



Paléontologie humaine et préhistoire

Nouvelles données sur l'évolution paléoclimatique de l'époque magdalénienne, d'après l'étude lithostratigraphique du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, Vienne, France)

New data on the palaeoclimatic evolution during the Magdalenian: Results of a lithostratigraphical study of the Roc-aux-Sorciers cave (Angles-sur-Anglin, Vienne, France)

Emilie Bozet*, Jean-Claude Miskovsky

UMR 7194, histoire naturelle de l'homme préhistorique, du CNRS, département de préhistoire, MNHN, institut de paléontologie humaine, 1, rue René-Panhard, 75013 Paris, France

INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 10 mars 2009

Accepté après révision 15 mars 2010

Présenté par Georges Pedro

Mots clés :

Poitou-Charentes

Magdalénien

Stratigraphie

Sédimentologie

Paléoclimat

Oscillation d'Angles-sur-l'Anglin

Paléoenvironnement

France

RÉSUMÉ

Situé à quelques kilomètres d'Angles-sur-l'Anglin (Vienne, France), le Roc-aux-Sorciers a livré, dans les années 1927 et 1950, une industrie du Magdalénien moyen et supérieur. Les analyses des sédiments du remplissage attribués, par ailleurs, au stade isotopique 2, mettent en évidence deux séquences climatiques dans les six ensembles définis au cours des fouilles. Une première séquence, correspondant aux niveaux d'occupations du Magdalénien moyen et au début de l'occupation du Magdalénien supérieur (base du remplissage de l'abri) montre que le climat est globalement froid, et particulièrement humide, ce qui ne corrobore pas l'hypothèse de l'oscillation d'Angles-sur-l'Anglin (climat doux et humide) émise par Bastin en 1975. En fait, le climat évolue progressivement vers un léger réchauffement de la base au sommet de la stratigraphie. Au cours de la seconde séquence correspondant à la période d'occupation du Magdalénien supérieur, le climat, relativement constant, est un peu plus chaud et assez humide. Les données stratigraphiques et sédimentologiques apportent donc des informations nouvelles sur les conditions de dépôts du remplissage et sur la paléoclimatologie de la région du Poitou-Charentes au cours de l'occupation magdalénienne.

© 2010 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

ABSTRACT

Situated a few kilometres from Angles-sur-Anglin (Vienne, France), the Roc-aux-Sorciers cave has yielded in 1927 and 1950 industry of the Middle and Upper Magdalenian periods. Our analyses of the sedimentary filling, dated from isotope stage 2, demonstrate the existence of two climatic sequences in the six ensembles defined during the excavations. A first sequence, at the base of the cave filling, corresponds to the occupation levels of the Middle Magdalenian and of the early Upper Magdalenian. At that time, the climate was globally cold and particularly humid, a conclusion that does not support Bastin's 1975 hypothesis on the oscillation of Angles-sur-Anglin, which postulates a mild and humid climate. In fact, the climate evolved progressively towards a slight warming from the base to the top of

Keywords:

Poitou-Charentes

Magdalenian

Sedimentology

Paleoclimate

Oscillation of Angles-sur-Anglin

Palaeoenvironment

France

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : emilie.bozet@gmail.com (E. Bozet).

the stratigraphy. During the second sequence, corresponding to the occupation period of the Upper Magdalenian, the relatively stable climate was slightly warmer and quite humid. Stratigraphical and sedimentological data thus provide new information on the conditions under which the filling was deposited and on the palaeoclimatology of the Poitou-Charentes region during Magdalenian occupation.

© 2010 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Abridged English version

Introduction

The Roc-aux-Sorciers, in the vicinity of Angles-sur-Anglin (Fig. 1), is located at the base of Jurassic limestone cliffs.

The presence of Magdalenian industry was noted as early as 1927 by Rousseau (1933), while the excavations at St-Mathurin (Garrod and Saint-Mathurin, 1949; Saint-Mathurin, 1969, 1984) (1947 to 1957) have brought to light an exceptional frieze (Hammer et al., 1997) and a sedimentary sequence of the utmost importance for the knowledge of the period. Sedimentological analyses allow us to specify the paleoclimatic conditions of deposition and do not confirm Bastin's paleoclimatologic hypotheses on a "temperate oscillation of Angles-sur-Anglin" (Bastin, 1975a, 1975b).

Stratigraphy

The 310 cm-thick section (Fig. 2) comprises of six different ensembles entirely lacking traces of cryoturbation. From base to summit, six ensembles are observed, namely: the yellow ensemble (Ej, Middle Magdalenian) consists of four sub-ensembles and is characterised by a stony sediment embedded in a sandy and silty matrix. "Ej base" contains large amounts of stones, 9 to 10 cm in diameter, and a high percentage of fine sand and silt. "Red Ej" probably owes its colour to a high concentration of ochre. "Black Ej" has yielded many hearths. "Upper Ej" (Ej sup) contains poorly rounded heterometric stones, of a diverse nature at the base and homogeneous (limestone) at the top.

A zone of collapse of the rock face contains many blocks larger than 20 cm, a high percentage of stones of 9 to 10 cm, associated with a small percentage of sandy silts.

The orange ensemble (Upper Magdalenian) consists of small elements of limestone in a silty sediment. The granulometric curves of the fine fractions and the morphoscopy of the quartz are those of a loessic silt.

In the sediments, dated Upper Magdalenian, by their industrial artifacts, we find an abundance of limy elements of 1 to 2 cm embedded in a sandy and silty sediment. The top of Em (Fig. 2) contains a high percentage of limestone blocs of over 20 cm. The granulometric curves of fine fractions are those of a sorted sediment, an aeolian deposit.

Methods

The granulometric analyses of particles under 2 mm were performed on the unprocessed sediment with a Coulter LS-230 granulometer in the sedimentology labora-

tory of Tautavel. Mineralogical analyses of clay fractions were performed on three preparations for each sample (natural, glycoled, heated tests) by using the Holtzapffel protocol (Holtzapffel, 1985). The samples were analysed in the sedimentology laboratory of Lille 1 with the Philips Cu anticathod X-ray diffractometer. Diffractograms were interpreted semi-quantitatively with the Macdoff software. Calcimetry on the fraction of unprocessed sediment under 2 mm was done on Bernard's calcimeter in the Lille 1 laboratory of sedimentology. Quartz exoscopy was studied in Tautavel with the scanning electron microscope Philips XL30 ESEM and the dispersive energy microprobe EDAX. Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) were studied in the laboratory of biomineralisations and paleoenvironments (UMR 7193, IStEP) of UPMC with a Duallnet mass spectrometer, while major and trace elements were analysed by ICP-AES and ICP-MS at the CRPG, Nancy. Heavy minerals were investigated at the Institute of Human Paleontology, Paris.

Results and discussion

In a study of the rock face, BRGM (Baltasset et al., 1994) observed many cracks and fractures. The instability of the cliff explains the presence of numerous fallen blocks and stones of limestone in the filling of the Bourdois cave. However, one does not find as many stones and blocks over the whole stratigraphical column. Other factors must therefore have favoured fragmentation of the wall, such as microseisms (Alimen, 1950; Saint-Mathurin, 1984), fluid circulation or the action of frost or thawing.

Two sedimentary sequences are observed, leading to the definition of two climatic sequences.

Results on the Ej ensemble (Middle Magdalenian) show a high concentration of rounded quartz, frequent signs of dissolution, a high percentage of coarse sands, a significant percentage of kaolinite and smectite, and three important peaks of 9 to 10 cm-size stones (Fig. 3). A high degree of humidity is suggested by these observations and confirmed by the presence, in late fillings of cracks, of palygorskite deposited in sediments of the cave from water that trickled down the cliff.

The succession of colours over a small thickness of sediment, the peak of coarse sands and the three peaks of 9 to 10 cm-size stones are indicative of a cold climate (Fig. 5). Thus Bastin's hypothesis on an oscillation at Angles-sur-Anglin, defining a mild and humid climate, is not supported.

The area of collapse, showing blocks larger than 10 cm and numerous stones of 9 to 10 cm, may be a result of microseisms rather than of extreme cold.

The orange ensemble (beginning of the Upper Magdalenian) is characterised by a predominance of small stones, a decrease of the percentage of coarse sands, less roun-

ded quartz (Fig. 4) and well-sorted sediments. These results may indicate a drier climate and input by wind, followed by reworking of sediments by water and deposition from water trickling over the site (Figs. 3 and 5).

In ensembles Em, Eg, Eb (Upper Magdalenian), the quite stable percentage of 1 to 2 cm-size stones is dominant and the proportion of $\delta^{13}\text{C}$ has changed from -3.5 to -7% , suggesting a milder climate (Fig. 5). The stable percentages of coarse sands and silts (Fig. 3), the rounded, shiny and unfragmented quartz, the high and constant proportion of smectite (55%), the percentage of kaolinite (25%) and the high proportion of palygorskite (5%), are evidence for transport over a short distance under humid conditions.

Comparative study of sites containing remains of Magdalenian industry

Other sites in the area display an industry attributed to the Magdalenian. While Magdalenian art is very well-known, the sedimentary sequences, where they exist, remain little or not at all studied. In the La Madeleine cave, an eponymous Magdalenian site, Bouvier (1977) describes a cold and very humid climate during the Middle Magdalenian (similar to the results at Roc-aux-Sorciers), followed by a drying at the beginning of the Upper Magdalenian. During the Upper Magdalenian, the climate oscillates between cold and milder. The description of the stratigraphy of the La Marche cave (Lussac-les-Châteaux, Vienne) is relatively succinct and the Chauffaud cave (Savigné, Vienne) has a poorly preserved stratigraphy (Airvaux, 2001; Vialou, 2004). The filling of the Montgaudier cave (Montbron, Charente) was studied by Debenath (1974). An Upper Magdalenian industry is known at Chaire-à-Calvin (Mouthiers-sur-Boème, Charente). According to Bouvier and Debenath (Bouvier, 1976; Bouvier and Debenath, 1969; Sonnevilles-Bordes, 1986), the study of sedimentology reveals a general decrease of the cold and a relatively high humidity during the whole of the Upper Magdalenian. The Bois-Ragot cave (Gouex, Vienne) contains Upper Magdalenian industries and the bulk of studies (sedimentology, fauna, palynology (Chollet et al., 1979; Marquet, 2005)) indicate a relatively cold and dry climate that became slightly less cold and more humid during this period (these conclusions are similar to those obtained at Roc-aux-Sorciers by the study of sedimentology).

Conclusion

Sedimentological analyses carried out at Roc-aux-Sorciers have demonstrated the existence of two sedimentary ensembles, corresponding to two climatic sequences:

- (1) a cold and humid climate at the base of the filling (Ej, Middle Magdalenian). This conclusion does not support Bastin's hypothesis on the Angles-sur-Anglin oscillation (a temperate and humid climate);
- (2) above (Upper Magdalenian), a climate milder than in the Middle Magdalenian, first comparatively dry, then progressively more humid;

- (3) this climate trend appears to be confirmed by results from other disciplines (fauna and microfauna: under study);
- (4) it will be interesting to compare these results with new sets of analyses on the other Magdalenian sites of the area, in order to understand better the environment of the humans who invented cave paintings.

1. Introduction

Situé sur la commune d'Angles-sur-l'Anglin (Vienne), au pied de falaises calcaires oolithiques du Jurassique qui dominent la rive droite de l'Anglin (Fig. 1), l'abri du Roc-aux-Sorciers est devenu, par suite de la mise au jour d'une frise magdalénienne de 18 m de long, sculptée sur la paroi de la falaise (Iakovleva et Pinçon, 1998) et par une importante séquence sédimentaire de 3,10 m d'épaisseur, un site de référence pour la climatologie de cette période, apogée de l'art pariétal paléolithique. L'existence d'une industrie magdalénienne a été attestée dès 1927 par Rousseau (1933). Les fouilles conduites de 1947 à 1957 par Saint-Mathurin et Garrod (Garrod et Saint-Mathurin, 1949; Saint-Mathurin, 1969, 1984) ont confirmé cette occupation magdalénienne, en mettant au jour non seulement l'existence de la frise classée par les Monuments historiques en 1955 et attribuée au Magdalénien moyen, mais aussi de la séquence stratigraphique exceptionnelle qui y est associée. L'un des intérêts majeurs de la frise sculptée, réunissant toutes les techniques de l'art paléolithique (peinture, gravure et surtout sculpture), est le lien direct qui a pu être établi entre la couche archéologique du Magdalénien moyen (datée de $14\,160\text{ BP} \pm 80$, GrN-1913, (Vogel et Waterbolk, 1963)) et les panneaux figuratifs de la frise. En effet, l'œuvre pariétale a été datée par une approche stylistique caractérisant le Magdalénien moyen et par le fait que des fragments de cette frise ont été retrouvés au sein même des couches archéologiques. De plus, la présence des magdaléniens est attestée par l'existence de foyers importants, associés à beaucoup de matériels typiques du Magdalénien moyen. Ceci permet de replacer l'ensemble dans un double contexte archéologique précis : œuvre d'art et lithostratigraphie paléoenvironnementale (Iakovleva et Pinçon, 1998; Pinçon, 2008). Cet aspect d'art pariétal et de sédimentation est donc particulièrement intéressant pour suivre l'évolution du climat et des paléoenvironnements durant la période de transition du pléniglaciaire au tardiglaciaire, qui reste encore un sujet de controverse.

Par la palynologie, Bastin (Bastin, 1975a, 1975b) a reconnu une oscillation tempérée, correspondant à la période d'occupation du Magdalénien moyen. Cet événement dénommé « oscillation d'Angles-sur-l'Anglin », correspond, selon Bastin, à un réchauffement du climat, situé entre les oscillations de Lascaux et de pré-Bölling.

Une récente campagne de prélèvements, destinée à une étude pluridisciplinaire, permet, à partir de l'application des techniques modernes dont celles de sédimentologie, de préciser les origines et les conditions paléoclimatiques de mise en place de l'ensemble des dépôts et de nuancer

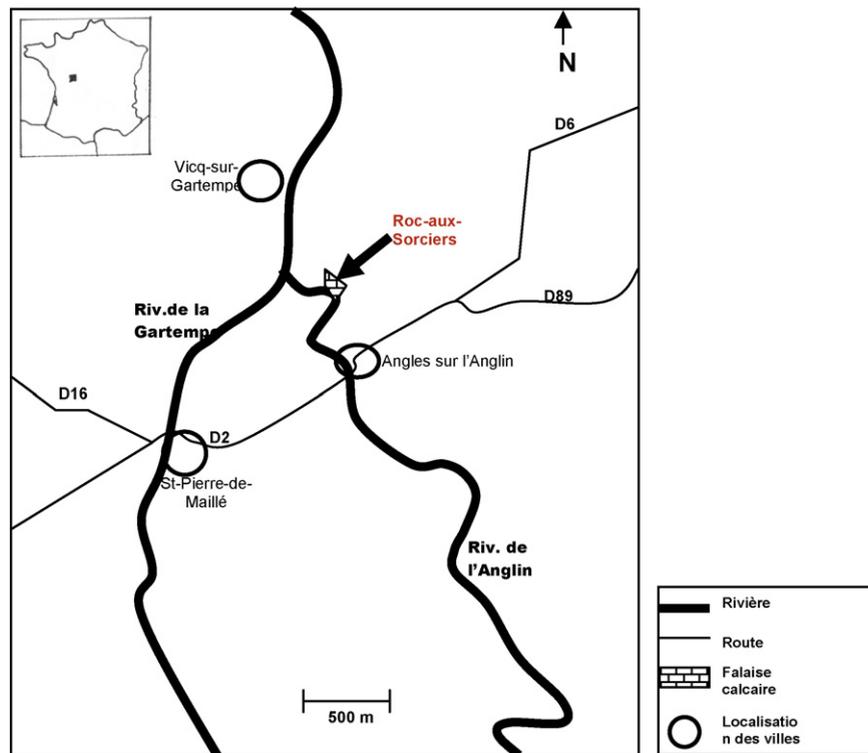


Fig. 1. Localisation géographique du Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). Le site du Roc-aux-Sorciers, exposé plein sud, est situé au pied d'une falaise calcaire du Jurassique (calcaire blanc de l'Oxfordien moyen et supérieur) et au bord de la rivière de l'Anglin. Les alentours de la vallée de l'Anglin sont constitués de trois grands types de calcaires du Jurassique (calcaires blancs de l'Oxfordien moyen et supérieur, calcaires marneux coralliens et récifaux de l'Oxfordien supérieur, calcaires à mollusques de l'Oxfordien supérieur) et de sédiments du Crétacé.

Fig. 1. Geographic localisation of « Roc-aux-Sorciers » (Angles sur l'Anglin, Vienne). The Roc-aux-Sorciers cave, exposed to the south, is located at the bottom of a cliff of Jurassic limestone (white limestone of the Middle and Upper Oxfordian) on the bank of the Anglin river. The surrounding area is composed of three types of Jurassic limestones (white limestone of the Middle and Upper Oxfordian, marly and reef limestones of the Upper Oxfordian and mollusc-bearing limestone of the Upper Oxfordian), and of Cretaceous sediments.

les interprétations de Bastin. Par ailleurs, des datations ont été effectuées dans plusieurs laboratoires (Vogel et Waterbolk, 1963) ce qui permet de bien cadrer notre travail.

2. Les données récentes de la stratigraphie de l'abri Bourdois

Les noms attribués aux différentes couches sédimentologiques identifiées sur la coupe ont pu être corrélés aux niveaux archéologiques définis par Saint-Mathurin et Garrod lors de leurs fouilles. Notre étude a été réalisée sur la coupe de 3,10 m d'épaisseur, mise au jour dans l'abri Bourdois à 4,5 m en face de la paroi sculptée. Deux niveaux d'occupations, Magdalénien moyen et supérieur, y ont été mis en évidence. Six ensembles sédimentaires, dont un niveau comporte des éléments essentiellement dus à un effondrement de la paroi, ont pu être isolés (Fig. 2). De la base vers le sommet, on observe la succession suivante.

2.1. L'ensemble jaune (Ej) attribué au Magdalénien moyen

Cet ensemble, de couleur jaune clair, de 50 cm d'épaisseur, a pu être subdivisé en quatre sous-ensembles.

Il constitue le niveau le plus ancien de la stratigraphie et se caractérise par un sédiment caillouteux emballé dans une matrice sablo-limoneuse. Le sous-ensemble de la base (Ej base), possédant une forte proportion de pierres de diamètre de 9 à 10 cm, est également caractérisé par un fort pourcentage de sables fins et de limons et sa couleur jaunâtre serait, selon Saint-Mathurin (1969), le résultat de l'arénisation du calcaire oolithique de la roche encaissante et la couleur rougeâtre du sous-ensemble Ej rouge, au-dessus de Ej base, pourrait provenir d'une forte concentration d'ocre (Saint-Mathurin, 1969). On y observe une accumulation de pierres de grandes tailles et de sables grossiers associés à une petite quantité d'éléments fins. Les pierres, de nature pétrographique hétérogène, sont arrondies, très corrodées et parfois fragmentées. Ej noir, sous-ensemble surmontant Ej rouge, dans lequel ont été retrouvées des dalles peintes renversées, une rotule et une tête de fémur (Saint-Mathurin, 1984), contient également de nombreux foyers. Au sommet de cet ensemble jaune (Ej sup) dont les pierres sont hétérométriques, de formes variées, peu arrondies, un nouveau pic de pierres de diamètre de 9 à 10 cm est présent. Leur nature pétrographique est hétérogène à la base de Ej sup, mais homogène (calcaire) à sa partie supérieure.

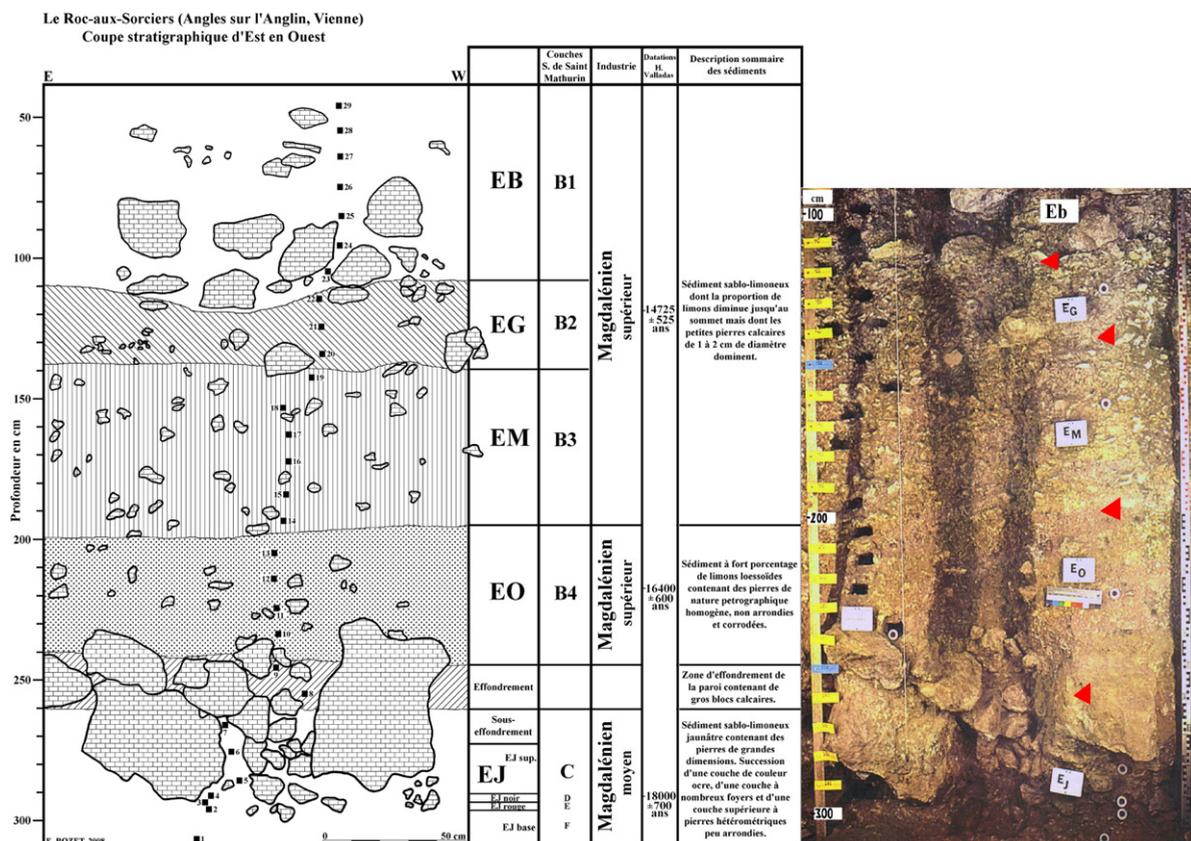


Fig. 2. Coupe stratigraphique d'est en ouest du Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). Les noms attribués aux différentes couches de sédiments utilisés dans la description stratigraphique sont corrélés aux couches archéologiques définies par Saint-Mathurin et Garrod lors de leurs fouilles. La coupe de 310 cm d'épaisseur montre trois niveaux d'occupations : Magdalénien moyen, début du Magdalénien supérieur et Magdalénien supérieur. Les prélèvements sédimentologiques ont été réalisés sur l'ensemble de la coupe en continuité.

Fig. 2. East-west stratigraphic section of the Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). The names given to the various strata in the stratigraphical description have been correlated with the archeological beds defined by Saint-Mathurin and Garrod during their excavations. The 310 cm-thick section shows three levels of occupation: Middle Magdalenian, beginning of the Upper Magdalenian and Upper Magdalenian. Sediments were sampled in continuity over the whole section.

2.2. L'ensemble effondrement (Ee)

D'une épaisseur de 20 cm en moyenne, cet ensemble provient très probablement d'un effondrement de la paroi. En effet, il contient de nombreux blocs calcaires non orientés de taille importante (> 10 cm) et un fort pourcentage de pierres de 9 à 10 cm de diamètre. Les pierres, non arrondies et corrodées de composition pétrographique voisine de celle de la paroi, sont associées à un faible pourcentage de limons sableux.

2.3. L'ensemble orange (Eo) contenant une industrie attribuée au début du Magdalénien supérieur

De petits éléments calcaires non arrondis et corrodés, dans un sédiment possédant un pourcentage élevé de granules et de limons, caractérisent cet ensemble de couleur claire, de 40 cm d'épaisseur.

2.4. L'ensemble marron (Em) contenant une industrie attribuée au Magdalénien supérieur

Dans cet ensemble (60 cm d'épaisseur), de nombreux éléments calcaires de 1 à 2 cm emballés dans un sédiment sablo-limoneux marron forment 50% des fractions grossières. Un pic relativement important de blocs calcaires de taille supérieure à 20 cm se situe au sommet. Les pierres possèdent des arêtes faiblement marquées.

2.5. L'ensemble gris (Eg) contenant une industrie du Magdalénien supérieur

Une proportion importante de blocs calcaires de taille supérieure à 20 cm se retrouve à la base de Eg. Les blocs, associés à un sédiment sablo-limoneux grisâtre, sont moins importants que précédemment. Les pierres arrondies et de petites tailles (1 à 2 cm) dominant.

2.6. L'ensemble blanc (Eb) contenant une industrie attribuée au Magdalénien supérieur

Des blocs de 20 à 30 cm de diamètre et des fractions fines sablo-limoneuses sont observés en grande quantité dans cet ensemble de 70 cm d'épaisseur. Les pierres, de formes très variées, et les blocs sont de nature pétrographique homogène. À la base de Eb, nous observons des plaquettes de 2 à 5 cm de diamètre présentant des arêtes franches caractéristiques de périodes froides, que nous ne retrouvons pas dans la partie supérieure de cet ensemble où les pierres de tailles inférieures à 6 cm sont relativement abondantes.

3. Méthodologie

Les prélèvements sédimentologiques ont été effectués en continuité sur l'ensemble de la coupe (Fig. 2).

Les analyses granulométriques des fractions fines ($d < 2$ mm) ont été réalisées au laboratoire de sédimentologie du Centre Européen de Recherche Préhistorique de Tautavel sur le sédiment brut avec le granulomètre à diffusion laser Coulter LS-230.

L'analyse minéralogique des fractions argileuses, réalisée en appliquant le protocole de Holtzapffel (Holtzapffel, 1985), a été effectuée sur trois préparations pour chaque échantillon, essais naturel, glycolé et chauffé. Les échantillons ont été analysés au laboratoire de sédimentologie de l'Université de Lille-1, en collaboration avec le C2RMF sur un diffractomètre à rayons X Philips à anticathode de cuivre. Une interprétation qualitative et semi-quantitative (marge d'erreur 5 %) des diffractogrammes, en prenant en considération la surface d'une réflexion, a été effectuée en utilisant le logiciel Macdiff.

L'étude calcimétrique, réalisée sur la fraction inférieure à 2 mm du sédiment brut, a été effectuée par le calcimètre de Bernard au laboratoire de sédimentologie de Lille-1.

La morphoscopie et l'exoscopie des grains de quartz ont été réalisées à Tautavel, en utilisant le Microscope Électronique Environnemental à Balayage, Philips XL30 ESEM, et la microsonde à énergie dispersive EDAX.

L'étude des minéraux lourds a été réalisée à l'Institut de Paléontologie Humaine de Paris en utilisant le protocole mis au point par Duplaix (1958).

Les analyses des isotopes stables du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) ont été effectuées au laboratoire de biominéralisations et de paléoenvironnements de l'UPMC en utilisant un spectromètre de masse DualInlet (à double introductions et triple collecteurs).

4. Résultats

4.1. Étude de l'environnement

Afin de mieux comprendre les origines et les conditions de mise en place des sédiments du remplissage de l'abri Bourdois du site du Roc-aux-Sorciers, une campagne de prospections et de prélèvements a été effectuée dans les différentes formations géologiques environnantes. Les analyses des sédiments marron foncé du plateau

au-dessus du site montrent qu'ils sont mal triés et constitués d'un faible pourcentage de cailloux de petites tailles (50 mm) et de très peu de pierres de 8 cm de diamètre. Cet ensemble caillouteux est emballé dans une matrice sablo-limoneuse. Le pourcentage de CaCO_3 est particulièrement faible (5 % environ). Concernant les fractions argileuses, les pourcentages de smectite (45 %) et de kaolinite (32 % environ) sont proches de ceux existants dans le site. L'illite est présente en faible pourcentage (20 % en moyenne) et le taux de chlorite est faible (10 % environ). Ces résultats montrent que les sédiments du Roc-aux-Sorciers peuvent, en partie, provenir du plateau. Cependant, la palygorskite, présente dans le remplissage, ne se retrouve pas dans les sédiments de l'environnement. D'autre part, les interstratifiés chlorite-vermiculite apparaissent en grande quantité sur le plateau (environ 55 %), alors qu'aucun interstratifié n'est identifié dans les sédiments de l'abri. Ces résultats confirment bien que les sédiments du plateau situé juste au-dessus du remplissage ne sont pas l'apport principal des sédiments de l'abri.

Les sédiments du plateau situé en face du gisement, sur la rive gauche de l'Anglin, sont composés de pierres de 1 à 2 cm de diamètre emballées dans une matrice sablo-limoneuse. Le pourcentage de carbonate est de 20 % en moyenne et reste donc assez éloigné du taux de CaCO_3 de l'abri (en moyenne 50 %). Ces sédiments ne semblent donc pas être une source d'apport des sédiments présents dans le remplissage de l'abri.

Nous avons pu établir une carte de répartition du cortège de minéraux argileux situant les différentes zones où se retrouvent les argiles présentes dans la coupe stratigraphique avec des proportions relativement proches (Barrier et Gagnaison, 2005). Ainsi, la plupart des argiles ont pu être apportées par le vent orienté vers le sud (sud-ouest et sud-est) et éventuellement par un vent orienté nord-est. La minéralogie de la fraction argileuse montre deux grands ensembles distincts dans le remplissage sédimentaire du Roc-aux-Sorciers, ce qui peut suggérer des origines différentes selon les périodes.

Pour les sédiments du Magdalénien moyen (Ej), un apport important d'argiles provient des zones à kaolinite, située au nord du site du Roc-aux-Sorciers.

En ce qui concerne les ensembles Eo, Eg, Eb (industrie du Magdalénien supérieur), les zones contenant surtout de la smectite, au sud du site, sont les endroits principaux d'approvisionnement de celle-ci. Cependant, les zones constituées de kaolinite continuent d'approvisionner le site, mais en plus faible quantité.

L'étude des minéraux lourds, réalisée sur la fraction III (de 0,160 à 0,040 mm), montre un cortège minéralogique homogène sur l'ensemble du remplissage de l'abri, constitué d'hornblende verte et de tourmaline dominantes (25 % environ), de sphène, d'épidote et de grenat (entre 7 et 8 %), de zircon et de staurotite avec un pourcentage compris entre 6 et 5 %, de disthène, de rutile et de sillimanite (environ 3 %) et enfin de zoisite et d'hypersthène (environ 2 %). Cette composition est identique à celle des sédiments du plateau, ce qui laisse supposer un transport sur une faible distance.

Des origines plus lointaines peuvent être envisagées pour ces minéraux lourds retrouvés dans le remplissage de l'abri (Barrier et Gagnaison, 2005). Au sud du Roc-aux-Sorciers, au bord de la rivière de l'Anglin, nous trouvons de l'hornblende verte que nous avons en grande quantité dans le remplissage du site. Dans ce cas, l'hornblende verte n'a pu être apportée dans le site que par la rivière. Au nord du site du Roc-aux-Sorciers, nous avons de la tourmaline, du grenat, de la sillimanite, de l'épidote et de l'hornblende verte qui ont pu être amenés dans le site par le vent orienté sud-ouest et sud-est.

Ainsi, les analyses effectuées dans l'environnement montrent que la plus grande partie des sédiments du remplissage a été transportée dans les fissures de la roche encaissante et l'autre partie, plus lointaine, a été apportée par la rivière et le vent.

4.2. Les sédiments du remplissage

Nous avons vu que l'étude de l'ensemble des pierres (granulométrie, morphométrie, corrosion) et blocs présents dans l'abri Bourdois montre qu'ils proviennent essentiellement du calcaire de la paroi. En effet, des études de la paroi, réalisées par le BRGM en 1994 (Baltasset et al., 1994), utilisant la méthode géoradar basée sur le principe de propagation des ondes radar dans les sols et dans les roches, met en évidence une série d'anomalies majeures correspondant à des fissures, fractures et décollements de la falaise. L'abondance des pierres calcaires dans le remplissage de l'abri (Barrier et Gagnaison, 2005) peut donc s'expliquer par l'instabilité de la paroi. Cependant, nous ne retrouvons pas la même quantité de pierres et blocs dans toute la stratigraphie ce qui implique l'existence d'autres facteurs ponctuels qui ont favorisé la fragmentation de la paroi : microséismes possibles du fait de la présence de petites failles (Alimen, 1950 ; Saint-Mathurin, 1988), circulation de fluides entre les fissures, mais aussi action ponctuelle du gel et du dégel dans des conditions climatiques plus rigoureuses. Les différents facteurs climatiques et mécaniques provoquant le démantèlement de la falaise, la chute de blocs et de fragments de calcaires ont ainsi participé très largement au remplissage de l'abri et peuvent être bien localisés dans le temps.

Les analyses sédimentologiques des fractions fines (granulométrie, minéralogie des sables et des fractions argileuses, morphoscopie et exoscopie des quartz et géochimie) mettent en évidence deux grandes séquences dans le remplissage du site (Fig. 3) :

- à la base, une première séquence comprise entre 310 et 200 cm correspondant à une occupation du Magdalénien moyen (datations : couche C : $14\,770 \pm 140$, GifA94190 et couche E : $14\,510 \pm 160$, Gif194191 (Iakovleva et Pinçon, 1998 ; Vogel et Waterbolk, 1963)) peut être subdivisée en deux ensembles sédimentaires. De 310 à 260 cm où il a été mis au jour une industrie du Magdalénien moyen, le pourcentage de carbonates est de 30 % en moyenne ; celui de kaolinite et de smectite est plus ou moins identique avec 40 % environ de smectite et 35 % de kaolinite et la quantité de chlorite est à son maximum (20 % en moyenne). Concernant la granulométrie, les pourcentages de limons (25 % environ) et de pierres de

1 à 2 cm de diamètre (environ 30 %) sont faibles par rapport aux pierres de grandes tailles ou aux pourcentages des sables fins et grossiers. Les courbes granulométriques des fractions fines ($d < 2$ mm) ainsi que l'aspect rond mat dominant des quartz mettent en évidence, dans les fractions fines, un limon lœssoidé, témoin d'apports par le vent, repris ensuite, en grande partie, par ruissellement au moment de la mise en place définitive. Les sédiments dans lesquels a été mise au jour une industrie du début Magdalénien supérieur (240 à 200 cm de profondeur) se définissent par une augmentation du pourcentage de limons et de carbonates (de 30 % à 45 %), une augmentation régulière du pourcentage de la smectite (de 40 % à 55 %), une diminution de la kaolinite (de 35 % à 25 %) et de la chlorite (de 20 % à 10 %) de la base vers le sommet ;

- la seconde séquence sédimentaire (Magdalénien supérieur), située au-dessus de la précédente (datations : couche B4 : $13\,720 \pm 140$, GifA94192 et $10\,800 \pm 120$ GrN 2912 (Iakovleva et Pinçon, 1998)), se caractérise par une augmentation progressive de CaCO_3 de 40 % à 70 % de la base vers le sommet, une stabilité des pourcentages relatifs de smectite (45 %), kaolinite (25 %), chlorite (20 %) et illite (10 %) et un pourcentage important et relativement stable des pierres de 1 à 2 cm de diamètre (50 % de l'ensemble des pierres), de même qu'un fort pourcentage de limons (40 % de la fraction fine) restant approximativement identique sur les ensembles Em, Eg, Eb. Les courbes granulométriques des fractions fines témoignent de sédiments bien triés caractéristiques de dépôt éolien.

5. Interprétation et discussion

L'ensemble Ej contenant une industrie attribuée au Magdalénien moyen est caractérisé par l'abondance de cailloux de petites tailles. Cependant, à trois reprises (au niveau de S1, S3 et S6), les pierres de 9 à 10 cm de diamètre atteignent 20 % à 30 %, laissant suggérer que l'intensité de l'eau circulant dans les fissures et fractures de la paroi a été plus forte durant ces trois périodes (Fig. 3). Nous pouvons donc émettre l'hypothèse d'une forte humidité à l'époque du Magdalénien moyen qui s'appuie également sur la forte concentration de grains de quartz émoussés luisants typiques et sur de nombreuses dissolutions mises en évidence par l'exoscopie (Fig. 4a et b) et le fort pourcentage de sables grossiers (30 % en moyenne) dans tout l'ensemble jaune. L'importance des sables grossiers et la très faible présence de grains cassés impliquent un transport sur une faible distance. La palygorskite (1 % à 2 %), phyllosilicate à texture fibreuse relativement peu commun qui existe dans les remplissages tardifs des fissures, se retrouve à la base et au sommet de cet ensemble. Lors de périodes humides, l'eau circulant dans les nombreuses fissures de la paroi a favorisé le dépôt d'une partie de la palygorskite présente dans ces interstices.

La succession de niveaux de couleurs distinctes (jaune, ocre, noire) de faible épaisseur (moins de 10 cm), le pic de sables grossiers (60 % en moyenne) au niveau de S3 et l'alternance des trois pics de pierres de 9 à 10 cm avec des couches sans pierres de grandes tailles mettent en évidence un climat relativement humide avec des périodes courtes de refroidissement.

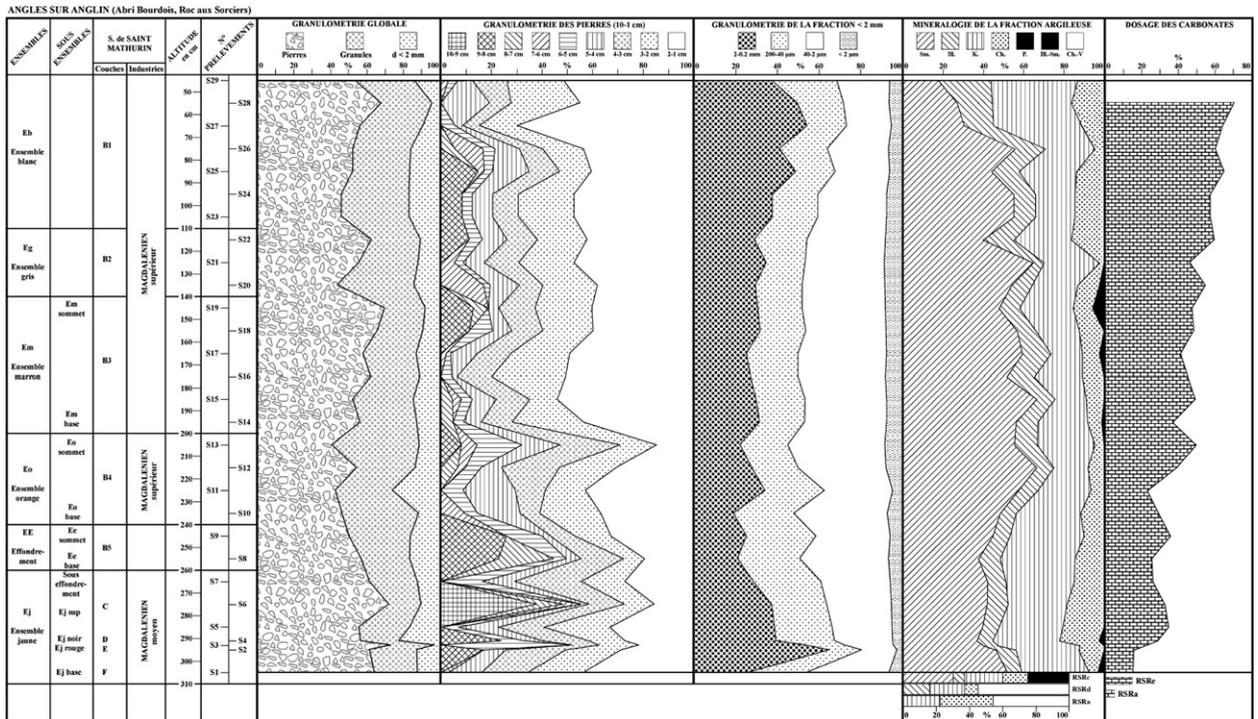


Fig. 3. Sédimentologie du remplissage de l'abri du Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). Les données sédimentologiques : granulométrie, variations des pourcentages de carbonates et de la fraction argileuse mettent en évidence deux séquences sédimentaires montrant deux séquences climatiques : la première séquence, de 310 à 200 cm de profondeur, dont l'industrie est attribuée au Magdalénien moyen et à la base du Magdalénien supérieur, montre un climat humide et relativement froid ; la seconde séquence, de 200 à 50 cm de profondeur, (Magdalénien supérieur) suggère un climat un peu plus chaud et relativement humide.

Fig. 3. Sedimentology of the filling of the Roc-aux-Sorciers cave (Angles sur l'Anglin, Vienne). The sedimentological data (granulometry, percentage variations of carbonates and of the clay fraction) show two sedimentary sequences highlighting two climatic sequences: the first sequence (depth between 310 and 200 cm), with an industry dated Middle Magdalenian and base of the Upper Magdalenian, indicates a humid and relatively cold climate; the second sequence (200 to 50 cm depth, Upper Magdalenian) suggests a slightly warmer and relatively humid climate.

Ainsi, l'hypothèse de Bastin, d'un climat doux et très humide ne semble pas se corréler avec nos résultats sédimentologiques. Un climat humide et froid serait plus probable pour caractériser le paléoclimat de ce Magdalénien moyen (Fig. 5). Cette hypothèse est confortée par l'étude des faunes et de la microfaune, actuellement en cours.

La zone d'effondrement, marquée par de nombreux blocs calcaires compacts, sans arêtes franches, de diamètre supérieur à 20 cm et par 20 à 25% de pierres de 9 à 10 cm, ne peut être le résultat d'un froid très rigoureux mais laisse suggérer l'action de microséismes provoqués par les failles alentour qui accentuent la fragilité naturelle de la paroi.

L'ensemble orange contenant une industrie du début du Magdalénien supérieur se caractérise par une dominance des pierres de petites tailles (< 5 cm), une disparition des pierres de 9 à 10 cm de diamètre, des grains de quartz moins émoussés que dans Ej et la diminution importante de la proportion des sables grossiers (30% en moyenne). Le pourcentage des limons a légèrement augmenté et présente des variations de 10% environ (Fig. 3). Les grains de quartz sont émoussés avec des traces de chocs ou croisants de choc (Fig. 4c) et les sédiments sont bien triés. Ceci laisse supposer qu'il y a eu un apport par le vent, puis

reprise des sédiments par l'eau et déposé par ruissellement dans l'abri. L'analyse du $\delta^{13}\text{C}$ montre une diminution de sa valeur passant de $-3,5\%$ au Magdalénien moyen à -7% au Magdalénien supérieur (Fig. 6). L'ensemble des données suggère, donc, un climat relativement plus sec et plus chaud qu'au Magdalénien moyen. Cependant, des marques de dissolution sont toujours présentes sur plusieurs grains de quartz laissent supposer que le climat n'est que légèrement plus sec (Fig. 5). Au sommet, l'apparition de 10% de pierres de 9 à 10 cm de diamètre, la diminution importante des pierres de 1 à 2 cm et le pic de granules de 8 à 10 mm évoquent une évolution dans l'intensité des circulations hydriques à travers la falaise, favorisant le délitage mécanique de la roche encaissante.

Dans la deuxième séquence sédimentaire (ensemble marron, gris et blanc correspondant à une industrie attribuée au Magdalénien supérieur), nous avons vu précédemment que le taux de carbonates augmentait régulièrement de la base (40%) vers le sommet (70%). Le pourcentage de pierres (Fig. 3) de diamètre compris entre 1 et 2 cm est dominant et relativement constant (50% du poids total des pierres) évoquant des conditions climatiques relativement humides. Il en est de même pour les pourcentages de sables grossiers et de limons contenant des grains de quartz essentiellement émoussés luisants

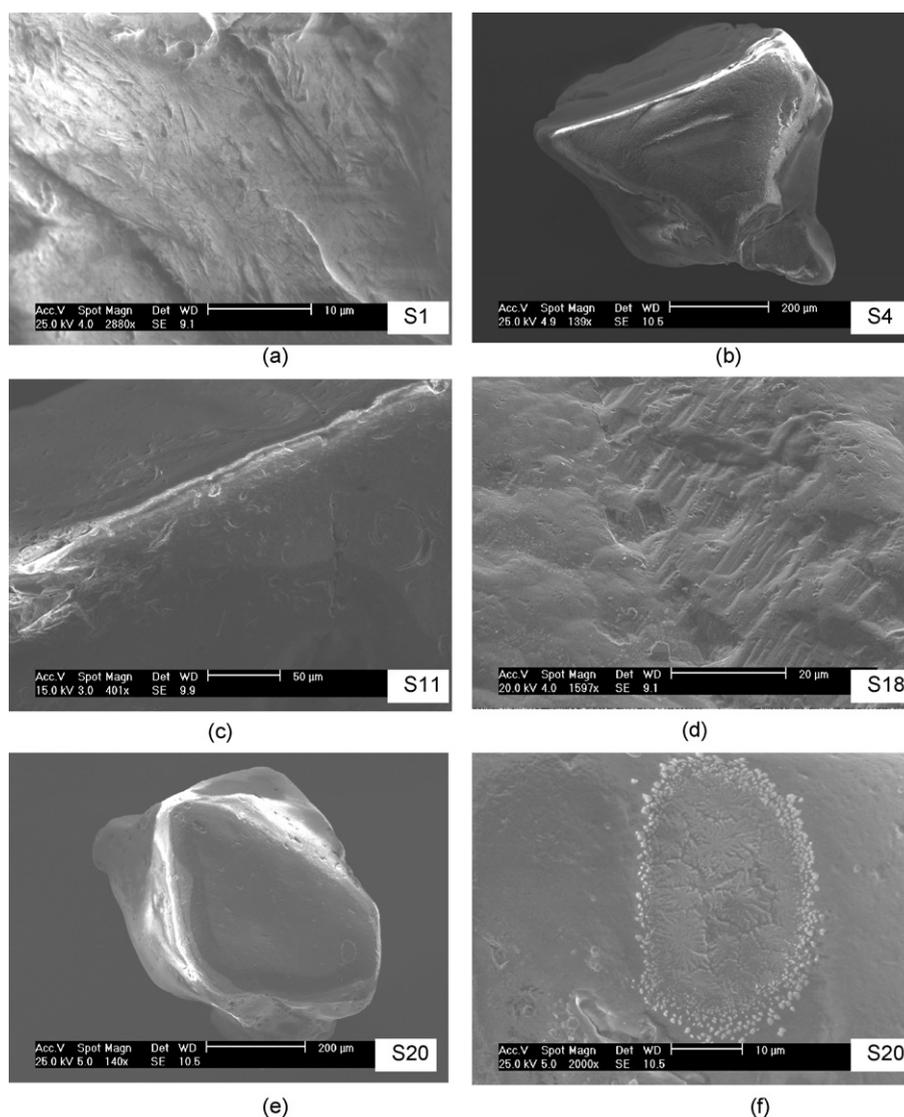


Fig. 4. Abri du Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). Exoscopie des grains de quartz observés dans les différents niveaux d'occupation magdalénienne. a (Magdalénien moyen). Le quartz montre une surface polie, recoupée de marques de chocs mécaniques. b (Magdalénien moyen). Le quartz, émoussé luisant laisse supposer un milieu relativement humide. c (Magdalénien supérieur). Le grain à surface lisse possédant des marques de choc et présentant des indices d'éolisation met en évidence un climat moins humide. d (Magdalénien supérieur). On observe des marques de dissolution d'origine pédologique supposant une humidité relativement importante. e et f (détail du grain précédent, Magdalénien supérieur). On peut voir un grain lisse, peu usé et constitué d'une zone à fleurs de silice traduisant une altération pédologique en relation avec une immobilisation du grain.

Fig. 4. Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). Exoscopy of quartz grains observed in the various Magdalenian occupation levels. a (Middle Magdalenian). Quartz shows a polished surface with marks of impact. b (Middle Magdalenian). Rounded shiny quartz suggests a comparatively humid climate. c (Upper Magdalenian). Polished grain showing impact marks and signs of eolisation indicate a less humid climate. d (Upper Magdalenian). We observe pedologic dissolution marks, suggesting quite important humidity. e and f (detail of previous grain, Upper Magdalenian). The grain is smooth, with silica flowers, and shows pedologic weathering during its immobilisation.

(avec un net polissage), non altérés et non fragmentés, possédant des marques de dissolution d'origine pédologique (Fig. 4d) ce qui laisse supposer un transport et une mise en place sur une courte distance dans des conditions humides. Ces résultats sont confortés par la présence de grains de quartz lisses (Fig. 4e et f), peu usés (possédant des voiles de fleurs de silice traduisant une altération pédologique due à une immobilisation du grain) dans l'ensemble gris.

Par l'étude de la géochimie des isotopes du carbone ($\delta^{13}\text{C}$), il a été également possible de déterminer la variation du $\delta^{13}\text{C}$ sur l'ensemble de la coupe stratigraphique (Fig. 6). Les résultats ont été comparés à ceux du site de Villars (Dordogne) dans lequel d'autres analyses ont été effectuées. L'interprétation de cette variation de $\delta^{13}\text{C}$ se base sur le fait qu'elle est liée à la densité de végétation et à l'activité biopédologique qui, elles-mêmes dépendent du climat. Un $\delta^{13}\text{C}$ élevé correspondrait donc à un climat

ANGLES SUR ANGLIN (Abri Bourdois, Roc aux Sorciers)

ENSEMBLES	SOUS ENSEMBLES	DESCRIPTION SOMMAIRE	S. de SAINT MATHURIN		ALTITUDE en cm	N° PRELEVEMENTS	ESSAI DE PALEOCLIMATOLOGIE				INTERPRETATION CLIMATIQUE
			Couches	Industries			Froid	Chaud	Sec	Humide	
Eb Ensemble blanc		Nombreux blocs calcaires de grande dimension dans un sédiment sablo-limoneux blanc	B1	MAGDALENIEN supérieur	50	S29					Climat plus clément Humidité modérée
					60	S28					
					70	S27					
					80	S26					
					90	S25					
					100	S24					
					110	S23					
Eg Ensemble gris		Blocs moins nombreux dans un sédiment comportant de nombreux cailloux et un sédiment fin sablo-limoneux plus gris	B2	MAGDALENIEN supérieur	120	S22					Climat froid Hausse de l'humidité
					130	S21					
					140	S20					
Em Ensemble marron	Em sommet	Nombreux éléments calcaires de petite taille emballés dans un sédiment sablo-limoneux marron	B3	MAGDALENIEN supérieur	150	S19					Climat froid Hausse de l'humidité
	Em base				160	S18					
					170	S17					
					180	S16					
					190	S15					
					200	S14					
Eo Ensemble orange	Eo sommet Eo base	Ensemble plus clair comprenant de petits éléments calcaires dans un sédiment caractérisé par un pourcentage élevé de granules et de limons	B4	MAGDALENIEN supérieur	210	S13					Refroidissement Assèchement du climat
					220	S12					
					230	S11					
					240	S10					
EE Effondrement	Ee sommet Ee base	Nombreux blocs calcaires de taille importante	B5		250	S9					
					260	S8					
Ej Ensemble jaune	Sous effondrement	Sédiment sablo-limoneux	C	MAGDALENIEN moyen	270	S7					Climat tempéré Forte humidité
	Ej sup				280	S6					
	Ej noir Ej rouge	Couche noire Couche ocrée	D E		290	S5					
	Ej base	Couche de base caractérisée par un fort pourcentage de sables fins et de limons	F		300	S3 S2					
		Sol rocheux			310	S1					

Fig. 5. Proposition de synthèse climatique à partir des données sédimentologiques du Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). Le climat est relativement froid et fortement humide durant la période où l'industrie est attribuée au Magdalénien moyen. L'humidité diminue et le climat devient un peu plus chaud. Puis le taux d'humidité augmente progressivement pendant la période où l'industrie correspond au Magdalénien supérieur et le climat devient relativement tempéré.

Fig. 5. Proposed climatic synthesis from sedimentological data at Roc-aux-Sorciers (Angles sur l'Anglin, Vienne). The climate is relatively cold and very humid during the period ascribed to Middle Magdalenian industry. Humidity decreases afterwards and climate becomes warmer in the Upper Magdalenian. Humidity increases progressively during the period of industry ascribed to the Upper Magdalenian and climate becomes relatively temperate.

relativement froid, alors qu'un $\delta^{13}\text{C}$ faible supposerait un climat plus tempéré et relativement humide (Genty et al., 2005). L'évolution de ce rapport $\delta^{13}\text{C}$ semble indiquer que le climat se réchauffe très légèrement de la base au sommet de la stratigraphie (Fig. 5). En corrélant ces données avec celles du climat global (Fig. 7) utilisant le $\delta^{18}\text{O}$, nous

observons une très légère augmentation des températures de la base (Dahl-Jensen et al., 1993 ; Dansgaard et al., 1993 ; Grip Members, 1993 ; Grootes et al., 1993 ; Johnsen et al., 1997) au sommet du Dryas I. Puis, la courbe du $\delta^{18}\text{O}$ montre un réel réchauffement après le Dryas I. Nos observations locales d'un léger réchauffement au Dryas I, c'est-à-dire de

ANGLES SUR ANGLIN (Abri Bourdois, Roc aux Sorciers)

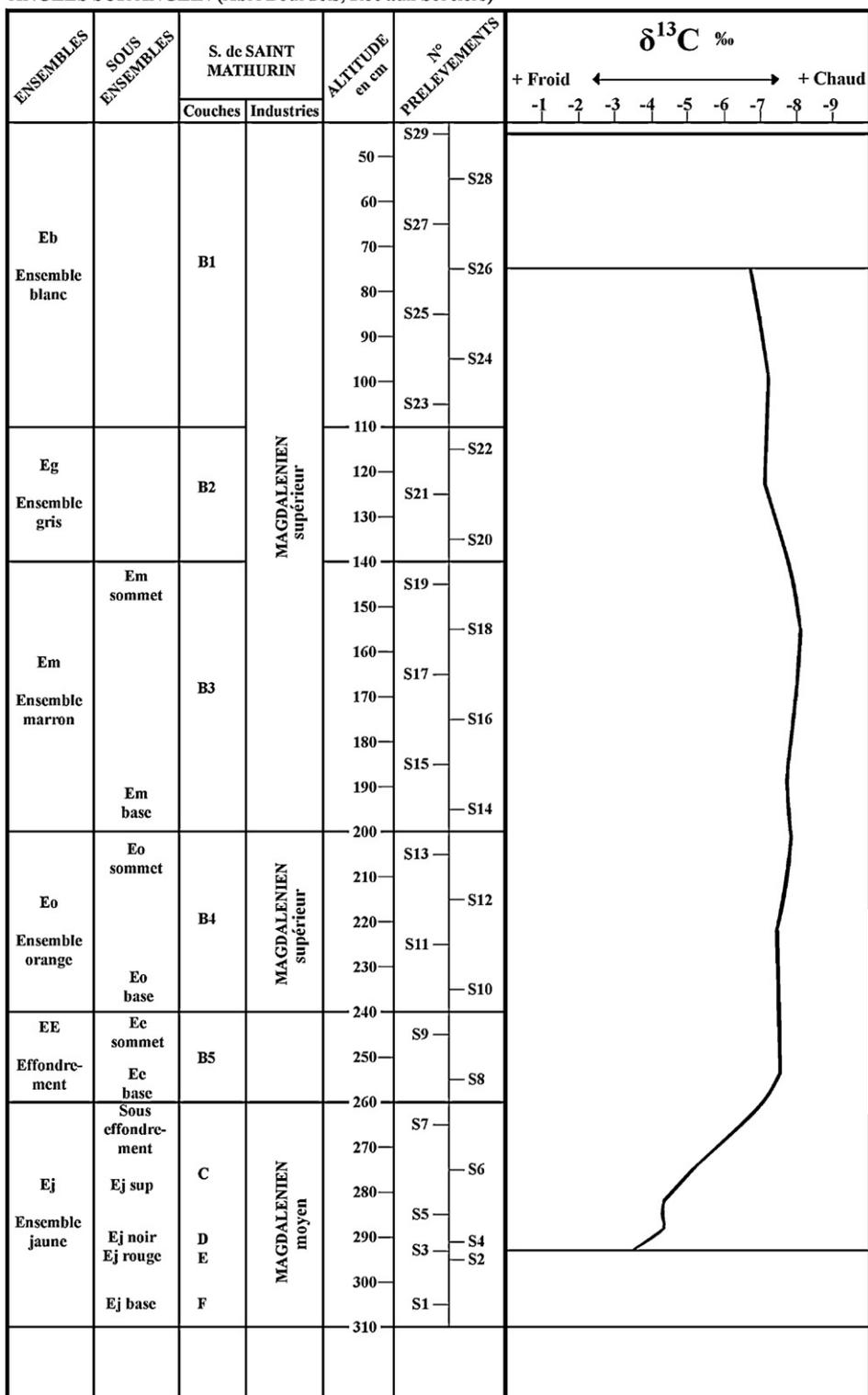


Fig. 6. Courbe de géochimie isotopique permettant de mettre en évidence l'évolution des températures relatives. A la base de la stratigraphie (Magdalénien moyen), le climat est plus froid que durant la période attribuée au Magdalénien supérieur, où les températures semblent relativement constantes.

Fig. 6. Isotope geochemistry curve illustrating the evolution of relative temperatures. At the base of the stratigraphical record (Middle Magdalenian), the climate is colder than during the period ascribed to the Upper Magdalenian, which shows relatively stable temperatures.

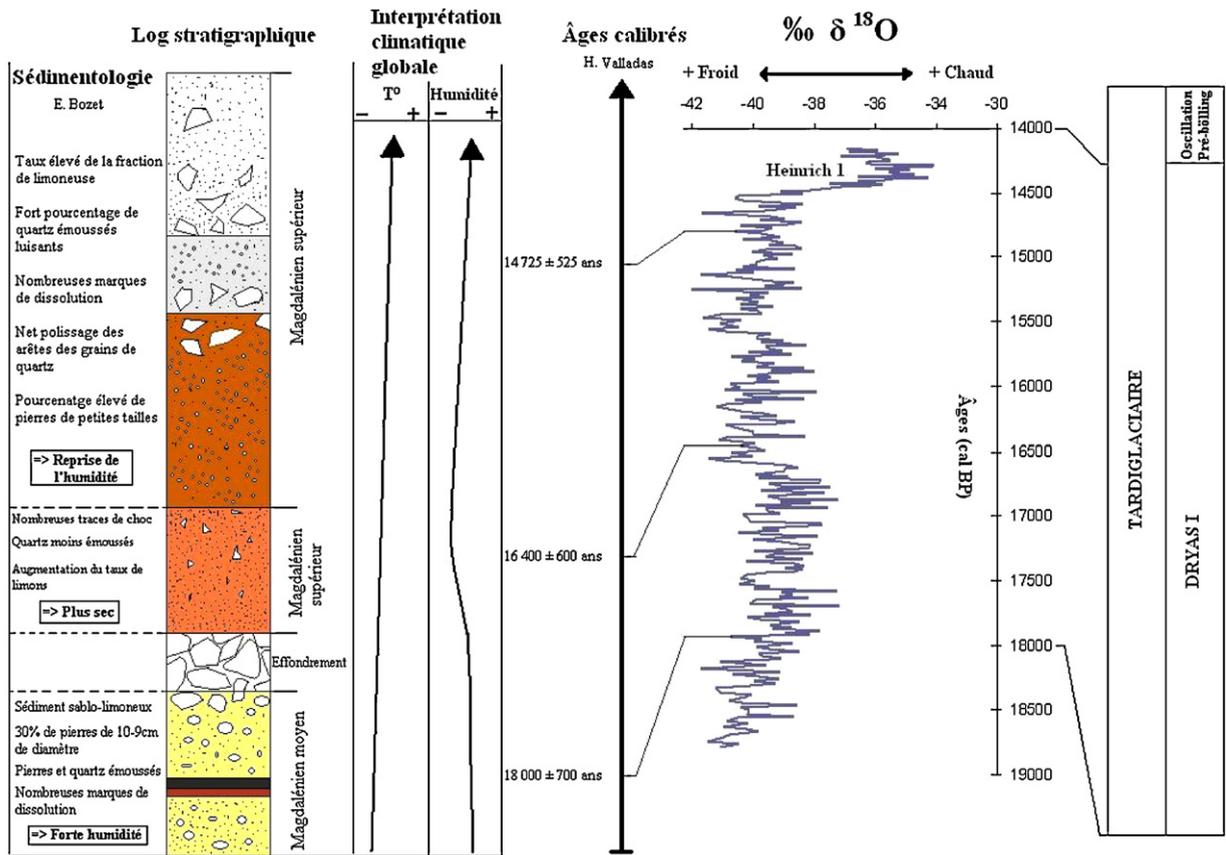


Fig. 7. Essai de corrélation avec les données paléoclimatiques globales. L'augmentation légère de la température tout au long de la stratigraphie semble se confirmer avec la courbe des variations de $\delta^{18}\text{O}$ de la période du Dryas I (Chollet et al., 1979; Dahl-Jensen et al., 1993; Genty et al., 2005; Grip Members, 1993; Grootes et al., 1993; Iakovleva et Pinçon, 1998).

Fig. 7. Tentative correlation with global paleoclimatic data. The slight increase of temperature all along the stratigraphical record appears to be confirmed by the curve of $\delta^{18}\text{O}$ variations of the Dryas I (Chollet et al., 1979; Dahl-Jensen et al., 1993; Genty et al., 2005; Grip Members, 1993; Grootes et al., 1993; Iakovleva and Pinçon, 1998).

la base au sommet de la stratigraphie, semblent pouvoir être élargies à un climat plus global.

6. Étude comparative de sites ayant livré des niveaux à industrie magdalénienne

Le Magdalénien de l'abri Bourdois du Roc-aux-Sorciers se révélant d'une importance particulière, il a paru intéressant de comparer différents niveaux magdaléniens actuellement connus, à cette séquence que nous considérons comme pouvant servir de séquence type.

En effet, d'autres sites de la région contiennent une industrie attribuée au Magdalénien et l'art associé à ces gisements archéologiques est très bien étudié. Cependant leurs séquences sédimentaires, souvent rares voire inexistantes, ne permettent pas de proposer une évolution climatique, contrairement à ce que nous avons pu observer dans l'abri Bourdois du Roc-aux-Sorciers qui reste donc un site de références dans l'Europe occidentale.

Dans la grotte de La Madeleine (Périgord), site éponyme du Magdalénien, les dernières fouilles réalisées par Bouvier (1977) ont permis d'établir une stratigraphie générale de la station et de mettre en évidence un climat

froid et humide au Magdalénien moyen (qui est comparable aux résultats obtenus au Roc-aux-Sorciers), suivi d'un assèchement au début du Magdalénien supérieur. Durant la période attribuée au Magdalénien supérieur, le climat alterne entre des conditions froides et des périodes plus clémentes.

La grotte de Montgaudier (Montbron, Charente) possède (Duport, 1986) un remplissage sédimentaire étudié par Debenath (1974) dont seule la partie supérieure correspond à un niveau d'occupation du Magdalénien supérieur. L'étude sédimentologique montre un climat froid avec des actions de cryoclastisme importantes à la base et au sommet du niveau attribué au Magdalénien supérieur. Ces épisodes froids sont séparés par une phase moins froide et plus humide.

La Chaire-à-Calvin (Mouthiers-sur-Boëme, Charente), dont le remplissage se compose de couches du Magdalénien supérieur, possède une zone d'effondrement qui rappelle celle du Roc-aux-Sorciers (Airvaux, 2001; Vialou, 2004). D'après Bouvier et Debenath qui ont décrit la stratigraphie du site (Bouvier, 1976; Bouvier et Debenath, 1969; Sonnevilles-Bordes, 1986), une diminution régulière des actions thermoclastiques de la base au sommet des

niveaux dont l'industrie correspond au Magdalénien supérieur montre une baisse générale du froid et une humidité de caractère subactuel (ce qui rappelle nos résultats du Roc-aux-Sorciers).

La description de la stratigraphie de la grotte de La Marche (Lussac-les-Châteaux, Vienne) (Airvaux, 2001 ; Vialou, 2004), dont la datation de la couche préhistorique est de 14 280 BP, Magdalénien moyen, est relativement sommaire et aucune analyse sédimentologique n'a encore été réalisée ; c'est le cas également pour la grotte du Chaffaud (Savigné, Vienne) où une description précise de la stratigraphie n'a pu être établie, du fait de fouilles prématurées aboutissant à un bouleversement de la séquence sédimentaire (Airvaux, 2001 ; Vialou, 2004).

Enfin, la grotte du Bois-Ragot (Gouex, Vienne), dont la stratigraphie a été bien étudiée, possède deux niveaux préhistoriques datés du Magdalénien supérieur et deux niveaux aziliens (Airvaux, 2001 ; Vialou, 2004). Peu d'actions cryoclastiques ont été observées dans les niveaux d'occupation du Magdalénien supérieur et les sédiments sont bien classés, ce qui laisse suggérer aux auteurs (Chollet et al., 1979 ; Marquet, 2005) que les conditions climatiques de cette période étaient froides, mais peu rigoureuses. D'après les études de plusieurs disciplines, la période d'occupation du Magdalénien supérieur du Bois-Ragot débute par un climat froid et relativement sec qui évolue vers une légère diminution du froid et une augmentation de l'humidité. Ces résultats sont proches des conclusions obtenues au Roc-aux-Sorciers par l'étude sédimentologique (Chollet et al., 1979 ; Marquet, 2005).

7. Conclusion

Du fait de la rareté des dépôts mis au jour, les séquences du Poitou-Charentes, contenant des industries magdaléniennes, restent encore peu connues sur le plan des paléoenvironnements. Par l'importance exceptionnelle de son remplissage et par la découverte de la frise sculptée qui y est associée, l'abri du Roc-aux-Sorciers est devenu un site privilégié et de référence pour la connaissance de cette période culturelle, apogée de l'art préhistorique et pour celle des paléoclimats qui lui ont été contemporains.

Le protocole des techniques modernes physico-chimiques, spécialement mis en œuvre pour ce site, a permis de mettre en évidence d'une manière très nette, deux ensembles sédimentaires qui peuvent être attribués à deux grandes séquences climatiques, résultats également confortés par ceux obtenus dans d'autres disciplines (faune et microfaune en cours d'étude).

À la base du remplissage (Magdalénien moyen), la granulométrie, la géochimie, l'exoscopie, la morphoscopie et l'étude des isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) mettent en évidence un climat relativement froid et fortement humide. Or, par son étude palynologique, Bastin arrivait à la conclusion d'un contraste entre Magdalénien moyen et supérieur (Bastin, 1975a ; Bastin, 1975b). D'après les spectres polliniques, dans les couches du Magdalénien moyen, le pourcentage d'arbres est dominant, alors qu'il est faible dans celles du Magdalénien supérieur. Bastin a donc supposé une phase climatique douce et humide durant le dépôt des couches du Magdalé-

nien moyen, pour laquelle il a proposé la dénomination d'« oscillation d'Angles-sur-l'Anglin » et des conditions plus rigoureuses, lors de la mise en place des couches du Magdalénien supérieur. Cependant, l'ensemble des résultats sédimentologiques, pour la période attribuée au Magdalénien moyen, montre un climat fortement humide, mais relativement froid par rapport aux conditions climatiques correspondant aux occupations du Magdalénien supérieur. D'après les résultats de notre étude, une « oscillation spécifique d'Angles-sur-l'Anglin » (épisode de réchauffement durant le Magdalénien moyen) n'a pu être mise en évidence.

L'étude des sédiments contenant une industrie attribuée au Magdalénien supérieur montre un climat plus clément qu'au Magdalénien moyen, avec des températures légèrement plus chaudes. Cette période semble, au début, se caractériser par un climat plus sec qu'au Magdalénien moyen, puis relativement humide pour le reste du Magdalénien supérieur. Au sommet du remplissage, le climat devient modérément humide s'expliquant par une évolution plus récente des sédiments proche de la surface. Cette nouvelle approche, réalisée à partir de l'analyse des sédiments, par des méthodes physico-chimiques modernes, permet donc de préciser pour cette période, les divers aspects du refroidissement mis en évidence par les résultats obtenus dans d'autres disciplines (faune et microfaune en cours d'étude) et surtout de mieux apprécier l'existence et l'intensité de phases humides et sèches au cours du Tardiglaciaire (Fig. 7). Il sera intéressant de comparer ces résultats à de nouvelles séries d'analyses réalisées sur d'autres sites magdaléniens. Ce site du Roc-aux-Sorciers permet ainsi de mieux connaître l'environnement dans lequel les hommes du Magdalénien ont participé à cette grande période artistique de la Préhistoire.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Service Régional de l'Archéologie de Poitou-Charentes pour nous avoir confié cette étude. Tous nos remerciements également aux laboratoires qui nous ont accueillis et nous ont facilité la réalisation des analyses sédimentologiques, plus particulièrement : le Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France ; le Centre Européen de Recherche Préhistorique de Tautavel ; le Bureau de Recherche Géologique et Minière de Poitou-Charentes ; le laboratoire de sédimentologie de l'Université de Lille-1 et l'Institut de Paléontologie Humaine de Paris ; le laboratoire de Biominéralisation et de Paléoenvironnement de l'UPMC et le Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques de Nancy.

References

- Airvaux, J., 2001. L'art préhistorique du Poitou-Charentes, sculptures et gravures des temps glaciaires, Maison des roches, 223 p.
- Alimen, H., 1950. Les terrasses d'Angles-sur-l'Anglin, Actes du SPF, XIII session, Paris, pp. 91–96.
- Baltasset, J.-M., Gandolfi, J.-M., Pasquet, R., 1994. Projet de mise au noir de l'abri du Roc-aux-Sorciers, à Angles-sur-l'Anglin. Diagnostic de stabilité du massif rocheux abritant les sculptures préhistoriques. Études préalables, Rapport BRGM, N 1647, pp. 20.
- Barrier, P., Gagnaison, C., 2005. Carte géologique LE BLANC. BRGM.

- Bastin, B., 1975a. Mise en évidence d'une oscillation tempérée correspondant au Magdalénien III d'Angles-sur-l'Anglin (Vienne). C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D 280, 1353–1356.
- Bastin, B., 1975b. Étude palynologique du gisement magdalénien d'Angles-sur-l'Anglin (Vienne, France). Ann. Soc. Geol. Belg. t. 98, 23–36.
- Bouvier, J.-M., Debenath, A., 1969. La Chaire-à-Calvin (Mouthiers, Charente). Étude sédimentologique: note préliminaire. Quaternaria, 215–226.
- Bouvier, J.-M., 1976. La Chaire-à-Calvin (Mouthiers, Charente), Données et problèmes, Excursion A4, Berry-Poitou-Charentes, Livret-guide du VIII^e Congrès de l'INQUA, pp. 94–102.
- Bouvier, J.-M., 1977. Un gisement préhistorique: La Madeleine, Bulletin de l'association pour le gisement préhistorique de la Madeleine, 86 p.
- Chollet, A., Boutin, P., Debenath, A., Delpech, F., Marquet, J.C., 1979. La grotte du Bois-Ragot à Gouex (Vienne), Industries, géologie, paléontologie, CNRS, Colloques internationaux, 271, vol. 1. pp. 365–380.
- Dahl-Jensen, D., Johnsen, S.-J., Hammer, C.-U., Clausen, H.-B., Jouzel, J., 1993. Past accumulation rates derived from observed annual layers in the GRIP ice core from Summit, Central Greenland. NATO Advanced Sciences Institutes, Séries 1. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Dansgaard W., Johnsen S., Clausen H., Dahl-Jensen D., Gundestrup N., Hammer C., Hvidberg C., Steffensen J., Sveinbjörnsdottir A., Jouzel J., Bond G., 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250 kyr ice-core record. Nature 364, 218–220.
- Debenath, A., 1974. Recherches sur les terrains quaternaires charentais et les industries qui leur sont associées, Thèse d'état, Univ. Bordeaux I, 678 p.
- Duplaix, S., 1958. Détermination microscopique des minéraux des sables. Dunod, 96.
- Duport, L., 1986. Préhistoire de Poitou-Charentes, problèmes actuels, Actes du III^e congrès National des Sociétés savantes. CTHS, 37–48.
- Garrod, D., Saint-Mathurin (de), S., 1949. Fouilles dans un abri magdalénien de la vallée de l'Anglin, L'Anthropologie 53, 333–334 (Paris).
- Genty, D., Combourieu Nebout, N., Hatte, C., Blamart, D., Ghaleb, B., Isabella, L., 2005. Rapid climatic changes of the last 90 kyr recorded on the European continent. C. R. Geoscience 337, 970–982.
- Grip Members, 1993. Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. Nature 364, 203–207.
- Grootes, P., Stuiver, M., White, J., Johnsen, S., Jouzel, J., 1993. Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores. Nature 366, 552–554.
- Holtzapffel, T., 1985. Les minéraux argileux. Préparation, analyse diffractométrique et détermination, Thèse, Société Géologique du Nord, n° 12, 117 p.
- Hammer, C., Andersen, K., Clausen, H., Dahl-Jensen, D., Hvidberg, C., Iversen, P., 1997. The stratigraphic dating of the GRIP ice core, Special Report of the Geophysical Department, Niels Bohr Institute for Astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen.
- Iakovleva, L., Pinçon, G., 1998. La frise sculptée du Roc-aux-Sorciers, Réunion des Musées Nationaux. Doc. Préhist, 168.
- Johnsen, S., Clausen, H., Dansgaard, W., Gundestrup, N., Hammer, C., Andersen, U., Andersen, K., Hvidberg, C., Dahl-Jensen, D., Steffensen, J., Shoji, H., Sveinbjörnsdottir, A., White, J., Jouzel, J., Fisher, D., 1997. The $\delta^{18}\text{O}$ record along the Greenland Ice Core Project deep ice core and the problem of possible Eemian climatic instability. J. Geophys. Res. 102, 26397–26410.
- Marquet, J.C., 2005. La grotte du Bois-Ragot à Gouex (Vienne), Magdalénien et Azilien, essais sur les hommes et leur environnement. Mém. Soc. Préhist. 38, 373–384.
- Pinçon, G., 2008. Chronologie pariétale des œuvres magdaléniennes du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, Vienne): entre tradition et innovation. In Situ, revue des patrimoines (http://www.insitu.culture.fr/article.xsp?numero=&id_article=pincon-1387).
- Rousseau, L., 1933. Le Magdalénien dans la Vienne. Découverte et fouille d'un gisement du Magdalénien, à Angles-sur-l'Anglin (Vienne). Bull. Soc. Préhist. Fr. t. 30, 239–256.
- Saint-Mathurin (de), S., 1969. L'abri du Roc-aux-Sorciers et la frise sculptée du Magdalénien III (Angles-sur-l'Anglin, Vienne), Excursion A4, Berry-Poitou-Charente, Livret-guide du VIII^e Congrès INQUA, Paris, pp. 11–15.
- Saint-Mathurin (de), S., 1984. L'abri du Roc-aux-Sorciers, Atlas des Cavernes. Atlas des grottes ornées paléolithiques françaises, Paris, pp. 583–587.
- Saint-Mathurin (de), S., 1988. Les sculptures rupestres du Roc-aux-Sorciers: l'art préhistorique. Les grands sites de Poitou-Charentes. Dossiers Hist. Archéol. 131, 42–49.
- Sonnevilles-Bordes, D., 1986. Préhistoire de Poitou-Charentes, problèmes actuels, Actes III^e Congrès National des Sociétés savantes. CTHS, 157–185 (Ministère de l'Éducation Nationale).
- Vialou, D., 2004. La Préhistoire, Histoire et dictionnaire, Bouquins. In: Lafont, R. (Ed.), 1631 p.
- Vogel, J.C., Waterbolk, H.T., 1963. Gröningen Radiocarbon dates, IV. Radiocarbon 5, 169.