

Référencement géologique des ressources en matières colorantes entre l'Ardèche et le Gardon : un outil pour appréhender les paysages vécus au cours du Paléolithique supérieur

Chassin de Kergommeaux Aurélie¹, Salomon Hélène¹, Monney Julien¹, Chanteraud Claire¹, Pradeau Jean-Victor², Goemaere Eric³, Leduc Thierry³, Chalmin Emilie¹

¹ EDYTEM (UMR 5204), Bâtiment « Pôle Montagne », 5 bd de la mer Caspienne, 73376, Le Bourget du Lac Cedex, France

² Rue Jean-Louis de Bons 9, 1006 Lausanne, Suisse

³ Service géologique de Belgique, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Rue Vautier, 29, 1000, Bruxelles, Belgique

Résumé :

De Privas aux gorges du Gardon, de nombreuses ressources de matières minérales colorantes riches en fer sont disponibles dans les environs de sites ornés et d'habitat du Paléolithique supérieur au sein desquels des traces d'utilisation de telles matières ont été découvertes. La mise en contexte historique, mais aussi paléo-anthropologique et paléo-économique de ces deux types de site implique d'acquérir une bonne compréhension des réseaux pouvant exister entre eux, tout en intégrant les origines géologiques et géographiques des matières qui s'y trouvent. Ces objectifs constituent le socle du projet collectif de recherche *Pigmentoθήque*. Nous focaliserons cet article sur les questions d'approvisionnement en matières colorantes au Paléolithique supérieur, sur les méthodes de documentation et de prospection ainsi que sur le contexte géologique et géomorphologique de la zone étudiée. Quatre formations géologiques serviront d'exemple pour évoquer la diversité de ces matières.

Mots-clés : matériauθήque ; matières colorantes ; fer ; inventaire ; Ardèche ; Gard ; Paléolithique

Un riche territoire naturel et archéologique

La zone comprise entre les volcans des Monts d'Ardèche au nord-ouest, le Sillon rhodanien à l'est, les Cévennes à l'ouest et les gorges du Gardon au sud, dispose d'importantes ressources naturelles et de sites archéologiques (*Fig. 1*). Dans cet espace restreint, les terrains géologiques sont tout à la fois diversifiés et compartimentés (massifs volcaniques, bouclier et dépôts sédimentaires tectonisés, *Fig. 2*) mettant à disposition différentes ressources minérales parmi lesquelles de nombreuses matières colorantes, en particulier celles qui contiennent du fer. Structurant cet espace, la vallée de l'Ardèche et son bassin versant avec ses réseaux karstiques ont conservé les traces de passages de groupes humains depuis le Paléolithique ancien. Nombreux sont les témoignages des fréquentations humaines préhistoriques, comme en attestent les sites d'occupation de la région (*Fig. 1*), parmi lesquels une vingtaine de grottes ornées attribuées au Paléolithique supérieur le long des gorges de l'Ardèche (Monney 2012 ; Monney *et al.* 2020). Comparé au Périgord, peu de sites présentent de longues séquences d'occupation au Paléolithique supérieur (voire toutefois pour les plus importants : Oulen, le Figuier, et les Pêcheurs dans le bassin versant de l'Ardèche, et la Salpêtrière le long du Gardon). Des occupations antérieures sont également à noter entre Ardèche et Gard (en particulier au Moustérien : grotte de Saint-Marcel, Ranc Pointu, le Maras, les Pêcheurs, Oulen, le Figuier ; Moncel et Daujeard 2012).

De manière générale, les relations entre les sites ornés et les sites témoignant d'installations humaines sont difficiles à établir. Au niveau régional, de récents travaux permettent toutefois d'affiner quelque peu les contextes historique, mais aussi paléo-anthropologique et paléo-économique, des sites ornés de la région (ex. Delannoy et Geneste (dir.) 2020 ; Monney 2018, 2019). Dans cette dynamique, s'intéresser aux vestiges colorants présents dans différents types de sites s'avère particulièrement prometteur. En effet, les matières colorantes (jaune à rouge) riches en fer qui ont été déposées volontairement ou involontairement sur les parois des grottes ornées (ex. à Chauvet, Delannoy et Geneste (dir.) 2020), sont parfois aussi exhumées de niveaux archéologiques (ex. abri des Pêcheurs : observation des auteurs, et quelques mentions par Lhomme, 1979). Les vestiges colorants cohésifs retrouvés dans les dépôts ou sur les sols des grottes ornées de la région, tels qu'à la grotte aux Points (Chanteraud *et al.* 2019), restent cependant rares. Ceci contraste avec les nombreux blocs cohésifs ou résidus sur des vestiges de la vie quotidienne régulièrement mis au jour dans les sédiments de certains sites d'occupation que ce soit dans la région ou au-delà (ex. Régismont-le-Haut : Pradeau *et al.* 2014). Il faut encore replacer ces ressources minérales dans le réseau de stratégies collectives assumées par les groupes humains au cours du temps, en s'intéressant aux espaces fréquentés pour acquérir les matières colorantes.

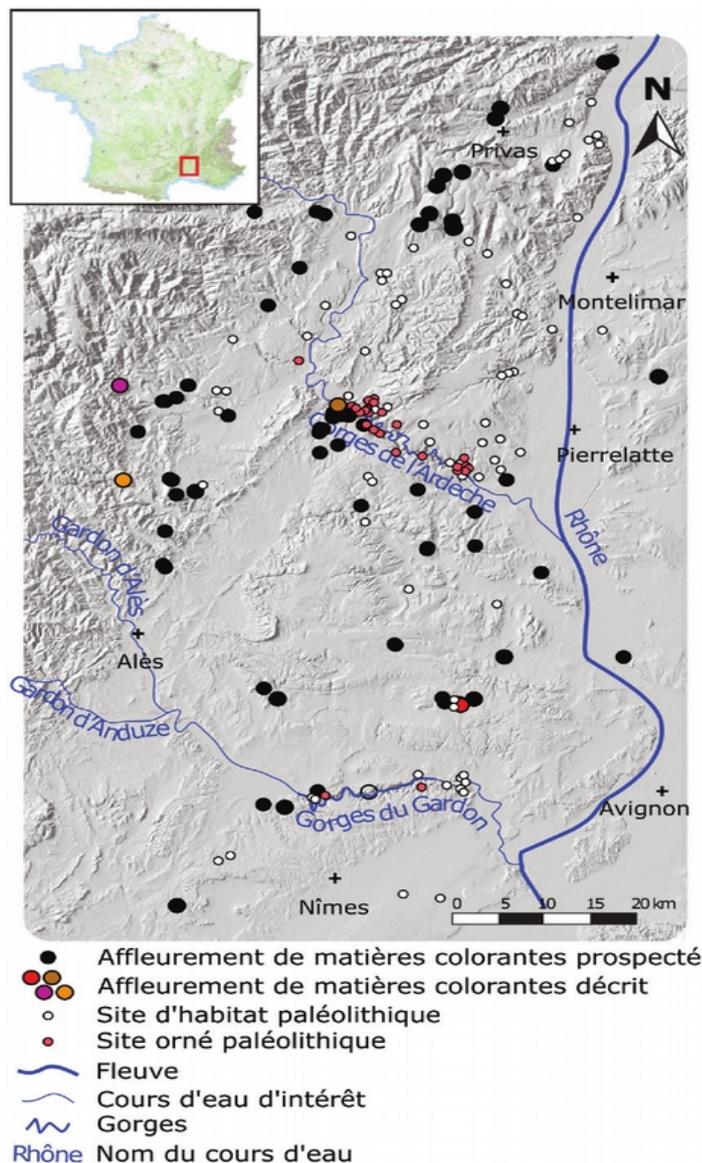


Fig. 1 - Carte non exhaustive des sites du Paléolithique moyen récent et du Paléolithique final d'Ardèche et du Gard d'après Gély *et al.* (2013) ; mise en parallèle des affleurements de matières colorantes prospectés ainsi que les affleurements décrits dans cet article (Mas Cavalle en rouge, La Rousse en violet, Bordezac en orange et le Rieussec en marron ; code couleur correspondant aux cadres de la Fig. 3). Fonds de carte : MNT et carte topographique de l'IGN disponible sur infoterre.

Stratégies d'acquisition des ressources minérales colorantes au Paléolithique supérieur

Les populations préhistoriques ont occupé des espaces dans lesquels non seulement elles se sont déplacées, mais encore et surtout dans lesquels elles ont transmis leurs traditions, à savoir les connaissances partagées au sein de groupes humains (Bon 2009). C'est notamment en s'intéressant aux réseaux de lieux fréquentés par les groupes humains – sources de matières premières, habitats, sites ornés – que les représentations pariétales réalisées avec des matières riches en fer pourront être intégrées à ces territoires (Bourdier 2013).

La connaissance du paysage minéral régional se pose alors comme un préalable à la compréhension de l'économie des matières premières découvertes dans ces sites archéologiques. En effet, c'est bien en évaluant et en documentant les nombreuses ressources actuelles, en décrivant leurs propriétés et en réfléchissant à leur accessibilité passée qu'il devient possible d'appréhender les critères qui ont guidé les choix passés. La sélection des matières premières ne peut être établie qu'au regard des caractéristiques des ressources, comparées entre elles, mais encore, au regard des fonctions qui leur étaient réservées dans le cadre de leur utilisation (Pradeau *et al.* 2016 ; Salomon 2019).

Dans cette optique, dès le début des années 2000, plusieurs chercheurs ont initié un référencement des gîtes de matières colorantes disponibles dans le secteur, en lien tout d'abord avec l'étude de la grotte Chauvet (N. Aujoulat), puis plus généralement avec les grottes ornées paléolithiques de la région (J. Monney). C'est dans le prolongement de cette dernière démarche qu'est alors né le projet de systématiser et de structurer les recherches sous la forme d'un Projet Collectif de Recherche – le PCR *Pigmentoθήque* (2016-2020, dir. E. Chalmin et H. Salomon) – au sein duquel s'inscrit un axe de recherche sur les matières premières ferrugineuses potentiellement exploitées entre l'Ardèche et le Gard au Paléolithique supérieur.

Ce PCR est conçu pour alimenter les recherches sur les sites archéologiques. Il consiste en la construction d'une matériauthèque de roches riches en fer de référence (et dans une moindre mesure en manganèse). L'enregistrement et l'échantillonnage des gîtes s'accompagnent de la caractérisation des matières premières qu'ils mettent à disposition. Pétrographie, minéralogie et géochimie sont combinées pour dresser les cartes d'identité des gîtes et des matières premières (Pradeau *et al.* 2016 ; Salomon *et al.* 2016). Le PCR *Pigmentoθήque* vise donc à répertorier, à décrire, à échantillonner et à caractériser la composition des très nombreuses ressources en fer et en manganèse qui sont susceptibles d'avoir été vues, connues et exploitées durant la Préhistoire au sens large, allant du Paléolithique au Néolithique. Cette limite chronologique est celle du projet et de ses problématiques. En revanche, la pigmentoθήque mise en place peut soutenir des travaux portant sur des périodes plus récentes, puisque les matières ferrugineuses en particulier ont été utilisées de manière récurrente depuis la Préhistoire. Cet article présente la méthodologie générale fournie par le cadre de la *Pigmentoθήque*, qui permet de répertorier et de différencier les ressources minérales dans un espace compris, ici, dans un rayon de 50 km autour des gorges de l'Ardèche. Par ailleurs, il est à noter que même si le projet s'intéresse aussi aux oxydes et hydroxydes de manganèse, il n'en sera pas question ici. En effet, ceux-ci sont peu représentés à l'est du Massif central et leur utilisation n'est pas avérée dans les sites de la région au Paléolithique supérieur.

Les ressources minérales colorantes - Définition

Les ressources minérales qui peuvent être considérées comme colorantes sont des matières

qui contiennent un pigment minéral et dont la poudre extraite peut transmettre sa couleur à une autre matière, soit en recouvrant la couleur initiale, soit en la transformant dans la masse (Pradeau 2015, p. 35-36). La couleur de la roche et de sa poudre (ou de sa trace) dépend de la présence de minéraux chromogènes de différentes natures qui peuvent être associés naturellement à d'autres minéraux. Les matières colorantes employées durant le Paléolithique contiennent des oxy(hydroxy)des de manganèse (brun et noir) ou des oxy(hydroxy)des de fer (rouge, brun, orangé, jaune, violacé, noir). Les oxy(hydroxy)des de fer sont variés. Ils comprennent principalement l'hématite (Fe_2O_3) dont la poudre est rouge plus ou moins sombre à violacée, la goethite (FeO-OH) dont la poudre est de couleur jaune à brune et la magnétite (Fe_3O_4) qui est noire à éclat métallique (Cornell et Schwertmann 2003), plus rare parmi les matières employées durant la Préhistoire (en mélange naturel avec d'autres oxydes de fer ; Pradeau 2015). Les différentes nuances dépendent de la cristallinité de chacune des espèces minérales, de leur granulométrie, de leurs proportions relatives, de la porosité mais aussi de leur mélange avec d'autres phases minérales (cristallines ou amorphes) au sein des roches (Triat 2010 ; Cornell et Schwertmann 2003 ; Salomon *et al.* 2019).

On utilise communément le terme d'ocre pour désigner toutes les matières minérales colorantes riches en oxy(hydroxy)des de fer quelle que soit leur couleur (Triat 2010). Or, en géologie le terme "ocre" a une définition bien précise : c'est un sable/grès glauconieux (donc d'origine marine), altéré en contexte continental sous un climat chaud et humide. Cette altération a profondément changé la minéralogie et la composition de la roche d'origine. Le fer provient principalement de l'hydrolyse de la glauconite en kaolinite. L'ocre est donc enrichie en kaolinite (et autres minéraux riches en alumine) mais aussi en proportions variées de différents oxydes et hydroxydes de fer (Triat 2010). Ce terme ne permet donc pas de décrire l'ensemble des matières minérales colorantes riches en fer, pas plus qu'il ne renseigne sur la couleur de la matière. De manière assez semblable, ces matières riches en fer sont fréquemment appelées limonite(s), pour désigner un mélange d'oxy(hydroxy)des de fer, plus ou moins hydratés et mal cristallisés de couleur brune à jaune (éventuellement avec des minéraux argileux). Ce terme pratique, fréquemment utilisé sur le terrain pour signaler des altérations reconnaissables par la présence de matières ferrugineuses, tend à être abandonné de nos jours au profit de termes plus précis qui désignent le ou les minéraux (ex : goethite, hématite), la composition chimique (oxy(hydroxy)de de fer) ou la roche (grès ferruginisé, calcaire ferruginisé, etc. ; Deer *et al.* 2013, p. 417 ; Pradeau 2015, p. 39).

Toute roche plus ou moins consolidée contenant suffisamment de fer (oxyde ou hydroxyde) pour colorer une autre substance, peut être qualifiée de matière colorante ferrugineuse. De telles roches et minéraux peuvent se former dans presque tous les contextes géologiques, à savoir sédimentaire (marin, continental ou altéritique), magmatique (volcanique ou plutonique) ou métamorphique, voire hydrothermal (Rossi 2013). Sous l'effet de la chaleur et des agents météoriques, les silicates, les sulfures et les carbonates de fer peuvent se transformer en oxy(hydroxy)des de fer (Cornell et Schwertmann 2003).

Le contexte géologique de la région Gard-Ardèche a été favorable à la formation de telles roches.

Cadre géologique régional (sud Ardèche et nord Gard).

Le socle paléozoïque affleure dans les Cévennes (Debrand-Passard 1984). Il est constitué de roches métamorphiques et magmatiques (granites). Des affleurements de roches sédimentaires plissées du Houiller (Carbonifère supérieur) sont observés dans les bassins orientaux comme ceux d'Alès ou de La Vernède (Elmi *et al.* 1989 ; Arène *et al.* 1978, Fig. 2).

Après l'érosion post-hercynienne nivelant les reliefs résiduels, la sédimentation détritique

reprend au Trias par le dépôt de grès grossiers puis de sédiments de plus en plus fins avec des passées évaporitiques (gypse et sels). L'ouverture de l'océan Téthys (*rifting*) à la fin du Trias (Rhétien) s'accompagne de la mise en place de failles extensives d'orientation nord-sud et de blocs basculés permettant une accommodation plus forte à l'ouest et un épaissement des séries sédimentaires. Dès le début du Jurassique, les fonds marins s'approfondissent, permettant le dépôt de calcaires gréseux fossilifères (ammonites, entroques, stromatolithes, gastéropodes, bivalves, foraminifères...). À la fin du Jurassique moyen (Bathonien et Callovien), l'ouverture de la Téthys prend fin avec un nouvel épisode de subsidence (abaissement) du bassin sédimentaire qui entraîne une forte érosion des pentes du talus. Les matières accumulées au fond du bassin consistent en alternances marno-calcaires marines associées, au Callovien, par de nombreux dépôts ferrifères (niveau de plaquettes calcaires rousses ferrugineuses surmontées de passées à oolithes ferrugineuses ; marnes noires à passées ferrugineuses rouge vif riches en hématite ; calcaires ferrugineux de couleur lie-de-vin à verdâtre). Ce scénario se répète jusqu'au Crétacé inférieur (Barrémien) quand la mer se retire vers l'est comme en attestent les grands affleurements au pied des reliefs cévenols du Jurassique à l'ouest au Crétacé à l'est (codes couleurs bleu-violet et brun-vert sur la carte en *Fig. 2*, Elmi *et al.* 1989 ; Pascal *et al.* 1989).

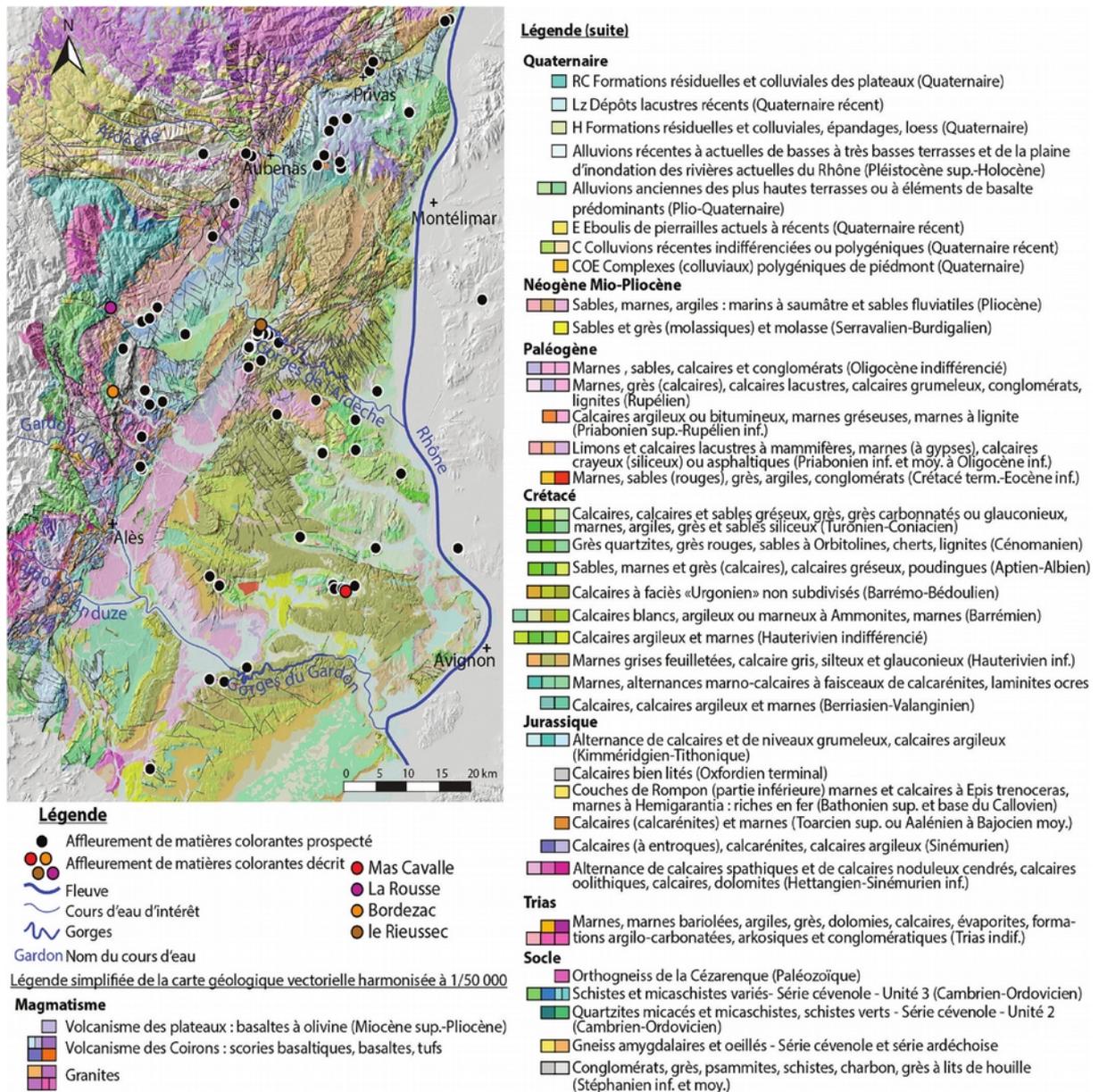


Fig. 2 - Carte géologique de Privas au Gardon et positionnement des affleurements prospectés contenant des matières colorantes riches en fer. Les gorges de l'Ardèche et du Gardon sont positionnées ainsi que les affleurements décrits dans cet article (Mas Cavalle en rouge, La Rousse en violet, Bordezac en orange et le Rieussec en marron ; code couleur correspondant aux cadres de la Fig. 3). Fond de carte modifié de Kim Genuite et de la carte géologique vectorielle harmonisée au 1/50 000 du BRGM (<https://infoterre.brgm.fr>).

C'est à partir du Crétacé supérieur (Turonien) que les premières tendances à l'émergence sont enregistrées avec une continentalisation de la zone comme le démontre la succession de lignite, puis de dépôts riches en oxy(hydroxy)des de fer avec des marnes jaunes à l'Eocène (Lutécien). L'orogénèse alpine provoque des mouvements compressifs jusqu'à l'Eocène (Bartonien supérieur) formant de grands plis d'axe est-ouest (notamment au nord d'Uzès) et de nombreuses failles qui affectent la bordure sud-orientale du Massif central. La plus importante d'entre elles, la grande Faille des Cévennes, borde le fossé d'Alès. Ce dernier s'est effondré lors de la phase d'extension suivante avant de devenir le siège d'une sédimentation lacustre et lagunaire (Arène *et al.* sd). Ce réseau de failles a, depuis, favorisé la circulation de

fluides métallogéniques (riches en Fe, Pb, Zn, Ag, Sb, Ba). Cette extension s'arrête à l'Oligocène supérieur avant d'être suivie d'une compression nord-ouest/-sud-est liée aux dernières phases alpines. Au Miocène, une dernière transgression atteint Uzès et la haute Tave (dépôts sablo-gréseux-glaucconieux à marno-calcaires) tandis que le reste du secteur est irrégulièrement couvert de dépôts fluviatiles. Les vallées actuelles sont modelées au Pléistocène.

Par ailleurs, au Mio-Pliocène le volcanisme des plateaux (ex : Coirons) et celui des vallées au Pléistocène se marquent par des épanchements basaltiques dans le massif des Cévennes ainsi qu'au sud de Privas (Elmi *et al.* 1996 ; Thierry *et al.* 2014).

L'évolution géomorphologique de la région a fait l'objet de nombreux travaux, ce qui permet de démontrer que le relief actuel est assez proche de ce qu'ont vu les groupes humains depuis le Paléolithique supérieur (Genuite *et al.* 2019). Les formations géologiques contenant des matières colorantes accessibles, telles qu'on peut les voir aujourd'hui, sont considérées comme ayant peu changé depuis le Paléolithique supérieur. Cependant, les affleurements ont pu disparaître par érosion, recouvrement (sédimentaire, volcanique ou urbanisation) ou suite aux diverses exploitations ou apparaître pour les mêmes raisons. En effet, une partie de ces matières colorantes a pu être considérée comme des ressources utiles (minerai de fer, pierre de construction, pigment), et avoir fait l'objet d'exploitations plus ou moins importantes à différentes époques historiques ou préhistoriques. Ainsi les activités extractives modernes sont non seulement susceptibles d'avoir effacé d'éventuelles traces d'exploitation antérieure, mais encore elles ont considérablement modifié la topographie (dépôts de stériles) et les gîtes eux-mêmes. De ce fait, les matières recherchées dans le passé ont pu être entièrement exploitées, ne laissant que des déchets pauvres en fer et non représentatives du « minerai » initial. Inversement, des matières (ou des lithologies) qui étaient enfouies et donc non accessibles, ont été mises au jour par des creusements visant les matières utiles. Une analyse critique doit donc être menée pour chaque échantillon récolté en enregistrant le maximum d'informations possible. De plus, si les exploitations de ces ressources d'intérêt économique occultent en partie les gîtes fréquentés depuis la Préhistoire, elles mettent en revanche à disposition du chercheur une très riche documentation écrite et cartographique particulièrement utile lors de la préparation des prospections de terrain (cartes géologiques du BRGM, différentes échelles, différentes éditions).

Méthode de documentation du paysage minéral régional

Les prospections menées dans le cadre du *PCR Pigmentoθήque* ont pour but d'échantillonner et de documenter la variabilité verticale et latérale des matières colorantes dans chaque gîte ou au sein de chaque formation géologique. Afin de repérer les zones (sub)actuelles d'affleurement de ces matières colorantes, les photographies aériennes et satellites, les archives minières (ouvertures et fermetures de concessions, autorisation de prospections minières), les sources documentaires du BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières) et les synthèses géologiques régionales ont été examinées. Cet ensemble documentaire fait référence aux ressources minérales exploitées, prospectées et évaluées pour leur valeur économique, c'est-à-dire principalement des minerais de fer pour la sidérurgie et des argiles ferrugineuses pour la poterie, mais aussi les roches riches en fer pour la construction et la peinture. Toutes ces informations factuelles peuvent être croisées aux toponymes. Par ailleurs, en dehors des sources littéraires, des éléments d'ordre physiographique ont guidé les prospections. À cet égard, les lits de rivières et leur parcours se sont révélés être des lieux d'étude privilégiés. En effet, en incisant les couches géologiques,

les rivières rendent accessibles une large gamme de roches issues de leur bassin versant et transportées vers l'aval avant d'y être déposées.

L'enregistrement intègre une couverture photographique des affleurements et des différentes lithologies présentes, leur référencement GPS et leur localisation sur les cartes géologiques. La documentation du lieu d'échantillonnage est réalisée en complétant un formulaire établi en collaboration avec le *GdR Silex* (Fernandes *et al.* 2019). Il détaille les informations environnementales du lieu de prospection ; c'est-à-dire la position topographique, les conditions de récolte (dans, à proximité ou éloigné de sa formation d'origine : gîte primaire, sub-primaire, secondaire), la nature de la roche encaissante, son âge géologique, la taille des échantillons récoltés, le type de récolte (sélective ou systématique). L'histoire du gîte est aussi décrite, et fait la distinction entre un affleurement naturel et une zone d'exploitation.

Ces informations de terrain sont complétées en laboratoire par des observations pétrographiques à différentes échelles pour documenter les caractéristiques de chaque type de roche et dresser des cartes d'identité des roches voire des gîtes ou des formations. Ainsi, du gîte à l'objet, les descriptions sont-elles intégrées à une carte sous la forme d'un SIG.

Un paysage minéral riche en matières colorantes variées

La carte (*Fig.1*) met en évidence la répartition géographique des roches riches en fer formées dans différents contextes géologiques. Pour illustrer la diversité des matières colorantes rouges trouvées dans l'aire étudiée, nous présentons dans ce qui suit une sélection de quatre gîtes prospectés et des matières qui y ont été échantillonnées.

- *Ocres : Mas Cavalle, Saint-Hyppolyte-de-Montaigu (Gard), Cénomaniens moyen (contemporain de Roussillon, Fig. 3 (a-c))*

Sur le territoire étudié, il y a des formations d'ocres semblables à celles de Roussillon (Vaucluse). C'est le cas à Saint-Laurent-la-Vernède, ou encore à Mas Cavalle (Saint-Hyppolyte-de-Montaigu). Cependant, les âges diffèrent – Turonien supérieur et Cénomaniens moyen respectivement. De par leur âge et leur formation, les ocres de Mas Cavalle sont les plus semblables aux ocres de Roussillon (point rouge, *Fig. 1-2*). À l'image du profil de Roussillon, certains horizons sont plus ferruginisés que d'autres, tandis que des horizons kaoliniques alternent avec des horizons jaunes riches en goethite ou rouges riches en hématite. La cuirasse ferrugineuse (*Fig. 3a*), dans la série de latérites, est particulièrement bien développée. La matrice argileuse de cette cuirasse est finement ferruginisée. Elle contient des fragments de quartz, feldspaths et autres minéraux issus de la formation géologique d'origine ; les grains et cristaux sont plus ou moins roulés. Dans les fractures et les macroporosités, des oxydes de fer se sont développés (*Fig. 3c*). Les fragments de cette cuirasse sont irréguliers (*Fig. 3b*), et produisent une trace rouge sombre homogène. La matière est cohésive, mais aisément réduite en poudre du fait de sa porosité. Aussi appelées ocres, les matières dans les terrains de l'Eocène inférieur autour du Gardon sont cependant assez différentes (ex: vallon de Fougéras à Dions). Il s'agit de formations fluvio-lacustres fortement altérées, révélant des profils d'altération qui évoquent ceux des ocres.

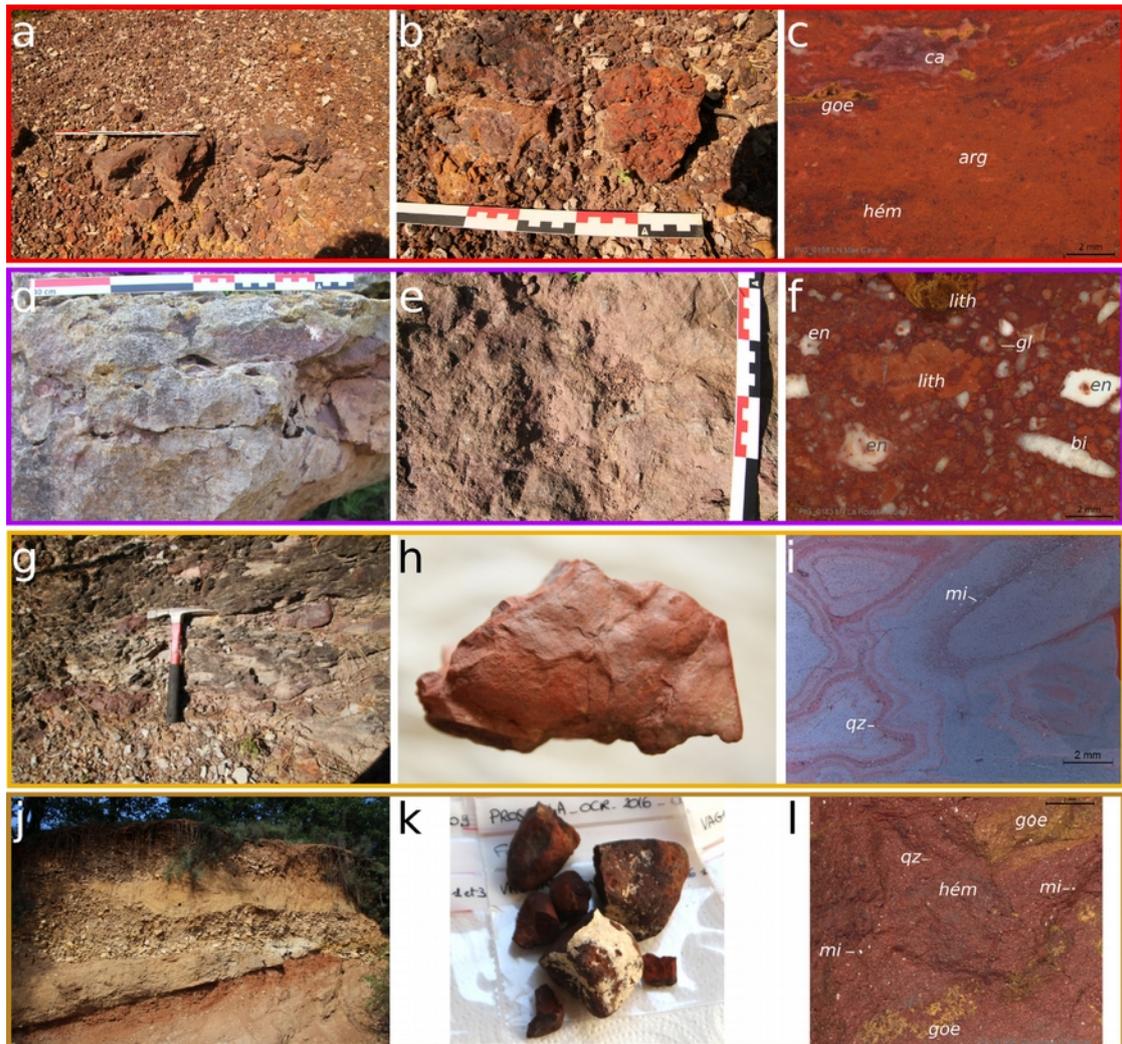


Fig. 3 – Illustration photographique d’affleurements et échantillons représentatifs. Mas Cavalle (a-c) : a) affleurement, b) fragments de la cuirasse ferrugineuse, c) section polie ; goethite (goe), calcite (ca), hématite (hém), matrice argileuse riche en fer (arg) ; La Rousse (d-f) : d) affleurement, e) fragment de calcaire ferruginisé, f) section polie : entroques (en), lithoclaste (lith), bioclaste (bi), glauconie (gl) ; Bordezac (g-i) : g) affleurement, h) fragment de la veine d’hématite, i) section polie : micas (mi), quartz (qz), hématite compacte grise, hématite poreuse rouge ; Rieussec (j-l) : j) coupe dans les probables terrasses du Campanien, k) galets et fragments riches en fer récoltés dans le lit du ruisseau, l) cassure fraîche : grains de quartz (qz) et micas brillants (mi), ciment rouge riche en hématite (hém) et jaune riche en goethite (goe). La couleur des cadres fait référence au point d’affleurement correspondant sur les Fig. 1 et 2. Photographies : Pigmentoθήque.

- Calcaire à entroques ferruginisé : La Rousse, Gravières (Ardèche), aussi présent aux Vans (Ardèche), calcaire formé en conditions subtidales, Bajocien supérieur (Elmi et al. 1989, Fig.3 (d-f)) :
Ces calcaires affleurent sur environ 5,50 m d’épaisseur dans la carrière de La Rousse (Gravières, point violet Fig. 1-2). Ils présentent également des couleurs jaune à rouge violacé (Fig. 3d). La roche est un calcaire bioclastique composé en majorité de fragments d’entroques avec d’autres bioclastes en moindre quantité (bryozoaires, radioles d’échinides, bivalves et brachiopodes, foraminifères), de rares lithoclastes

ainsi que des grains de glauconite. Le ciment est partiellement à entièrement ferruginisé (zones plus ou moins rouges et riches en fer) alors que les bioclastes ne le sont que faiblement et irrégulièrement. La structure interne des entroques n'a pas toujours été conservée à cause de la recristallisation de la calcite (*Fig. 3f*). Les bancs de calcaire sont séparés par des joints argileux et certains niveaux peuvent contenir des oolithes ou des spongiaires. Bien que ces roches produisent une poudre rouge colorante, elles ne semblent pas avoir été suffisamment riches en fer pour alimenter la sidérurgie. En revanche, c'est la pierre à bâtir qui a été largement exploitée dans des carrières à ciel ouvert, comme en témoignent les bâtiments du centre-ville des Vans (ex : Église Réformée).

- *Veine hydrothermale d'hématite : Bordezac (Gard) (Elmi et al. 1989, Fig. 3 (g-i)) :*
À Bordezac, on peut trouver en position primaire une minéralisation hydrothermale d'hématite dans les grès arkosiques du Trias inférieur et moyen (Elmi et al. 1989, point orange des *Fig. 1-2, Fig. 3g*). Le cœur des veines d'hématite rouge violacé contient jusqu'à 90% d'hématite. La matière est moins compacte aux épontes qu'au cœur de la veine. Très colorante, elle contient des éléments de la roche encaissante : tels que des grains de quartz et des micas altérés par les fluides hydrothermaux. On observe dans les fissures la présence en faible proportion (< 1%) de xénotime (rare phosphate d'yttrium) et de barytine (sulfate de baryum) sous forme de cristaux micrométriques (5 à 10 µm). La barytine provient de circulations de fluides hydrothermaux secondaires (des exploitations de barytine sont indiquées sur la carte géologique n°888, Elmi et al. 1989). Les alternances de couleurs gris métallique et de rouge sur la section polie (*Fig. 3i*) s'expliquent par l'abondance variable en cristaux d'hématite. Dans les zones plus poreuses, l'hématite apparaît rouge tandis que dans les zones plus compactes, le polissage la fait apparaître gris métallique à reflets rouge-violacé. La poudre résultante reste rouge.
- *Alluvions et galets riches en fer : lit du Rieussec (Vagnas et Salavas), dépôts continentaux, possiblement Campanien (Pascal et al. 1989, Fig. 3 (j-l)) :*
Dans le lit du ruisseau du Rieussec, tributaire de l'Ardèche qui s'y jette au sud de Salavas, plusieurs roches rouges, jaunes et noires de lithologies différentes se sont accumulées (point marron *Fig. 1-2*). L'origine de ces matières est difficile à établir. À la faveur d'une coupe dans un méandre du Rieussec, nous avons pu observer que le ruisseau entaille des terrasses et plaines alluviales anciennes basculées qui contiennent des matières riches en oxy(hydroxy)des de fer (Campanien d'après la carte géologique, photographie de l'affleurement *Fig. 3j*). Nous supposons que l'érosion de ces terrasses par le Rieussec remet en circulation les différentes matières ferrugineuses préalablement déplacées depuis une source en amont qui n'a, pour l'heure, pas été identifiée sur le terrain. Au sommet de ces terrasses, on trouve des petits galets roulés de couleur rouge, riches en oxydes de fer, argileux, pauvres en quartz et très tendres. On peut y récolter de rares lithoclastes riches en oolithes ferrugineuses de couleur brune. Dans le lit du ruisseau, se rencontrent, pêle-mêle, de nombreux fragments de matière ferrugineuse (probablement des fragments de croûtes de fer) d'aspect noir métallique, partiellement roulés, scoriacés et composés d'une superposition de couches concentriques d'oxy(hydroxy)des de fer. S'y ajoutent des galets rouges ou bruns, denses ou plus poreux, légèrement aplatis. Parmi ces galets, plusieurs matières riches en oxy(hydroxy)des de fer coexistent : grès grossiers rouges à jaunes, dont certains sont micacés, ainsi que des matières ferrugineuses rouges plus ou moins riches en grains fins de quartz (*Fig. 3l*). Broyées, elles permettent d'obtenir des poudres fortement colorantes, rouges, ce qui en fait de bons pigments. Ce sont les

matières premières colorantes potentielles exploitables et accessibles les plus proches des grottes ornées des gorges de l'Ardèche (telles que la grotte Chauvet-Pont-d'Arc ou grotte aux Points, par exemple). Dans l'état actuel des connaissances, il n'est cependant pas démontré que ces matières colorantes aient été mises à profit dans ces sites. Ainsi, à la grotte aux Points, où une étude systématique des matières colorantes a été conduite, les matières rouges mises au jour au sein des dépôts paléolithiques supérieur sont radicalement différentes (Chanteraud *et al.* 2019).

En somme, dans cet espace qui encadre les gorges de l'Ardèche, une grande diversité et de nombreuses variétés de matières colorantes exploitables pour leurs propriétés pigmentaires s'avèrent ainsi disponibles et sont susceptibles d'avoir suscité de l'intérêt au cours du Paléolithique. Les exemples présentés dans cet article donnent un aperçu d'une gamme de matières colorantes présentes dans un rayon inférieur à 50 km des grottes ornées. Chaque matière colorante présente, de fait, des particularités pétrographiques, minéralogiques et géochimiques en relation avec sa genèse et sa transformation jusqu'à aujourd'hui. Ces matières ont des propriétés mécaniques et des pouvoirs colorants très contrastés. Les méthodes analytiques mises en œuvre dans le cadre du *PCR Pigmentothèque* visent par ailleurs à identifier une signature pour chaque matière première. Cette signature peut être minéralogique, (géo)chimique, texturale, colorimétrique, liée au contenu fossilifère (macro- et microfossiles) ou une combinaison de tous ces critères. L'objectif de ce projet est donc de reconnaître une signature qui permette de tracer et de suivre les trajectoires évolutives des matières depuis la matière première prélevée en position géologique jusqu'à la matière appliquée. Cet objectif ambitieux requiert la constitution de référentiels géologiques aussi exhaustifs que possible. Elle s'accompagne de la documentation fine des formations géologiques et des échantillons prélevés pour chaque contexte géologique.

Constitution d'une Pigmentothèque pour l'étude des matières colorantes archéologiques

Des bases méthodologiques solides en matière de classement, de documentation et de description des gîtes et des roches constituent un prérequis indispensable afin d'explorer la diversité des paysages minéraux régionaux de façon raisonnée. Le *PCR Pigmentothèque* met en place un cadre de réflexion, une matériauthèque et des méthodes qui ont d'ores et déjà permis de développer de nombreux outils pour répondre aux questions de gestion passée des matières colorantes.

Parmi les avancées de la *Pigmentothèque*, on peut citer le référencement des matières premières disponibles dans l'environnement à l'aide de fiches normées de descriptions gîtologiques, pétrographiques, minéralogiques et géochimiques. Ces fiches s'appuient sur une terminologie commune, harmonisée, utilisable et compréhensible par tous (archéologues, géologues, physico-chimistes, amateurs, étudiants issus de différents parcours disciplinaires...). La mise en place de lexiques illustrés permet ainsi d'effectuer des observations et des descriptions standardisées. La constitution de ces références vise la réalisation de comparaisons entre matières géologiques et matières retrouvées en contexte archéologique. Le projet soutient le développement de protocoles analytiques reproductibles et adaptés à ces matières riches en fer : la microscopie électronique à balayage (MEB-EDX) pour l'observation et l'analyse élémentaire à échelle microscopique, la diffraction des rayons X (DRX) pour l'identification et la semi-quantification des phases minérales cristallines, et les méthodes de protons induits par accélérateur (PIXE) pour une quantification des éléments présents dans les matières colorantes. Ces développements s'appuient sur la sélection et l'analyse de références géochimiques internes au projet. En effet, ces références se sont révélées indispensables pour évaluer précisément les limites de détection des

différents appareillages utilisés en fonction des éléments majoritaires et de la nature des échantillons (poudre, coupe préparée ou non). Elles permettent aussi la comparaison des différentes campagnes d'analyse sur un même appareillage. Elles servent à optimiser les paramètres d'acquisition (temps, puissance, surface analysée) et à comparer les mesures obtenues avec différents dispositifs analytiques. Ces deux derniers points sont capitaux pour le partage des données et l'harmonisation des mesures géochimiques. C'est pourquoi les références ont été multipliées pour être partagées avec des équipes de recherche partenaires (cf. remerciements). De plus, ces protocoles d'analyses physico-chimiques permettent d'identifier et d'isoler les signatures géochimiques liées à la genèse de la matière minérale colorante, à son évolution au cours du temps, pour les objets archéologiques comme pour les échantillons géologiques,, mais aussi pour des matières dont la morphologie générale a disparu et dont la quantité est faible, à savoir les poudres ou mélanges appliqués sur supports. Il s'agit bien là d'un défi analytique majeur car, d'une part, les informations les plus riches et les plus claires disparaissent lors de la réduction en poudre et, d'autre part, les signatures chimiques, minéralogiques et physiques des matières sont modifiées à des degrés divers du fait de possibles altérations post-dépositionnelles difficilement quantifiables. Afin de répondre à ces enjeux, une connaissance approfondie des matières premières, s'appuyant sur des références géologiques sélectionnées est essentielle dès lors qu'il s'agit de constituer une documentation solide tant sur les propriétés minéralogiques que géochimiques des matières. Par ailleurs, et poursuivant toujours le même objectif, six références géologiques internes au projet, ont été mises en place et utilisées pour améliorer les conditions d'acquisition et de traitement des analyses.

Différencier les sources géologiques entre elles et comparer les matières géologiques avec les matières issues de différents contextes archéologiques est ainsi réalisable en s'appuyant sur une matériauthèque – la pigmentothèque – aussi exhaustive que faire se puisse. Une telle étude de ces matières et un tel référencement, qui se veut systématique, permettent d'acquérir une connaissance pointue non seulement des paysages minéraux régionaux, mais aussi à terme des stratégies d'approvisionnement en ressources minérales colorantes dans le passé. Elle est ainsi à même de contribuer à la contextualisation des grottes ornées paléolithiques, mais aussi de tout autre site archéologique présentant des vestiges de matières colorantes.

Remerciements :

Ce programme tire avantage du support logistique et financier de l'université de Savoie-Mont-Blanc et du laboratoire EDyTeM – UMR 5204 du CNRS (projets MASCARA et TRAnSFeRT, TRACOLOR) ainsi que de la plateforme ASTRE pour l'accès aux instruments de mesure. C'est grâce au soutien financier et scientifique du Service Régional de l'Archéologie de la région Auvergne-Rhône-Alpes que ce projet a vu le jour et a pris de l'ampleur avec un réseau national et international. Nous remercions pour cela K. Gernigon, Conservateur régional de l'Archéologie pour son accompagnement scientifique. Nos remerciements s'adressent aussi à L. Devillard pour la gestion administrative et à l'AVDPA pour la gestion des crédits. Nos remerciements chaleureux s'adressent enfin aux collègues et collaborateurs bénévoles comme professionnels : P. Guillermin, F. Prud'Homme et R. Furestier (Cité de la Préhistoire d'Orgnac), Y. Coquinot, L. Pichon, C. Pacheco et B. Moignard (C2RMF), D. Gourier (Chimie ParisTech), E. Malet, G. Ménard, A.-L. Develle, C. Pignol, F. Soufi, S. Abbassi et K. Genuite (EDyTeM), P. Martinetto (Institut Néel), P. Fernandes (Paléotime et PACEA), V. Delvigne (ULiège et PACEA), M. Lebon et G. Mauran (MNHN, UMR 7194), V. Lafont (U. Lyon 3), N. Garnier et C. Soustel (Réserve naturelle des

gorges du Gardon), T. Montecinos (association de spéléologie niçoise), F. Bon, E. Lopez-Montalvo et R. Mensan (TRACES), M. Henry (GET).

Bibliographie

ARENE J., BERGER G.-M., GRAS H., POIDEVIN J.L., SAUVE C. (1978) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Alès (912) – Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 58 p.

BON F. (2009) - *Préhistoire. La fabrique de l'homme*, Paris, L'Univers historique, du Seuil, 339 p.

BOURDIER C. (2013) - Rock art and social geography in the Upper Paleolithic. Contribution to the socio-cultural function of the Roc-aux-Sorciers rock-shelter (Angles-sur-l'Anglin, France) from the viewpoint of its sculpted frieze, *Journal of Anthropological Archaeology*, 2013, 32, 4, p. 368-382.

CHANTERAUD C., CHALMIN E., HOERLÉ S., SALOMON H., MONNEY J. (2019) - Relation entre les matières colorantes issues des fouilles et des parois ornées. Méthodologie et première perspective comparative à la Grotte aux Points (Aiguèze, Gard, France), *Karstologia*, 73, p.1-12.

CORNELL R.M., SCHWERTMANN U. (2003) - *The iron oxides: Structure, properties, reactions, occurrences and uses*, Weinheim, John Wiley & Sons, 703 p.

DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J. (2013) – *An introduction to the rock-forming minerals*, London, 3^{ème} édition, The Mineralogical Society, 498 p.

DEBRAND-PASSARD S., COURBOULEIX S., LIENHARDT M.-J. (1984) - Synthèse géologique du Sud-Est de la France - *Mémoire du BRGM*, n° 125, vol. 1,2.

DELANNOY J.-J., GENESTE J.-M. (dir.) (2020) - *Atlas de la grotte Chauvet-Pont d'Arc : Volume 1 de la Monographie de la grotte Chauvet-Pont d'Arc*, Paris, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, (Documents d'archéologie française), 384 p.

ELMI S., BROUDER P., BERGER G., GRAS H., BUSNARDO R., BÉRARD P., VAUTRELLE C. (1989) - Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Bessèges (888) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 115 p., Carte géologique par Berger G., Elmi S., Brouder P., Gras H., Arene J., Bigot M., Frere I., Spy-Anderson F.L., Alabouvette B., Briere M., Debrand-Passard S., Boltenhagen C., Ternet Y., Menillet F. (1988).

ELMI S., BUSNARDO R., CLAVEL B., CAMUS G., KIEFFER G., BÉRARD P., MICHAËLY B. (1996) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Aubenas (865). Orléans : BRGM, 170 p. Carte géologique par Y. Kerrien (coord.), S. Elmi, R. Busnardo, G. Camus, G. Kieffer, J. Moinereau, A. Weisbrod (1989)

FERNANDES P., DELVIGNE V., VAISSIE E., PASQUALINI A., PIBOULE M., *et al.* (2019) - Réseau de lithothèques en Auvergne - Rhône-Alpes. Rapport de recherche, Paléotime ; Service régional de l'archéologie Auvergne - Rhône-Alpes.

GÉNUITE K., DELANNOY J.-J., JAILLET S., ARNAUD J., BERTHET J., GÉNUITE K.

(2019) - Le Pont d'Arc et la grotte des Châtaigniers (Gorges de l'Ardèche, France), indicateurs des processus du recoupement du méandre de la Combe d'Arc, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 25, 1, p. 57-68.

LHOMME G., 1979. Campagnes de fouilles 1978 et 1979 dans l'abri des Pêcheurs à Casteljau (Ardèche). *Publications du musée des Confluences*, 17, p. 65–70.

MONCEL M.-H., DAUJEARD C. (2012) - The variability of the Middle Palaeolithic on the right bank of the Middle Rhône Valley (southeast France): Technical traditions or functional choices?, *Quaternary International*, 247, p. 103-124.

MONNEY J. (2012) - Et si d'un paysage l'on contait passé : Tissu de sens et grottes ornées le long des gorges de l'Ardèche. *Collection EDYTEM. Cahiers de géographie*, 13(1), p. 21-42.

MONNEY J. (dir.) (2018-2019) - La grotte aux Points d'Aiguèze : Petite sœur de la grotte Chauvet, *Karstologia*, 72+73.

MONNEY J., DELANNOY J. J., GÉLY B., GENESTE J.-M. (2020) - Combe d'Arc, Pont d'Arc, Grotte Chauvet. In : Delannoy J.-J., Geneste J.-M. (dir.) – *Atlas de la grotte Chauvet-Pont d'Arc : Volume 1 de la Monographie de la grotte Chauvet-Pont d'Arc*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris (Documents d'archéologie française).

PASCAL M., LAFARGE D., CHEDHOMME J., GLINTZBOECKEL C. (1989) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Bourg-Saint-Andéol (889) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 67 p. Carte géologique par Pascal M., Elmi S., Busnardo R., Lafarge D., Truc G., Valleron M.M., Chedhomme J., Combier J. (1989).

PRADEAU J.-V., SALOMON H., BON F., MENSAN R., LEJAY M., REGERT M. (2014) - Les matières colorantes sur le site aurignacien de plein air de Régismont-le-Haut (Poilhes, Hérault) : Acquisition, transformations et utilisations. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 111,4, p. 631-658.

PRADEAU J.-V. (2015) - *Les matières colorantes au sein des systèmes techniques et symboliques au Néolithique (VIe et Ve millénaires BCE) dans l'arc liguro-provençal*, thèse de doctorat, Sociologie, Université Nice Sophia Antipolis, Nice, 427 p.

PRADEAU J.-V., BINDER D., VÉRATI C., LARDEAUX J. M., DUBERNET S., LEFRAIS Y., REGERT M. (2016) - Procurement strategies of Neolithic colouring materials: Territoriality and networks from 6th to 5th millennia BCE in North-Western Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*, 71, p. 10-23.

ROSSI M. (2013) - Les gisements de fer dans le monde, in Colloque les Chemins du Fer en Belledonne, Allevard, France, Borlet (Actes du Colloque les Chemins du Fer en Belledonne)

SALOMON H., GOEMAERE E., BILLARD C., DREESEN R., BOSQUET D., HAMON C., JADIN I. (2016) - Analyse critique du protocole de caractérisation des hématites oolithiques mis en place dans le cadre du projet collectif de recherche sur L'origine des hématites oolithiques exploitées durant la Préhistoire récente entre l'Eifel (DE) et la Normandie (FR), *Anthropologica et Praehistorica*, 125/2014, p. 225–246.

SALOMON H., CHALMIN E., CHANTERAUD C., CHASSIN de KERGOMMEAUX A. (2019) - Constitution d'une « pigmentothèque » : un outil pour comprendre

l'approvisionnement en matériaux colorants durant la Préhistoire, Rapport d'activité 2019, Service Régional d'Archéologie, Direction régionale des affaires culturelles de la Région Auvergne Rhône Alpes, 199 p.

SALOMON H. (2019) - Les matières colorantes. Partie III - Les activités et leurs témoins, in Julien M., David F., Girard M., Roblin-Jouve A. (dirs.), *Le Châtelperronien de la grotte du Renne (Arcy-sur-Cure, Yonne, France). Les fouilles d'André Leroi-Gourhan (1949-1963)*, PALEO, numéro spécial, p. 197-242.

THIERRY J., MARIGNAC C., LEDRU P., REBOULET S., DAGAIN J., NAUD G., ROGER J., LAUMONIER B., VERNHET Y. (2014) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Privas (841). Orléans : BRGM, 166 p. Carte géologique par Ledru P. *et al.* (2014).

TRIAT J.-M. (2010) – *Les ocres*, Paris, Éditions du CNRS, 198 p.