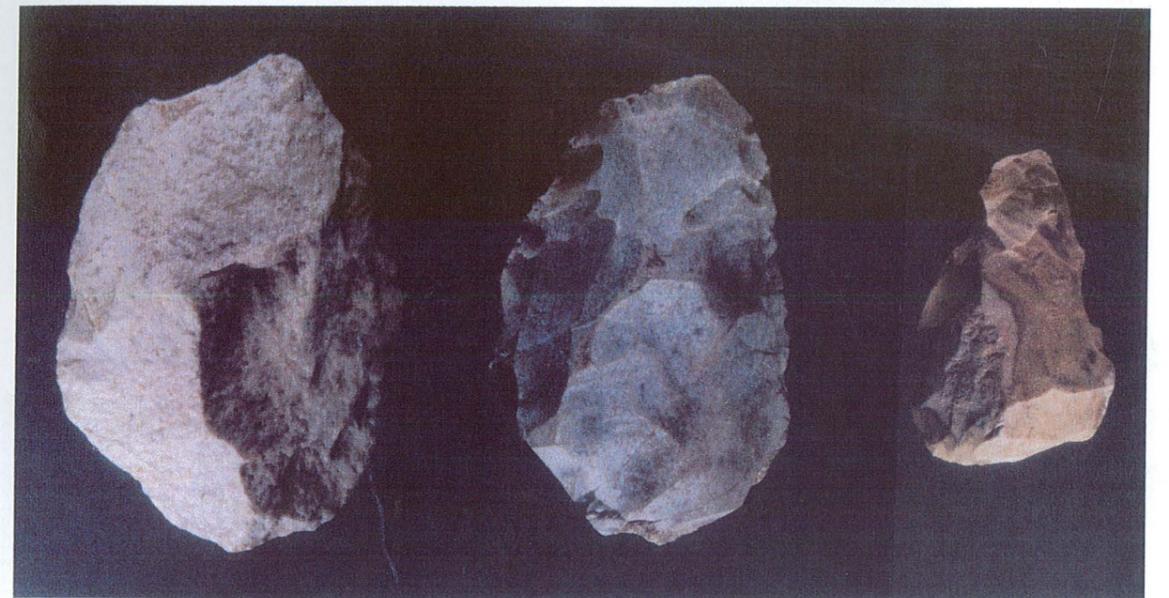


**Photographie 1- Maxillaire Equus, Phalanges Bos en position anatomique, Phalange Equus en position anatomique.**

Les chevaux sont les plus nombreux (60%), suivis de près par les bovidés. Viennent ensuite le rhinocéros et le cerf, puis l'ours, le lynx, l'éléphant et le lapin.

Des ossements ont été trouvés en connexion, ce qui implique des terrains sédimentaires en position primaire ou ayant subi très peu de transport. Les os sont tous très fragmentés par l'action anthropique, reconnaissable par de nombreuses marques de dépeçage et de carbonisation.

### ➤ L'industrie lithique

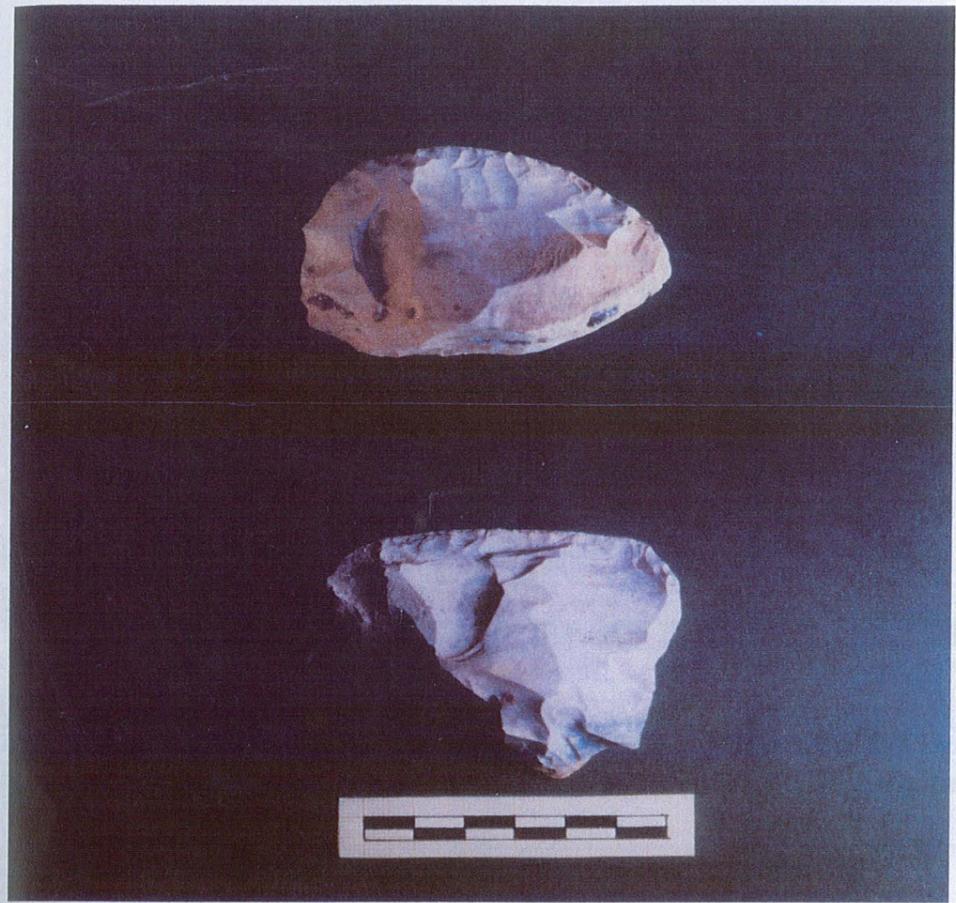


Photographie 2- Biface en quartzite et bifaces en silex

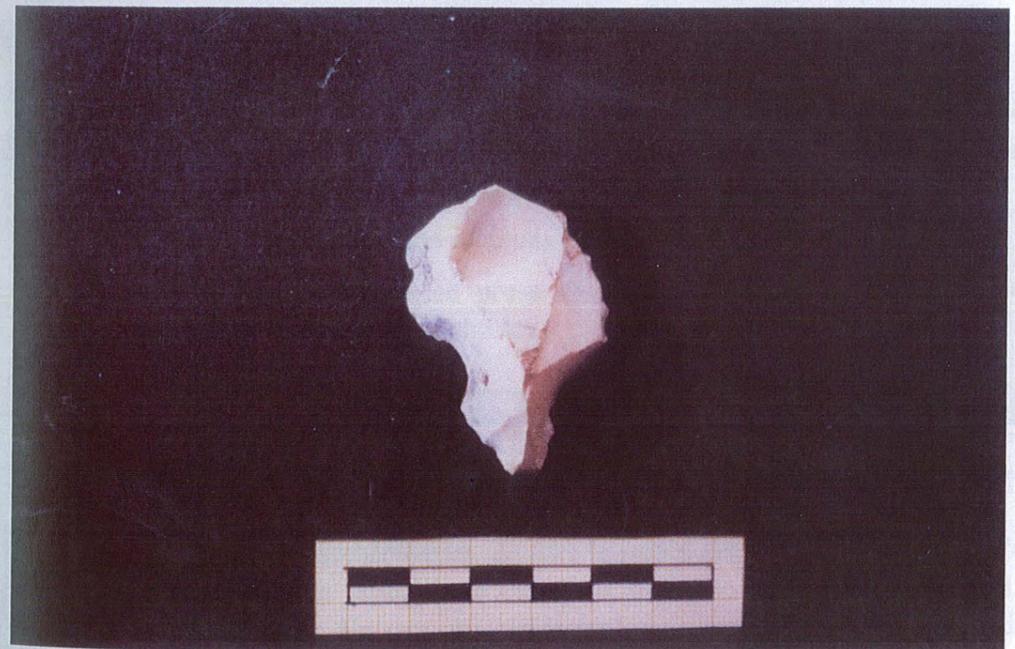
Les outils sont typiques de l'industrie de type Quina , avec des retouches à écailles sur éclats épais. On trouve une importante proportion de bifaces et de racloirs de différentes tailles et formes ainsi que des couteaux à dos, quelques pointes de Tayac, et de rares burins et denticulés.

La matière première est essentiellement le silex, trouvé sur place et quelques pièces sont en quartzite.

L'état général de conservation de l'industrie lithique est bon.



Photographie 3- Racloir transversal convexe et racloir transversal.



Photographie 4- Pointe de Tayac.

## ➤ Les datations absolues

Les premières datations ont été effectuées sous la direction de Christophe Falguère en 1996. Le plancher stalagmitique supérieur, épais d'environ 1cm, a été daté par la méthode de la désintégration radioactive de l'Uranium et une date comprise entre 100 et 120 000 ans a été obtenue. Le remplissage sédimentaire contenant les traces d'occupation humaine est donc antérieur à cette période.

Le plancher stalagmitique faisant face à la coupe a été daté quant à lui, à 450 000 ans, ce qui veut dire que la grotte existait au moins depuis cette époque.

## TECHNIQUES ET MÉTHODES D'ÉTUDE

Cette étude a pour but de comprendre la dynamique sédimentaire et d'établir une chronostratigraphie complète du remplissage de la grotte afin d'y replacer le contenu archéologique et paléontologique et d'obtenir des informations d'ordre paléoclimatologique.

### Description des unités sédimentaires

#### ▪ Définition et objectifs

Une première description des unités sédimentaires discernables le long de la coupe stratigraphique se fait sur le terrain avant les prélèvements afin de pouvoir choisir la localisation de ces derniers avec le plus de pertinence possible.

#### ▪ Méthodologie

Il s'agit de décrire succinctement les limites des niveaux, la texture, la structure et la couleur des sédiments ainsi que les différents éléments qu'ils contiennent tels que les pierres, cailloux, industries, ossements, concrétionnement, porosité, foyers, terriers, dallages, etc.

#### ▪ Présentation des résultats

La description est présentée en prose et synthétisée dans un tableau le long d'un Log stratigraphique dont nous parlerons plus loin.

### Élaboration de la coupe et du Log stratigraphique

#### ▪ Définition et objectifs

Il s'agit, à l'instar des archéologues, de faire le relevé exhaustif de tout ce que l'on voit le long de la coupe étudiée, de la petite pierre altérée au gros bloc de calcaire, en passant par toutes les esquilles et les industries. En tant que sédimentologues, nous devons bien entendu relever avec précision les différents niveaux de couleur et de texture observés.

- **Méthodologie**

Ce travail se fait sur papier millimétrique, assis face à la coupe et à deux si possible, l'un prenant les mesures pendant que l'autre dessine. Après avoir localisé le niveau 0 (niveau de surface), choisi par les archéologues, on doit sans arrêt veiller à l'horizontalité de nos repaires au moyen de fils à plomb et de niveaux à bulle. La profondeur d'un objet (z) se mesure par rapport au niveau de surface. Les coordonnées horizontales (x) d'un objet correspondent à la distance de cet objet par rapport au point 0 du carré de fouille correspondant, situé à l'ouest de ce dernier.

- **Présentation des résultats**

Le relevé manuscrit est ensuite numérisé au scanner puis repris trait par trait avec le logiciel Illustrator. Les prélèvements sédimentaires sont localisés sur la coupe.

Un Log stratigraphique, composé le cas échéant d'un assemblage de différentes parties de la coupe afin d'avoir un vue de son sommet à sa base, est ensuite prélevé (par copier-coller) sur la coupe numérisée. Ce Log servira de repère pour le positionnement des résultats graphiques de l'étude granulométrique, morphoscopique et minéralogique des échantillons.

## Analyses granulométriques

### ➤ Définitions et objectifs

La granulométrie est l'étude de la répartition par taille des grains dans un sédiment. Cela donne des informations sur la formation et le mode de transport éventuel du sédiment avant son dépôt, ainsi que sur son origine, par comparaison avec les résultats granulométriques des échantillons prélevés à l'extérieur du site.

L'étude du remplissage débarrassé de ses carbonates et de sa matière organique est nécessaire dans la mesure où l'on sait que, dans la plupart des cas, ces éléments se sont incorporés après le dépôt du sédiment.

Les dimensions choisies pour différencier chaque fraction sont les suivantes:

Taille de l'élément	Classement
> 10cm	Bloc
Entre 1cm et 10cm	Cailloux
Entre 2mm et 1cm	graviers
Entre 0,2mm et 2mm	Sables grossiers
Entre 0,04mm et 0,2mm	Sables fins
Entre 0,002mm et 0,04mm (40 microns)	Limons
< 0,002mm (soit 2 microns)	Argiles

### ➤ Granulométrie de la fraction sableuse

- **Méthodologie**

Pour chaque échantillon étudié, la fraction sableuse est obtenue en éliminant la fraction supérieure à 2mm par tamisage à sec, puis la fraction inférieure à 40 microns par tamisage sous l'eau.

Après séchage à l'étuve, l'échantillon est pesé puis passé au tamisage successif avant et après élimination du calcaire (HCL 10% à froid) et de la matière organique (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à chaud). Les attaques à l'acide chlorhydrique et à l'eau oxygénée sont répétées jusqu'à cessation de toute effervescence.

Le tamisage successif s'effectue sur une colonne de 17 tamis superposés, de mailles carrées décroissantes du haut vers le bas suivant une progression géométrique de 1,259 selon la gamme AFNOR. Les ouvertures de chaque tamis vont donc de 1,60mm en haut à 0,04mm en bas. La colonne de tamis est disposée sur un agitateur électrique vibrant de manière verticale à une vitesse et pendant un temps réglables. Nous avons choisi une vitesse moyenne et un temps de 15mm.

Le tamisage terminé, chaque refus de tamis est pesé à 0,1g près et les résultats sont informatisés afin d'établir des courbes cumulatives.

- **Présentation des résultats**

La **courbe cumulative** est élaborée à partir de la décroissance logarithmique de la taille des grains en abscisse et la croissance arithmétique des pourcentages cumulés en ordonnée. Cette courbe nous permet de visualiser la médiane et les quartiles de la répartition granulométrique de chaque échantillon et de pouvoir ensuite calculer des indices de classement afin de comparer les courbes entre elles et plus tard, avec celles des échantillons prélevés à l'extérieur de la grotte.

Les indices utilisés pour cette étude sont :

- l'indice de classement de Trask (sorting index) soit  $S_o =$ 
  - $S_o < 2,5 \Rightarrow$  sédiment très bien classé
  - $2,5 < S_o < 3,5 \Rightarrow$  sédiment bien classé
  - $3,5 < S_o < 4,5 \Rightarrow$  classement moyen
  - $S_o > 4,5 \Rightarrow$  mauvais classement
- le coefficient d'assymétrie de Trask (skewness) soit  $SK =$ 
  - $SK = 1 \Rightarrow$  symétrie parfaite de la répartition granulométrique
  - $SK > 1 \Rightarrow$  bon classement de la fraction fine
  - $SK < 1 \Rightarrow$  bon classement de la fraction grossière.

Le **diagramme cumulatif** représente les pourcentages cumulés des sables grossiers, sables fins, limons et argiles le long d'un graphique en aplats, que l'on positionne le long du Log stratigraphique. Cela permet de localiser l'échantillon sur la coupe et de visualiser simultanément la texture, la couleur et la granulométrie qui lui sont associées.

➤ **Granulométrie de la fraction limono-argileuse**

- **Méthodologie**

Les grains inférieurs à 40 microns sont récupérés par décantation puis passés au SEDIGRAPH.

Pour cela, on prélève entre 2 et 5g de sédiment que l'on introduit dans un bécher avec 50 à 100 ml d'eau distillée additionnée de 1 à 2ml d'Héxamétaphosphate pour défloculer les argiles.

Après une agitation mécanique de 30mn à quelques heures destinée à homogénéiser la préparation, une pompe entraîne les particules limono-argileuses dans une cellule placée face à un tube à rayon X qui calcule leur diamètre équivalent en fonction de leur vitesse de chute.

Présentation des résultats

Le SEDIGRAPH nous présente les résultats directement sous forme d'une courbe cumulative décroissante sur laquelle nous pouvons lire le pourcentage de limons et d'argiles composant cette

fraction. Ces pourcentages sont utilisés pour construire les diagramme cumulatifs cités plus haut ainsi que pour les diagramme de proportion Limon/Argile.

## Calcimétrie

### ➤ Définition et objectifs

La calcimétrie est le dosage de la partie calcaire d'un sédiment. Le calcaire provient soit d'un remplissage autochtone résultant de la désagrégation ou dissolution de la roche encaissante, quand celle-ci est constituée de calcaire, soit d'un dépôt allochtone qui sera caractérisé par l'observation à la loupe binoculaire (grains de calcaire) et la comparaison entre les courbes granulométriques des échantillons non-décalcifiés et décalcifiés.

### ➤ Méthodologie

- Remplir une burette munie d'un robinet de 10ml avec une solution d'**NaOH 1N** et la placer sur une potence,
- Dans un bécher de 100ml, déposer 0,5g de sédiment brut dont les grains ont un diamètre inférieur à 0,160 et ont été bien broyés (jusqu'à obtention d'une texture farineuse) au mortier,
- Faire sécher à l'étuve (100°C) pendant 24h,
- Verser 10ml d'**HCL 1N** + 2 gouttes de **bleu de bromophénole** sur chaque échantillon (la coloration doit être dans les tons jaunes),
- Poser le bécher sur un agitateur magnétique (après avoir déposer une barre magnétique à l'intérieur du bécher) placé au-dessous de la burette,
- Verser la soude au goutte à goutte jusqu'au changement de couleur (la coloration de l'échantillon doit devenir plus foncée et bleutée ⇒ passage d'un milieu acide à un milieu basique), stopper l'addition d'NaOH dès le changement de couleur,
- Relever sur la graduation de la burette, le volume de soude utilisé,
- Calculer le pourcentage de calcaire (CaCO<sub>3</sub>) contenu dans l'échantillon selon la formule suivante :

$$\% \text{ CaCO}_3 = \frac{(V1 - V2) \times Pm}{2000 \times Pe} \times 100$$

*Pe = Poids de l'échantillon soit 0,5g*

V1 = Volume d'HCL soit 10ml

V2 = Volume d'NaOH utilisé

Pm = Poids moléculaire de CaCO<sub>3</sub> = 100,089

### ➤ Présentation des résultats

Les résultats de la calcimétrie apparaissent sous forme de diagramme en aplat positionné dans le tableau synthétique le long du Log stratigraphique.

## Mesure de l'acidité

La mesure du pH est effectuée sur la fraction inférieure à 2mm. Il rend compte de l'acidité actuelle du sol, qui n'a pas forcément toujours été la même.

Plus un sol est acide, plus l'eau de dissolution est agressive et susceptible d'endommager le matériel archéologique.

## Morphoscopie des grains de quartz

### ▪ Définition et objectifs

La morphoscopie consiste à identifier et compter les différents faciès des grains de quartz, liés aux différents modes de transport des particules. Si le remplissage provient directement de roches primaires, la morphoscopie nous renseigne sur le transport des grains avant leur dépôt dans la grotte. Si le remplissage provient de roches elles-mêmes détritiques, la morphoscopie nous renseigne sur le transport des grains de leur roche mère vers la roche détritique (BICHET V., 1987). C'est alors en comparant les faciès morphoscopiques dans le remplissage et à l'extérieur, que l'on pourra avoir des informations sur l'origine des sédiments.

### ▪ Méthodologie

L'étude morphoscopique est réalisée sous une loupe binoculaire, sur les grains de quartz de la fraction sableuse décalcifiée comprise entre 0,5 et 0,315mm. Ces observations sont réalisées sur un nombre réduit mais représentatif d'échantillons et un minimum de 200 grains doivent être identifiés dans chaque échantillon.

La nomenclature utilisée est la suivante :

Les grains NU (Non Usés) présentent des contours anguleux et des faces cristallines planes, lisses et translucides. Ils caractérisent généralement un transport par solifluxion, éboulis ou coulée boueuse, ou pas de transport du tout. Nous avons rencontré quatre sortes de grains de quartz Non Usés : les translucides, transparents et brillants ; les taraudés, de couleur souvent orangé et de texture semblable à du verre taillé ; les laiteux, nettement moins transparents et de couleur blanchâtre ; les bipyramidés, possédant deux extrémités en pyramide et se répartissant dans les trois textures précédemment citées.

Les grains Emoussés possèdent une surface plutôt lisse dont les parties les plus saillantes réfléchissent la lumière. Les angles sont émoussés ou arrondis. Ils traduisent une action d'usure mécanique provoquée par un long séjour dans un cours d'eau (plusieurs centaines de km). Nous avons distingué deux sortes d'Emoussés, les translucides et les laiteux.

Les grains RM (Ronds Mats) sont beaucoup plus arrondis et présentent une surface claire constellée de marques de choc en coup d'angle, ne réfléchissant pas la lumière. Ils sont le résultat d'un transport éolien. Nous n'en avons pas rencontrés.

### ▪ Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous forme d'un diagramme cumulatif le long du Log stratigraphique, afin de pouvoir les comparer avec ceux de la granulométrie.

# PRÉSENTATION DES RÉSULTAT

## Localisation des coupes

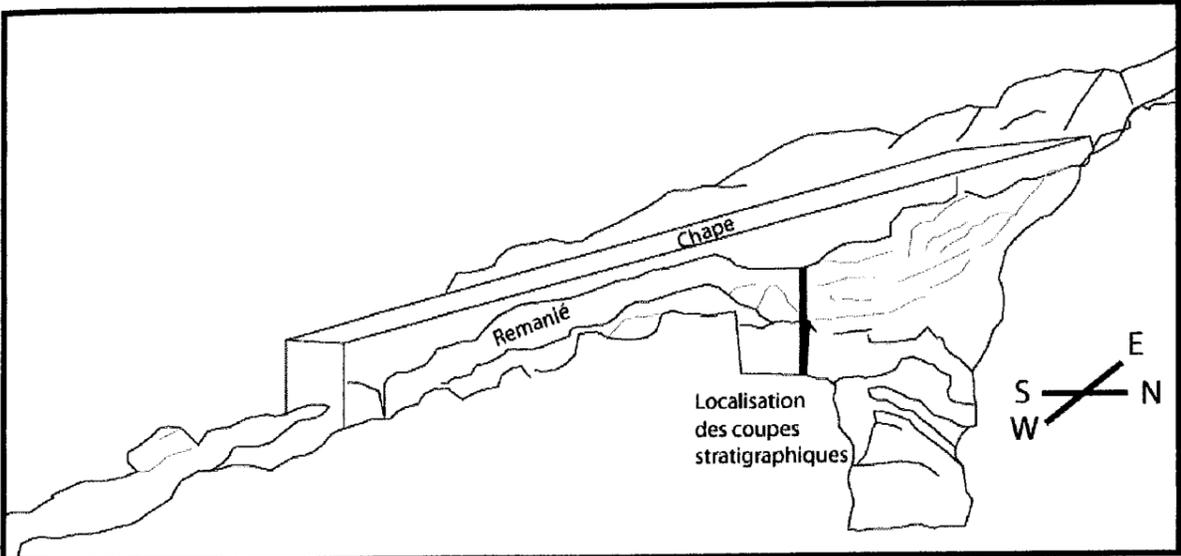
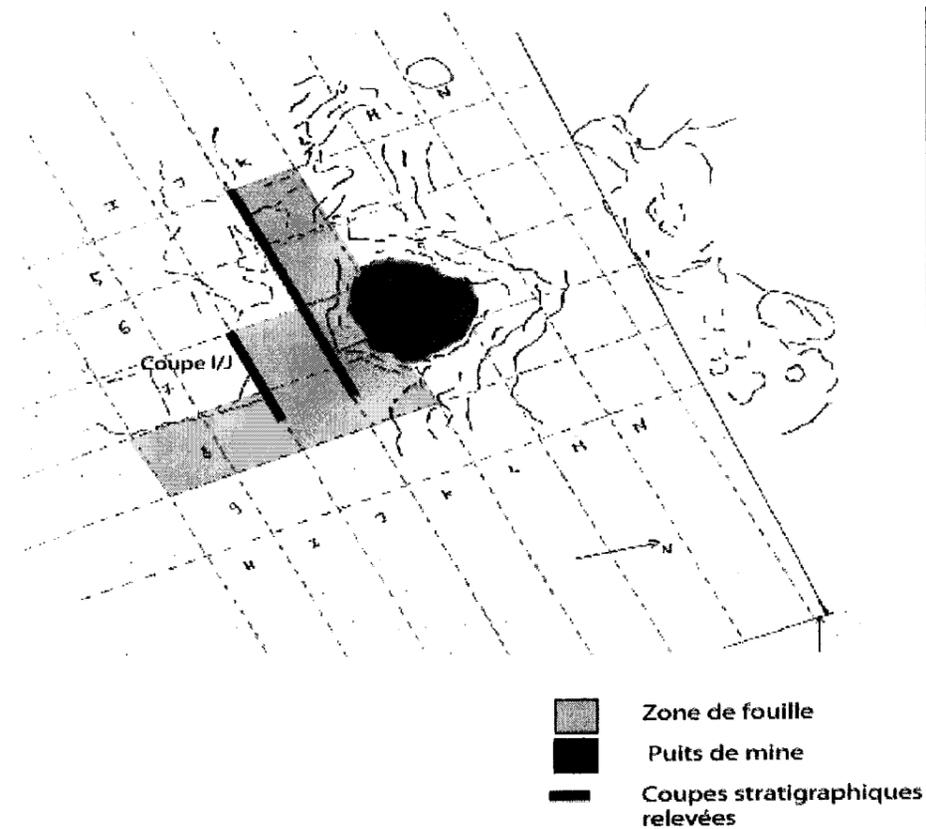


Fig.3- Vue en coupe du site de la Cueva del Angel (d'après le relevé de Daniel Botella-Ortega et al.)



**Fig.4- plan de la zone de fouille de la cueva del angel.**

La coupe stratigraphique J/K résulte de la fouille des carrés K5, K6, K7 et K8 et se situe le long de l'ancienne galerie et du puit creusé par les mineurs du 18<sup>ème</sup> siècle.

La coupe I/J résulte de la fouille des carrés J7 et J8

### Échantillonnage

Trois sortes d'échantillons ont été prélevés :

#### ➤ Prélèvements sédimentologiques

36 échantillons d'environ 200g de sédiment en vrac ont été difficilement prélevés tous les 5cm, d'un bout à l'autre de la coupe J/K, dans un remplissage souvent très concrétionné et rempli d'ossements.

### ➤ **Prélèvements micromorphologiques**

Afin de pouvoir étudier au microscope l'agencement du sédiment en place, nous avons prélevé 12 carottes micromorphologiques à l'aide de bandes plâtrées.

### ➤ **Prélèvements palynologiques**

Juste après les prélèvements micromorphologiques, afin que le sédiment ne soit pas "pollué" par du pollen actuel, nous avons prélevé 40 échantillons de fraction fine pour l'étude des éventuels grains de pollen présents dans le remplissage.

### **Description des unités sédimentaires observées le long des coupes stratigraphiques transversales J/K et I/J**

#### **Coupe stratigraphique transversale J/K (Fig.5)**

La coupe stratigraphique transversale J/K est la plus importante des coupes dégagées à ce jour. Elle s'étend de la zone 5 à la zone 8 et atteint 230 cm d'épaisseur sur 350 cm de longueur.

Cette coupe, qui est recouverte d'un voile stalagmitique de 1 cm d'épaisseur, renferme un matériel archéologique considérable à sa base. Il s'agit essentiellement d'esquilles brûlées et d'outils lithiques en silex.

Des précipitations secondaires de calcite ayant permis le développement d'encroûtements généralisés ou des poupees de loess, des lits de concrétionnement formés à la faveur de la stratification, et la richesse de certains ensembles stratigraphiques en matériel grossier, permettent de subdiviser les dépôts de cette coupe en trois unités sédimentaires qui sont de haut en bas :

#### **Unité sédimentaire 1**

Z absolu minimal sommet : 210 cm sous le plan 0  
Z absolu maximal base : 262 cm sous le plan 0  
Epaisseur moyenne : 35 cm

Cette unité est localisée dans les zones 5 et 6. Dans la première, son épaisseur est de 45 cm, dans la seconde, elle est de 30 cm puis disparaît, à la suite d'une troncature, dans la zone 6 à x = 30 cm.

La fraction fine se compose d'un sable limoneux de structure grumeleuse, globalement très friable avec quelques concrétionnements diffus ou sous forme de poupees de loess. Sa couleur est brun gris très foncé, non homogène.

Les éléments grossiers sont rares. Ils représentent moins de 5 % par rapport à la fraction fine. Ce sont essentiellement des cailloux, de nature calcaire, non altérés à très altérés et dont les dimensions apparentes n'excèdent pas 10 cm.

La porosité est peu abondante. Elle se limite à des pores de très petites tailles excluant toute action de bioturbation. De même, on ne relève aucune inclusion métallique dans le sédiment.

Zone J 8

Zone J 7

Zone J 6

Zone J 5

- 200 cm

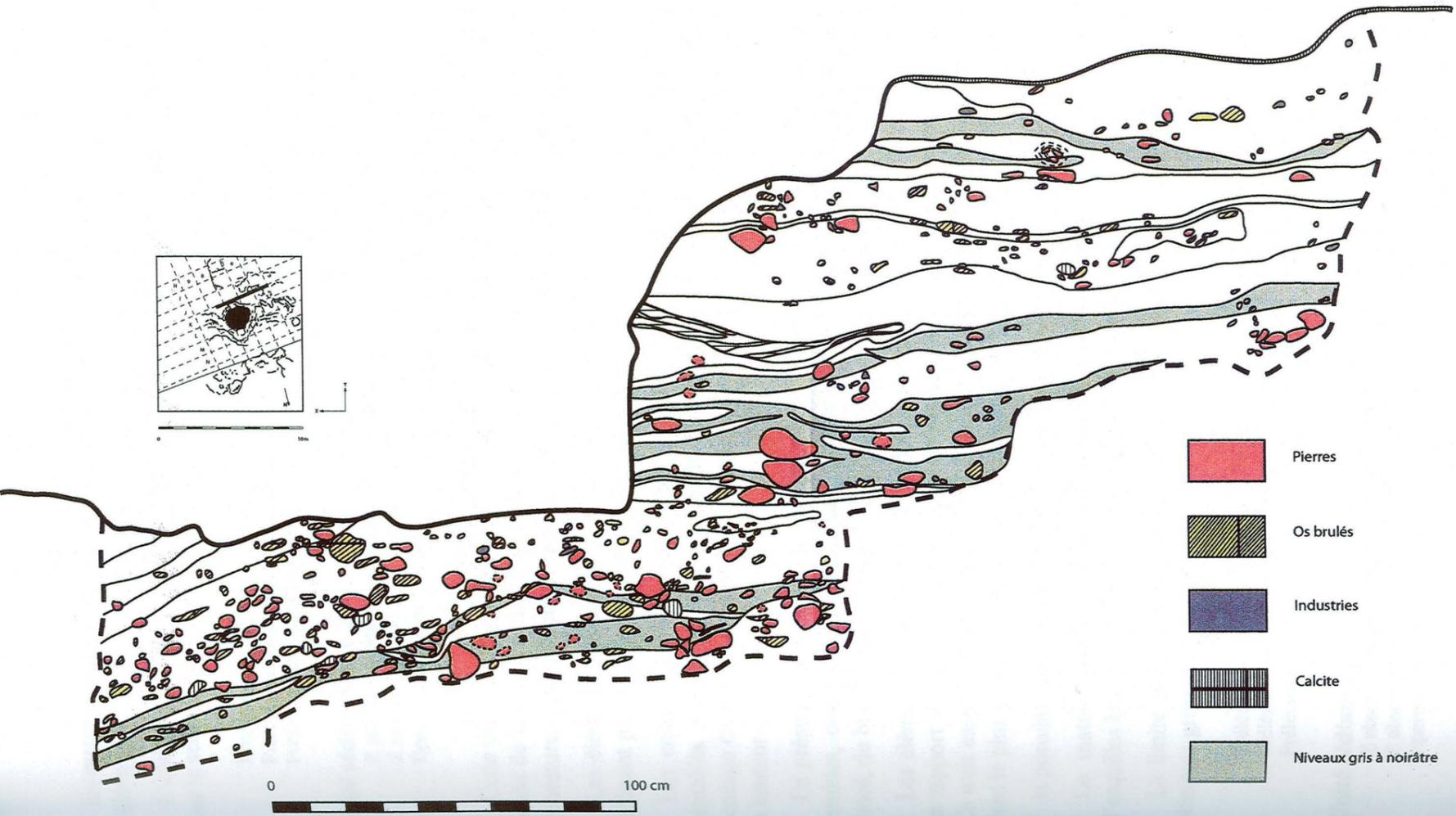
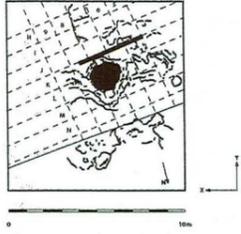
- 250 cm

- 300 cm

- 350 cm

- 400 cm

- 450 cm



-  Pierres
-  Os brûlés
-  Industries
-  Calcite
-  Niveaux gris à noirâtre

Le matériel archéologique est peu abondant. Il s'agit de quelques outils lithiques et d'esquilles brûlées.

L'unité, qui ne présente aucun pendage, montre une transition nette, en structure et en couleur avec le sédiment de l'unité sous-jacente.

Prélèvements sédimentologiques : PS 1 à PS 4  
Prélèvements micromorphologiques : PM 1 à PM 3  
Prélèvements palynologiques : PP 40 à PP 34

#### **Unité sédimentaire 2**

Z absolu minimal sommet : 255 cm sous le plan 0  
Z absolu maximal base : 360 cm sous le plan 0  
Epaisseur moyenne : 80 cm

Cette unité est localisée dans les zones 5 et 6. Son épaisseur ne dépasse pas dans la zone 5, en raison de la limite actuelle de la fouille, 60 cm alors qu'elle atteint 100 cm dans la zone 6. Une troncature ampute la coupe, au niveau de la zone 6, d'une partie du sommet de son remplissage.

Les éléments fins sont constitués d'une fraction sablo-limoneuse à structure grumeleuse. Le sédiment passe, selon les niveaux, de friable à induré.

Les encroûtements, se présentant sous forme de lentilles de 2 à 3 cm d'épaisseur ou de véritables niveaux de 3 à 15 cm de hauteur, ont des limites tranchées; présentent un léger pendage de direction ouest-est; s'étendent sur toute l'unité et se répètent régulièrement sur toute la hauteur.

La présence de niveaux de matière noire, à côté de ceux des encroûtements et des sédiments meubles, confère au sédiment une couleur non homogène. Celle-ci varie du gris clair au gris foncé, du brun au rouge, au noir.

Les éléments grossiers sont faiblement représentés dans l'ensemble de l'unité. Ils représentent un rapport de 20/80 avec la fraction fine et sont localisés essentiellement à la base de la zone 6. Ce sont essentiellement des cailloux mais on note également la présence de quelques petits blocs dont le plus grand atteint 16 cm. Ils sont en calcaire, non altérés à très altérés.

la porosité demeure rare, la bioturbation et les inclusions métalliques, absentes.

Le matériel archéologique est mieux représenté que dans l'unité sus-jacente. Il s'agit d'esquilles brûlées et de quelques outils lithiques en silex.

La limite inférieure de cette unité tranche nettement par la consistance et la proportion des éléments grossiers, avec l'unité sous-jacente.

Prélèvements sédimentologiques : PS 5 à PS 25  
Prélèvements micromorphologiques : PM 4 à PM 8  
Prélèvements palynologiques : PP 33 à PP 14

#### **Unité sédimentaire 3**

Z absolu minimal sommet : 360 cm sous le plan 0  
Z absolu maximal base : 440 cm sous le plan 0  
Epaisseur moyenne : 50 cm

L'unité sédimentaire s'étend du milieu de la zone 6 (x = 40 cm) à la limite actuelle de la zone 8 (x = 46 cm).

Elle a une épaisseur régulière de 50 cm sauf dans la zone 8 où elle passe à 70 cm.

La couleur est brun rouge foncé, non homogène en raison de la présence de lits noirs (foyers ?) dont l'épaisseur peut atteindre, dans certains endroits, 10 cm.

La fraction fine se compose d'un sable limoneux sans structure apparente en raison de l'encroûtement généralisé qui lui confère une consistance fortement cimentée.

Les éléments grossiers sont très nombreux (70/30). On y trouve un mélange de cailloux et de rares petits blocs. Ils sont généralement non altérés et répartis régulièrement sur la totalité de l'unité.

Des morceaux de calcite ou de fragments de calcaire recouverts de calcite sont éparpillés dans la masse. Leur présence au sein du sédiment est certainement dû à leur chute à partir de stalactite ou de stalagmite formées sur les parois de la grotte avant son effondrement.

Le matériel archéologique est exceptionnel. Il s'agit surtout d'esquilles brûlées de toutes tailles et de quelques outils lithiques. Sa répartition, dans l'unité sédimentaire, est uniforme et accuse, ainsi que les lits noirs, une pendage d'abord modéré en zone 7 puis accentué en zone 8.

Notons toujours l'absence de porosité, de bioturbation ou d'inclusions métalliques.

Prélèvements sédimentologiques : PS 26 à PS 36  
Prélèvements micromorphologiques : PM 9 à PM 12  
Prélèvements palynologiques : PP 13 à PP 1

### **Coupe stratigraphique transversale I/J (Fig. 6)**

La coupe stratigraphique transversale I/J est en retrait de 100 cm par rapport à la coupe stratigraphique J/K. Elle est localisée essentiellement dans la zone 7 avec une extension de 50 cm à la base de la zone 8.

Cette coupe, d'une épaisseur de 100 cm sur une largeur de 155 cm, présente 2 unités sédimentaires. La première est de structure organisée, la seconde, en raison de la présence de concrétionnement, montre une succession de lits concrétionnés et de couches de sédiments meubles.

(fig.)

#### **Unité sédimentaire 1**

Z absolu minimal sommet : 250 cm sous le plan 0  
Z absolu maximal base : 286 cm sous le plan 0  
Épaisseur moyenne : 20 cm

Cette unité est localisée essentiellement dans la zone 7 avec toutefois une extension de 3 cm dans la zone 8.

Son épaisseur varie entre 10 à 30 cm.

La fraction fine se compose d'un sable limoneux de couleur brun homogène. Sa structure est grumeleuse et sa consistance friable. Elle repose sur un encroûtement continu. Diverses concrétions en forme de poupées de loess sont également présentes et régulièrement réparties dans la masse.

La fraction grossière est très rare (un bloc de 17 cm et une pierre de 7 cm). Ces deux éléments sont très altérés et accusent un léger pendage ouest-est.

La porosité est très abondante trahissant une bioturbation importante.

Zone 19

Zone 18

Zone 17

Zone 16

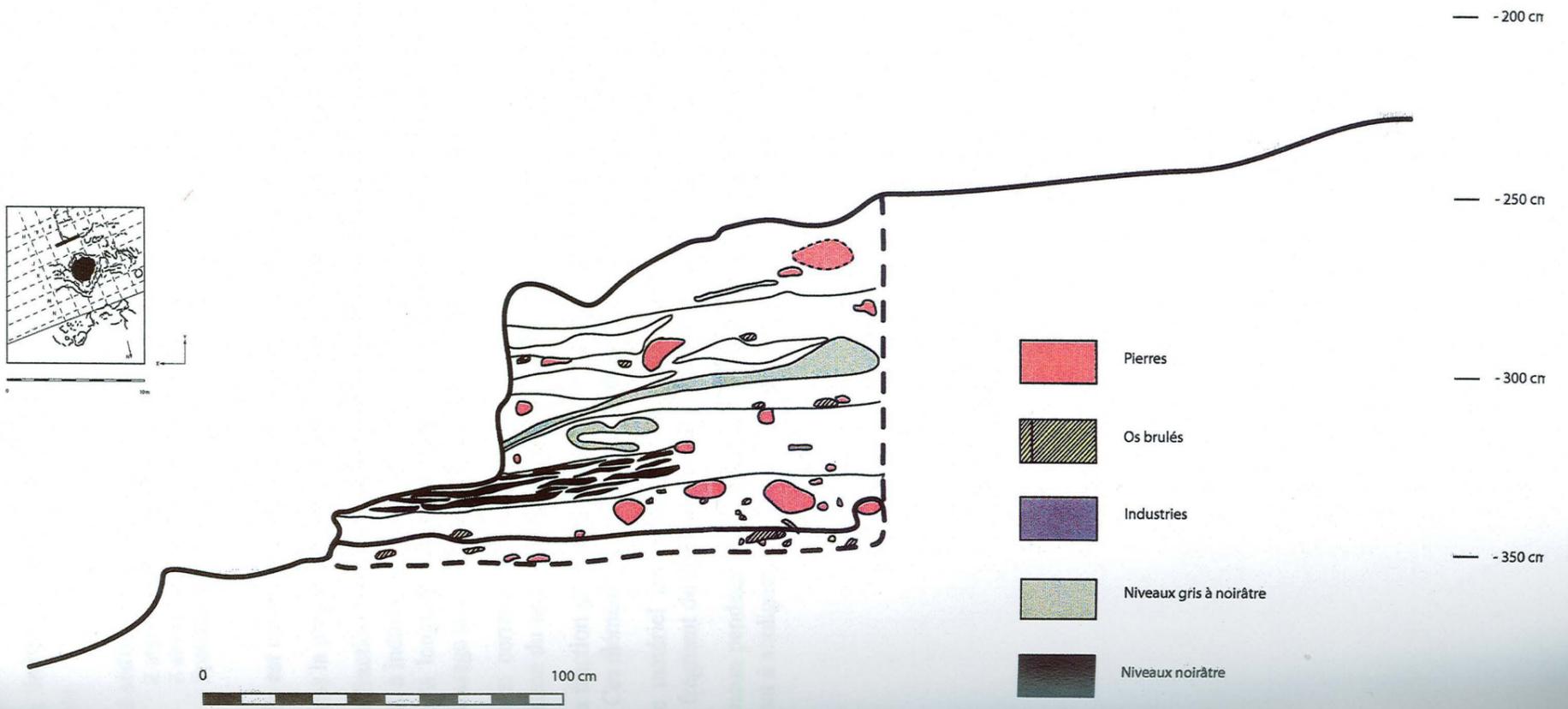


Fig. 6. Coupe stratigraphique transversale à la limite des bandes I/J (S. Abdessadok et A-M. Huet, 2002).

*[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]*

Aucun objet archéologique n'était visible sur la coupe, ni aucune inclusion métallique n'a été relevée.

La limite inférieure de cette unité est nette, en structure et en couleur, avec la couche sous-jacente.

#### **Unité sédimentaire 2**

Z absolu minimal sommet : 278 cm sous le plan 0

Z absolu maximal base : 352 cm sous le plan 0

Epaisseur moyenne : 60 cm

Elle est comprise dans la totalité de la zone 7 et dans la zone 8 à  $x = 55$ .

Dans la première zone, son épaisseur atteint 70 cm, dans la seconde, elle est de 20 cm.

La fraction fine se compose d'un sable limoneux, de couleur non homogène et de consistance friable à indurée en raison de la présence de lits de concrétionnement. Ceux-ci peuvent s'étendre sur toute la longueur ou se concentrer en une superposition de plusieurs lits dans un secteur du remplissage comme cela est le cas à la base de la coupe.

Dans certains niveaux, la couleur devient blanchâtre. Elle serait due probablement à une altération du sédiment. On y relève également des lits noirs parcourant parfois toute l'unité.

La fraction grossière est assez nombreuse. Elle représente un rapport de 10/80 avec la fraction fine. Ces éléments grossiers sont généralement altérés et certains demeurent non altérés.

Le matériel archéologique est relativement abondant, notamment les esquilles brûlées. Un petit fragment de charbon de bois a été relevé sur la coupe.

Aucun pendage n'est apparent et ni la porosité, ni la bioturbation, ni les inclusions métalliques ne sont à souligner.

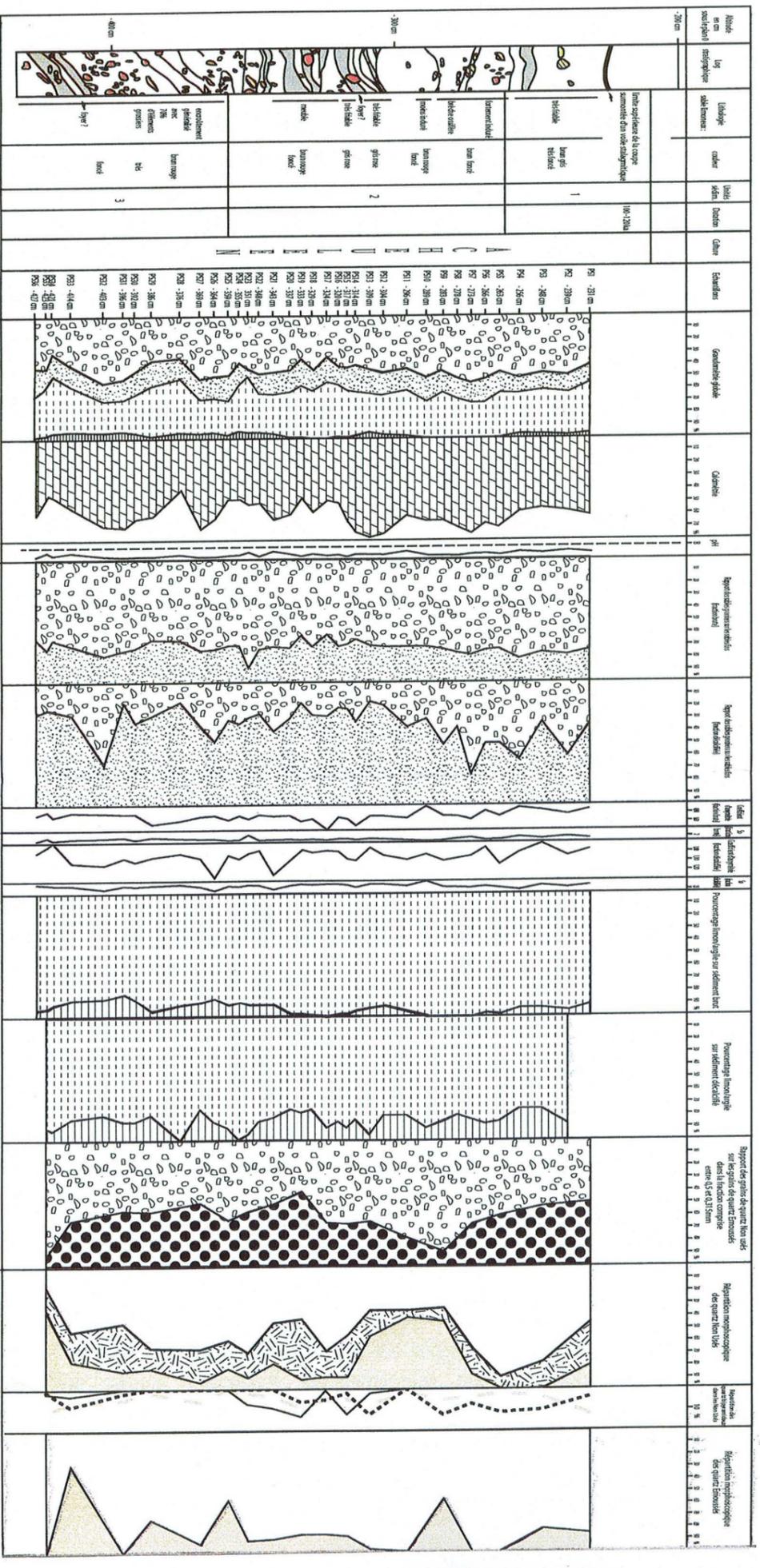


Fig. 7. - Coupe du nord. Province de Cordoue, Espagne. Coupe stratigraphique transversale J/K. Résultats de la granulométrie des éléments fins de la calcimétrie de la mesure du pH et de la morphologie des grains de quartz.

Granulométrie des éléments fins

- sables grossiers
- ▒ sables fins
- limons

Morphologie des grains de quartz

- Non Usés
- ▒ Érodés
- Transcédés

## Evolution des caractères granulométriques et morphoscopiques le long de la coupe J/K

### ➤ Les points communs à l'ensemble du remplissage

Une première observation du tableau synthétique des descriptions effectuées sur le terrain et des résultats d'analyse nous montre une homogénéité globale dans le remplissage de la Cueva del Angel.

La matrice est essentiellement constituée, de la base au sommet, de sable non lité et de limon parsemés de niveaux ou poupées de concrétionnement. Le taux de carbonates de la fraction inférieure à 0,160mm est en moyenne supérieur à 60 %.

Il n'y a pas de pores ni de bioturbation et le pH est basique.

Des lits de sédiments sombres assimilables à des foyers sont visibles sur toute l'étendue du remplissage et les esquilles brûlées et industries de silex sont partout présentes.

La proportion des grains de quartz est en moyenne supérieure à 50 % pour les Non Usés et à 30 % pour les Emoussés, la majorité des grains étant translucides.

Des grains Non usés bipyramidés, taraudés ou laiteux sont présents tout au long du remplissage.

De cette première observation nous pouvons faire quelques constatations importantes :

- la matrice a globalement les mêmes origines.
- l'absence de pores et de bioturbation ainsi que le pH basique indiquent que le remplissage de la grotte n'a pas subi beaucoup d'altérations biologique ou chimique post-dépositionnelles, autres que la carbonatation. Le bon état de conservation de l'industrie et des ossements vient appuyer cette constatation. Certains os ayant été trouvés en connexion anatomique, il n'y a pas eu non plus de remaniement notable des sédiments depuis leur dépôt.
- l'action anthropique, dont de nombreuses traces sont visibles tout le long du remplissage, ne doit pas être négligée dans l'étude de la formation du remplissage.
- La présence de quartz émoussés indique qu'une partie au moins du remplissage est d'origine allochtone.

### ➤ Origine du calcaire

L'élimination du calcaire des fractions sableuse et limono-argileuse accroît fortement le pourcentage des éléments fins qui passent en moyenne respectivement de 20 à 60 % pour les sables fins et de 10 à 20 % pour les argiles. Cette opération améliore en outre le classement général, notamment du côté des éléments fins.

Les carbonates se sont donc infiltrés dans les sédiments après leur dépôt et ont précipité sous forme de ciment agrégeant les particules les plus fines et provoquant leur concrétionnement. Lors de l'attaque à l'acide chlorhydrique, le ciment est dissout et les particules fines sont libérées, augmentant d'autant la proportion des éléments fins.

Cependant, ce phénomène ne peut expliquer à lui seul le fort taux de calcaire enregistré aussi bien dans le sédiment total inférieur à 0,160 mm, que dans les fractions sableuse et limono-argileuse. Une contribution du calcaire en grains, issu également des parois de la grotte est donc à envisager.

La comparaison des courbes granulométriques provenant d'une part de la fraction sableuse brute et d'autre part de la fraction sableuse décalcifiée nous confirme cette hypothèse par la grande différence de profil que nous observons. On passe en effet de courbes à profil linéaire et à tendance convexe pour la fraction brute à des courbes à profil nettement concave pour le sédiment décalcifié. Ceci indique une très grande différence dans les proportions et le classement des sable fins, avant et après décalcification. Cette grande différence ne pouvant s'expliquer que par la présence de calcaire en grains, en sus du calcaire dissout.

Il faut noter également les profils d'exception pour les courbes granulométriques des prélèvements PS2, PS4, PS5, PS6, PS7, PS9 et PS32, pour lesquels la courbe du sédiment décalcifiée a à peu près le même profil que celle du sédiment brut. On remarque sur le diagramme synthétique que des pics de proportion de sables grossiers correspondent à ces prélèvements. Cela veut dire que lorsque la proportion en sables grossiers est forte, la décalcification augmente moins la proportion de sables fins. Cette constatation confirme le fait que le calcaire n'est pas constitué seulement d'agrégat autour des particules fines mais qu'il provient également de calcaire en grains, essentiellement répartis dans les sables grossiers et dont l'élimination n'augmente donc pas la proportion des sables fins.

L'hypothèse de l'origine endogène des carbonates, résultant de la dissolution du calcaire et de la désagrégation des parois de la grotte est donc la plus vraisemblable et gagnerait à être confirmée par d'autres analyses, notamment l'étude d'échantillons prélevés sur les parois de la grotte.

### ➤ **Origine de l'argile**

La présence d'argile dans un remplissage sédimentaire est synonyme d'un dépôt par cours d'eau ou par ruissellement. Comme il n'y a pas de trace de cours d'eau dans les unités sédimentaires étudiées (galets orientés et litage des sables), le ruissellement est l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer la présence de l'argile, qui est en proportion faible (moins de 10 %) mais constante tout au long du remplissage.

Le ruissellement étant dû à l'eau qui s'infiltré à travers les fissures du karst, l'argile proviendrait de formations superficielles situées au dessus de la grotte. Il nous faudra retrouver ces formations et étudier la composition minéralogique de ces argiles ainsi que de celles du remplissage pour pouvoir les comparer et connaître ainsi l'origine des argiles présente dans la Cueva del Angel.

### ➤ **Origine des quartz émoussés**

Les grains de quartz émoussés étant le résultat d'un transport par l'eau sur des centaines de kilomètres, ceux contenus par les sédiments de la grotte proviennent forcément de l'extérieur.

La présence d'une rivière au pied du massif dans lequel la grotte est creusée nous permet d'émettre l'hypothèse selon laquelle les grains émoussés proviendraient d'un transport éolien

par saltation, s'étant exercé sur le sable des terrasses fluviatiles abandonnées par la rivière lors de changement de lit ou d'étiage. La courte distance séparant le lieu de dépôt des grains par la rivière, de l'emplacement du remplissage de la grotte, n'aurait pas permis une éolisation caractéristique des grains de quartz (quartz rond-mat).

Cette hypothèse sera à confirmer au moyen de prélèvements effectués dans les terrasses alluviales en question, auxquels nous appliquerons des analyses granulométrique, minéralogique (étude des minéraux lourds) et morphoscopique, à comparer avec les résultats trouvés pour les échantillons provenant du remplissage de la grotte.

### ➤ **Les différents ensembles discernés**

**L'unité sédimentaire 3**, située à la base du remplissage et ayant une puissance de 50 cm est bien individualisée par son fort taux d'éléments grossiers et son encroûtement généralisé.

Les éléments grossiers étant de taille, de forme et d'orientation aléatoires et en majorité composés de calcaire, on peut penser à des éboulis secs "produits de fragmentation par décollement...ne correspondant qu'à l'acquisition d'un profil d'équilibre du toit de la cavité et aucune signification climatique ne peut leur être accordée"(KERVAZO B. et LAVILLE H, 1988). L'étude d'échantillons provenant des parois de la grotte serait utile pour confirmer cette hypothèse.

L'encroûtement généralisé procède quant à lui du phénomène de migration verticale des carbonates en solution et de leur précipitation suite à l'évaporation lors de périodes plus sèches, de l'eau contenant le calcaire dissout.

Dans l'ensemble, dans l'unité sédimentaire 3, la proportion des sables grossiers varie autour de 40 %, les argiles autour de 15 % et les quartz émoussés autour de 40 %. Dans les Non usés, les taraudés oscillent entre 10 et 15 %, les translucides entre 50 et 60 % et les laiteux entre 10 et 20 %, sauf à la base, où ils montent à 60 %.

Il faut souligner que les proportions dans les différentes fractions des deux prélèvements situés à la base de cette unité (PS35 et PS36) sont similaires à PS28 et contiennent moins de sables grossiers et d'argile que le reste de l'unité. Les quartz émoussés sont en proportion très basse (environ 10 %) à la base de l'unité mais pas au niveau de PS28.

Il serait intéressant de pouvoir continuer les prélèvements en profondeur pour voir s'il s'agit là d'un phénomène limité dans le temps ou d'une véritable transition sédimentaire. La micromorphologie sera également d'une grande utilité pour répondre à cette question.

**L'unité sédimentaire 2**, de puissance égale à 80 cm, dont la texture varie progressivement de meuble à sa base jusqu'à fortement indurée au sommet, se caractérise par une nette diminution des éléments grossiers par rapport à l'unité sous-jacente, dont la proportion passe de 70 à 15 %.

Les sables grossiers ont d'abord une proportion constante puis augmentent progressivement, de 40 à 70 % en moyenne de la base vers le sommet.

La proportion d'argile reste globalement constante sur toute l'unité.

Les indices de classement appliqués à la fraction décalcifiée enregistrent un bon classement des éléments fins et une tendance vers un meilleur classement du côté des éléments grossiers.

La calcimétrie, à l'instar de l'induration des sédiments, augmente globalement de la base au sommet de l'unité.

Les quartz émoussés augmentent d'abord pendant les 30 premiers centimètres puis diminuent progressivement jusqu'au trois quarts de l'unité et recommencent ensuite à augmenter. A cette diminution des Emoussés correspond une augmentation notable des Non usés laiteux. Ces variations ne se retrouvant pas dans la granulométrie, nous préférons ne pas en tenir compte dans un premier temps. Elles nous seront utiles, en revanche, pour la comparaison des résultats de la grotte avec ceux des formations extérieures que nous étudierons plus tard.

Les résultats granulométriques et de la calcimétrie de l'unité sédimentaire 2 traduisent une augmentation des échanges de la grotte avec l'extérieur. La diminution de la proportion d'éléments grossiers traduisant une relative stabilité des parois ayant acquis leur profil d'équilibre après avoir sans doute provoqué l'élargissement de l'ouverture du porche.

Ultérieurement, des circulations intenses d'eaux chargées de bicarbonates ont fortement induré, sur sa partie supérieure, le remplissage de cette unité.

**L'unité sédimentaire 1** montre une certaine constance des paramètres granulométriques, calcimétriques et morphoscopiques.

Les sables grossiers ont une proportion moyenne de 50 % dans la fraction sableuse décalcifiée et les indices de classement indiquent un meilleur classement dans la fraction grossière.

L'argile à le taux le plus élevé du remplissage et se situe aux alentours de 20 % de la fraction limono-argileuse décalcifiée.

Les grains de quartz Non usés diminuent au profit des Emoussés.

Tout cela s'explique, de même que pour l'unité sous-jacente, par des apports accrus provenant de l'extérieur et se stabilisant dans les fortes proportions.

Le taux de calcaire mesuré dans le sédiment brut inférieur à 0,160 mm, diminue et se stabilise, reflétant un apport moindre de l'intérieur de la grotte ou une décalcification post-dépositionnelle.

## CONCLUSION

Il résulte de cette analyse, que les unités sédimentaires délimitées sur le terrain par leur degré d'induration et leur richesse en matériel archéologique ne correspondent pas à des différences notables du point de vue granulométrique ou morphoscopique, mais plutôt à une évolution dans le temps des proportions de sables grossiers et d'argile, apparemment sans rapport avec les critères sus-jacents.

Bien que l'on constate la présence de creux dans les proportions granulométriques et de calcimétrie, que l'on ne peut expliquer à ce stade de l'étude, le remplissage de la Cueva del Angel est donc bien homogène, composé de sable et de limon principalement, ayant une origine commune de la base au sommet.

Une fraction des sédiments proviendrait du lit ancien d'une rivière située à proximité de la grotte et aurait été apportée par le vent, une autre fraction serait originaire des formations superficielles environnantes et se serait déposée par ruissellement.

L'encroûtement diffus ou général pour certaines couches serait dû à la précipitation des carbonates lors de réchauffements climatiques. Ces carbonates seraient endogènes, provenant de la dissolution du calcaire et de l'effritement des parois de la grotte.

L'analyse de la composition en minéraux lourds des sédiments de la grotte, comparée à celle des formations géologiques environnantes, nous permettra de connaître la provenance de la partie allochtone.

Enfin, l'étude micromorphologique nous aidera à comprendre les transitions observées entre les couches stratigraphiques et nous renseignera sur les phénomènes post-dépositionnels ayant pu affecter les sédiments et les objets archéologiques qu'ils contiennent.

## BIBLIOGRAPHIE

- BICHET V., 1987 – Contribution à l'étude sédimentologique du remplissage karstique de la Caverna delle fate, mémoire de DEA, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- BOUSQUET J.C., 1997 - Géologie du Languedoc-Roussillon. Éditions du BRGM
- CAILLEUX A., TRICART J., 1959 - Initiation à l'étude des sables et des galets. Paris, Centre de Documentation Universitaire.
- COURTY M.A. et MISCOVSKY J.C. – Place des sédiments archéologiques au sein des dépôts quaternaires et évolution des techniques, Association pour l'Étude de l'Environnement Géologique de la Préhistoire, 2002 – Géologie de la préhistoire. Paris, Maison de la Géologie.
- EK C. et QUINIF Y. – Les sédiments détritiques des grottes : aperçu synthétique, Annales de la Société Géologique de Belgique, 1988 – Colloque international de sédimentologie karstique, Tome 111, Fascicule 1, p.1 à 7.
- GROULT F., 1997 - Études granulométriques des niveaux de remplissage de la grotte de Song Terus (Java, Indonésie), mémoire de DEA, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- KERVAZO B. et LAVILLE H. – Caractéristiques physico-chimiques d'une séquence sédimentaire en milieu karstique et signification : exemple de la grotte Vaufrey, Annales de la Société Géologique de Belgique, 1988 – Colloque international de sédimentologie karstique, Tome 111, Fascicule 1, p.41 à 49.
- LUMLEY H. de, 1965 -Évolution des climats quaternaires d'après le remplissage des grottes de Provence et du Languedoc méditerranéen. *Bulletin de l'Association française pour l'Étude du Quaternaire (AFEQ)*, 2, p.165-170.
- MAÂTOUK M., 1995 - Stratigraphie des dépôts du Pléistocène moyen supérieur de la grotte du Lazaret (Nice, Alpes Maritimes, France), Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- MISCOVSKY J.C. et DEBARD E. – Granulométrie des sédiments et étude de leur fraction grossière, Association pour l'Étude de l'Environnement Géologique de la Préhistoire, 2002 – Géologie de la préhistoire. Paris, Maison de la Géologie.

## TABLE DES FIGURES ET DES PHOTOGRAPHIES

Fig.1- Cadre géographique de la Cueva del Angel

Fig.2- Cadre géologique de la Cueva del Angel

Fig.3- Vue en coupe du site.

Fig.4- Plan de la zone de fouille.

Fig.5- Coupe stratigraphique transversale J/K

Fig.6- Coupe stratigraphique transversale I/J

Fig.7- Diagramme synthétique des résultats granulométriques, de la calcimétrie, du pH et de la morphoscopie des grains de quartz de la coupe transversale J/K.

Photographie1- Maxillaire Equus, Phalanges Bos en position anatomique,  
Phalange Equus en position anatomique.

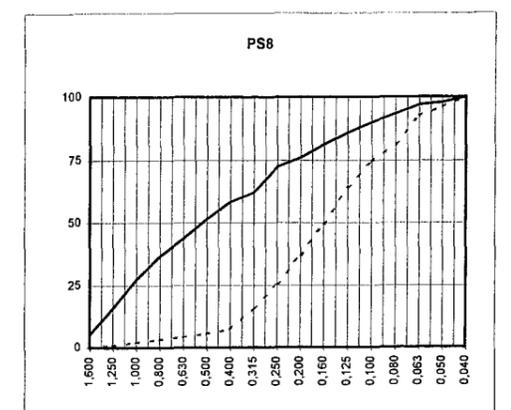
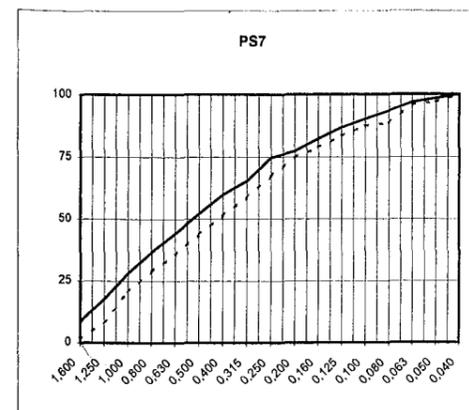
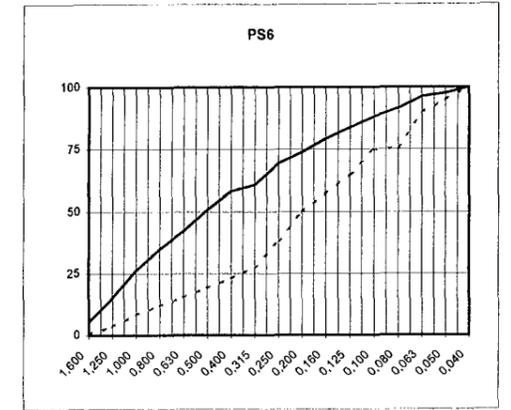
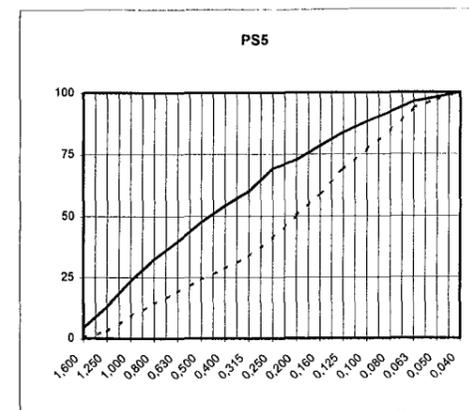
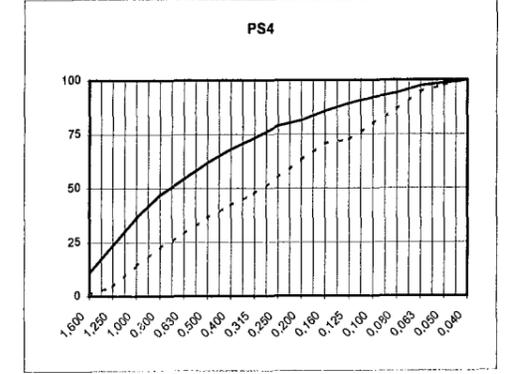
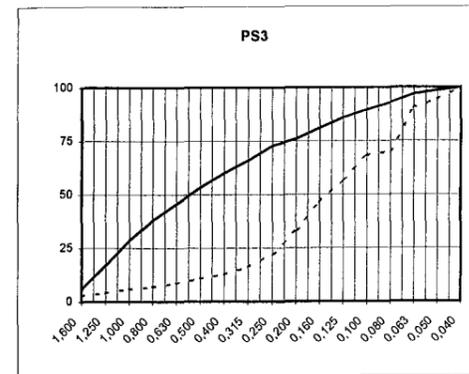
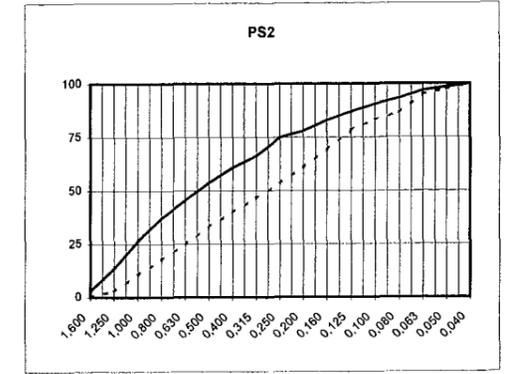
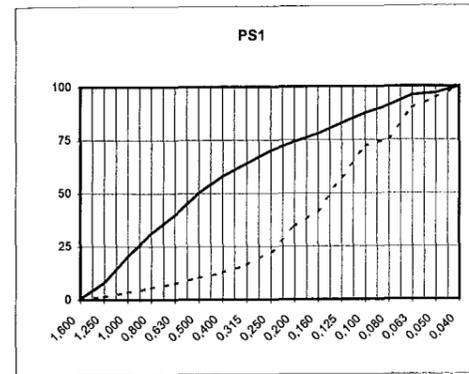
Photographie 2- Biface en quartzite et bifaces en silex

Photographie 3- Racloir transversal convexe et racloir transversal.

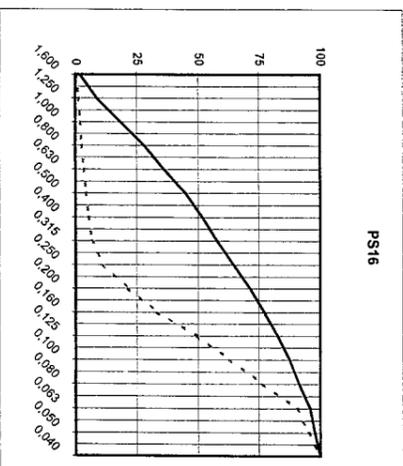
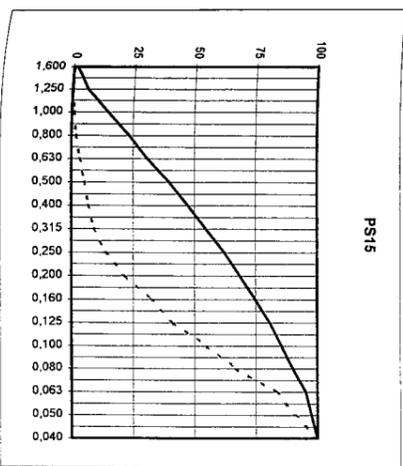
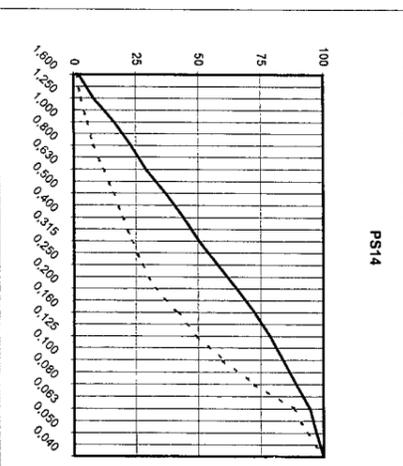
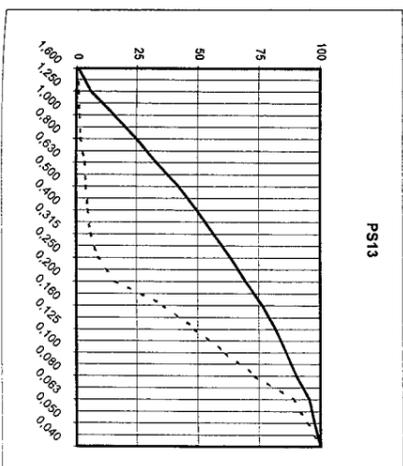
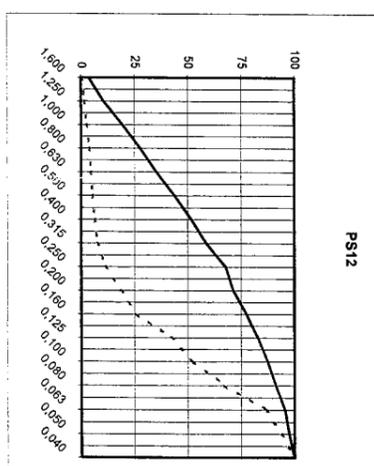
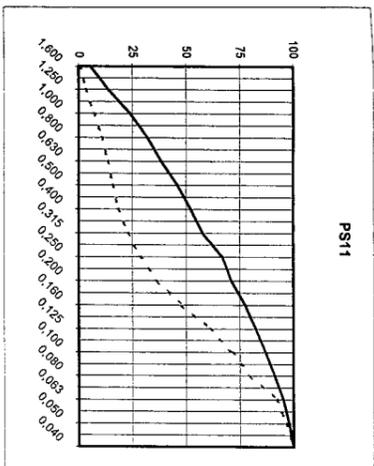
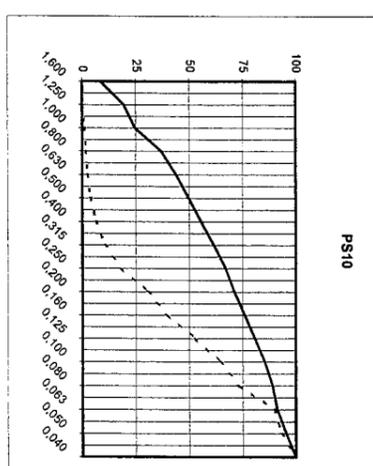
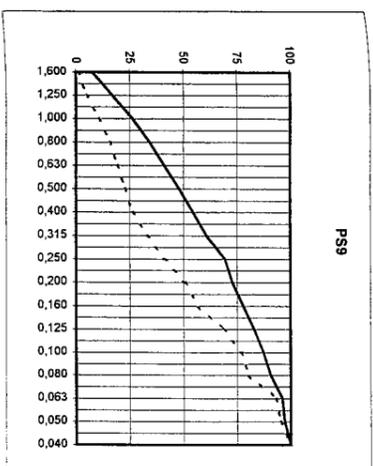
Photographie 4- Pointe de Tayac

**ANNEXE**

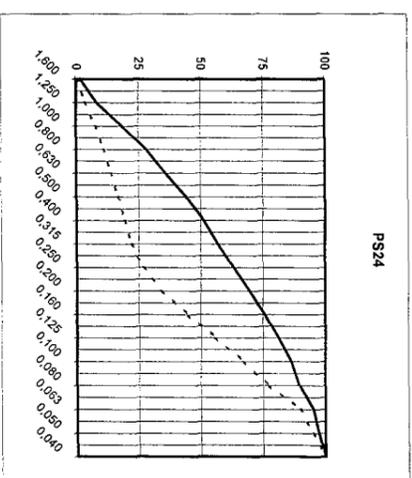
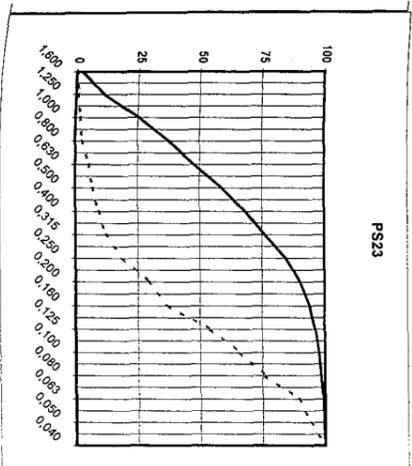
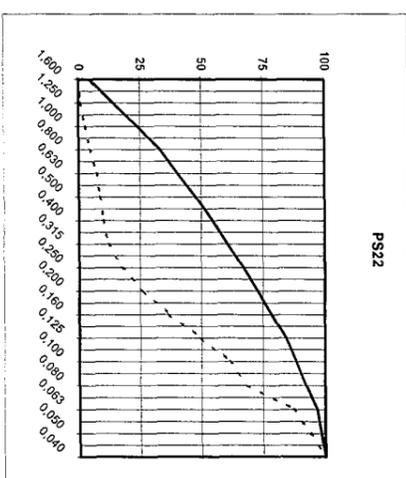
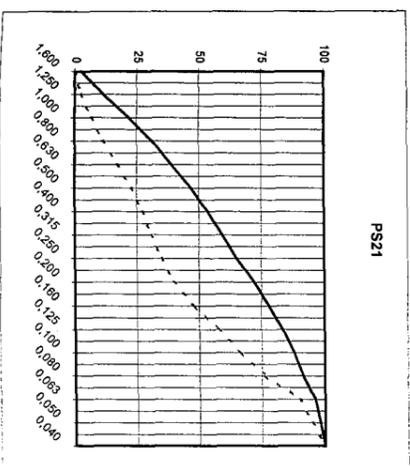
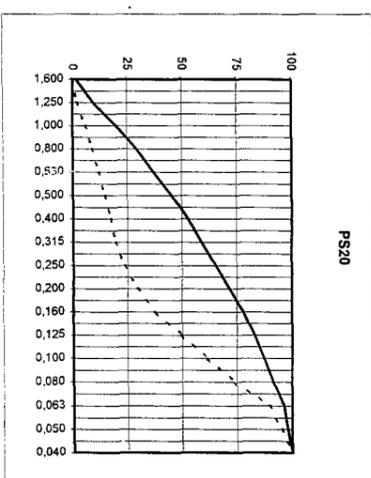
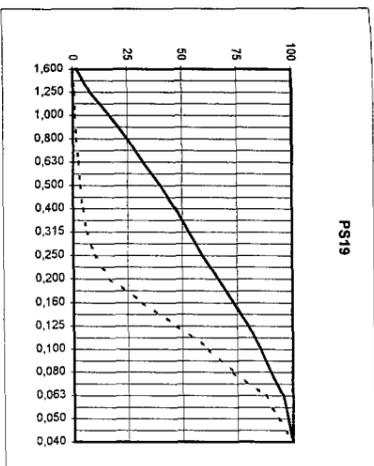
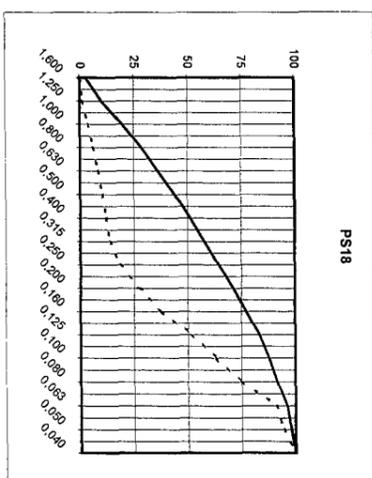
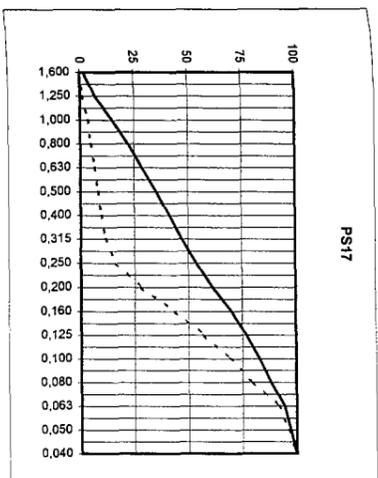
Courbes granulométriques des fractions comprise entre 0,04 et 2mm  
(pointillés=décalcifiées)



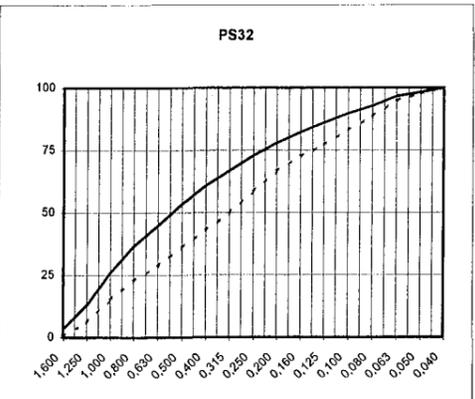
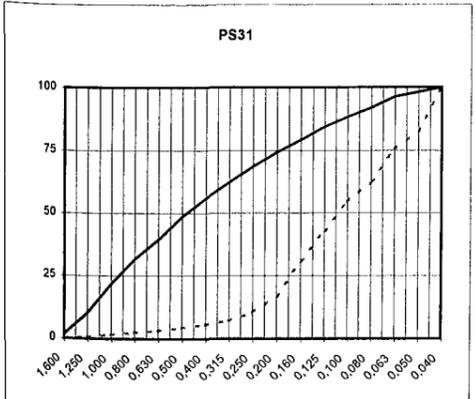
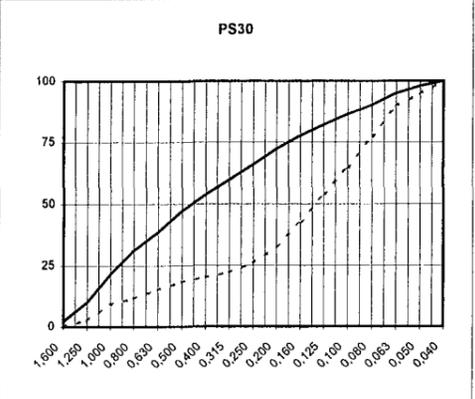
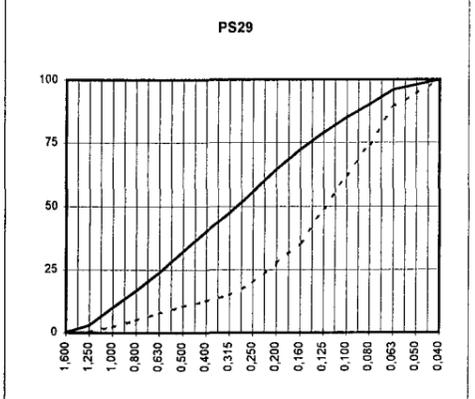
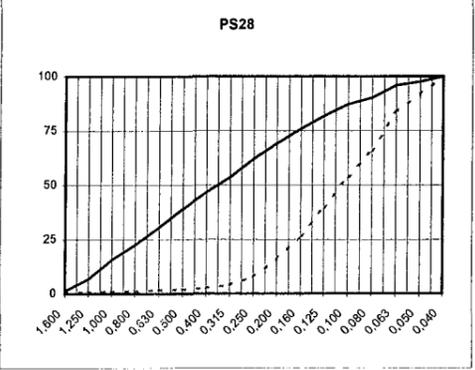
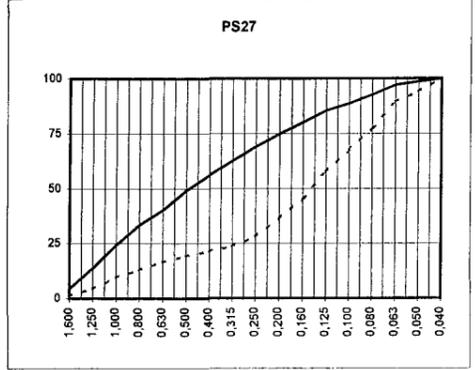
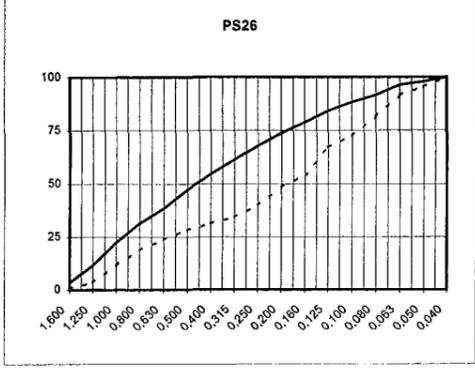
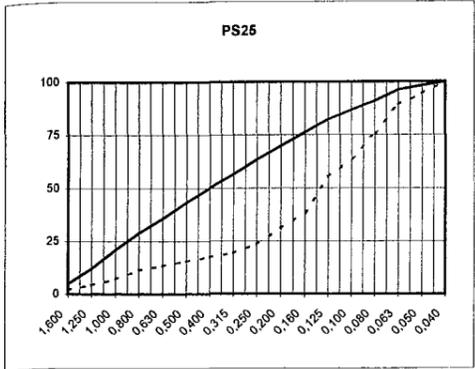
Courbes granulométriques des fractions comprise entre 0,04 et 2mm  
(pointillés=décalcifiées)



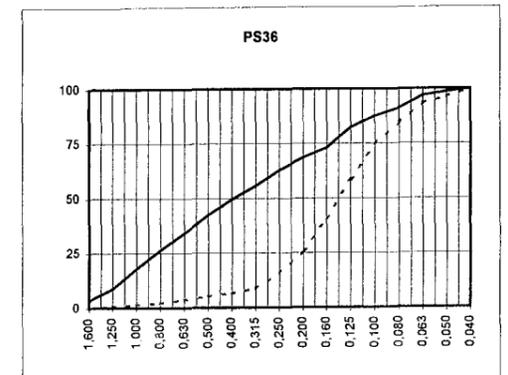
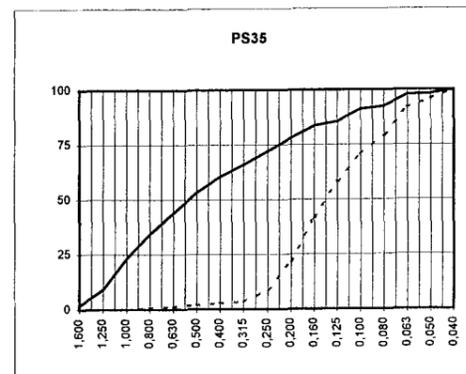
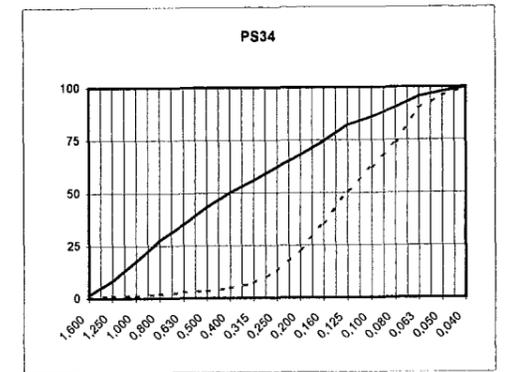
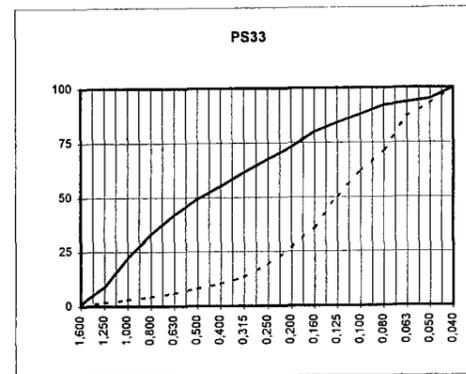
Courbes granulométriques des fractions comprise entre 0,04 et 2mm  
(pointillés=décalcifiées)



Courbes granulométriques des fractions comprise entre 0,04 et 2mm  
(pointillés=décalcifiées)



Courbes granulométriques des fractions comprise entre 0,04 et 2mm  
(pointillés=décalcifiées)



# TABLE DES MATIÈRES

<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>1</b>
<b>GÉNÉRALITÉS</b>	<b>2</b>
<b>SITUATION GÉOGRAPHIQUE</b>	<b>2</b>
<b>LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE</b>	<b>3</b>
➤ LA FORMATION ENCAISSANTE ET LA TECTONIQUE APPARENTE	3
➤ LES RESTES DE LA GROTTTE ET SON RÉSEAU KARSTIQUE	4
<b>HISTORIQUE DES DÉCOUVERTES</b>	<b>4</b>
<b>LE MATÉRIEL ARCHÉOLOGIQUE</b>	<b>5</b>
➤ LA FAUNE	5
➤ L'INDUSTRIE LITHIQUE	6
➤ LES DATATIONS ABSOLUES	8
<b>TECHNIQUES ET MÉTHODES D'ÉTUDE</b>	<b>8</b>
<b>DESCRIPTION DES UNITÉS SÉDIMENTAIRES</b>	<b>8</b>
<b>ÉLABORATION DE LA COUPE ET DU LOG STRATIGRAPHIQUE</b>	<b>8</b>
<b>ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES</b>	<b>9</b>
➤ DÉFINITIONS ET OBJECTIFS	9
➤ GRANULOMÉTRIE DE LA FRACTION SABLEUSE	9
➤ GRANULOMÉTRIE DE LA FRACTION LIMONO-ARGILEUSE	10
<b>CALCIMÉTRIE</b>	<b>11</b>
➤ DÉFINITION ET OBJECTIFS	11
➤ MÉTHODOLOGIE	11
➤ PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	11
<b>MESURE DE L'ACIDITÉ</b>	<b>12</b>
<b>MORPHOSCOPIE DES GRAINS DE QUARTZ</b>	<b>12</b>
<b>PRÉSENTATION DES RÉSULTAT</b>	<b>13</b>
<b>LOCALISATION DES COUPES</b>	<b>13</b>
<b>ÉCHANTILLONNAGE</b>	<b>14</b>
➤ PRÉLÈVEMENTS SÉDIMENTOLOGIQUES	14
➤ PRÉLÈVEMENTS MICROMORPHOLOGIQUES	15
➤ PRÉLÈVEMENTS PALYNOLOGIQUES	15
<b>DESCRIPTION DES UNITÉS SÉDIMENTAIRES OBSERVÉES LE LONG DES COUPES</b>	<b>15</b>
<b>STRATIGRAPHIQUES TRANSVERSALES J/K ET I/J</b>	<b>15</b>
<b>ÉVOLUTION DES CARACTÈRES GRANULOMÉTRIQUES ET MORPHOSCOPIQUES LE LONG DE LA COUPE J/K</b>	<b>19</b>
➤ LES POINTS COMMUNS À L'ENSEMBLE DU REMPLISSAGE	19
➤ ORIGINE DU CALCAIRE	19
➤ LE PROBLÈME DES QUARTZ ÉMOUSSÉS ET DE L'ARGILE	20
➤ LES DIFFÉRENTS ENSEMBLES DISCERNÉS	20
<b>CONCLUSION</b>	<b>22</b>

<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b>	<b><u>23</u></b>
<b><u>TABLE DES FIGURES ET DES PHOTOGRAPHIES</u></b>	<b><u>24</u></b>
<b><u>ANNEXE</u></b>	<b><u>25</u></b>
<b><u>TABLE DES MATIÈRES</u></b>	<b><u>26</u></b>