



HAL
open science

Morphologie et remplissage des dolines du Causse de Martel d'après les observations réalisées au cours du diagnostic archéologique de l'aérodrome de Brive-Souillac (Corrèze et Lot)

Laurent Bruxelles, David Colonge, Thierry Salgues

► To cite this version:

Laurent Bruxelles, David Colonge, Thierry Salgues. Morphologie et remplissage des dolines du Causse de Martel d'après les observations réalisées au cours du diagnostic archéologique de l'aérodrome de Brive-Souillac (Corrèze et Lot). *Karstologia*, 2006, 47 (1), pp.21-32. hal-02017915

HAL Id: hal-02017915

<https://univ-tlse2.hal.science/hal-02017915>

Submitted on 29 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Laurent BRUXELLES¹,
David COLONGE²
et Thierry SALGUES³

(1) INRAP, ZA les Champs Pinsons,
13 rue du Négoce,
31650 St-Orens-de-Gameville;
CRPPM (CNRS) et Société
Cévenole de Spéléologie
et de Préhistoire d'Alès
laurent.bruxelles@inrap.fr

(2) INRAP, Dardenne
46300 Le Vigan;
UMR 5608 UTAH

(3) INRAP, ZA les Champs Pinsons,
13 rue du Négoce,
31650 St-Orens-de-Gameville;
UMR 5608 UTAH et
Association Spéléologique
de Figeac

Morphologie et remplissage des dolines du Causse de Martel d'après les observations réalisées au cours du diagnostic archéologique de l'aérodrome de Brive-Souillac (Corrèze et Lot)

RÉSUMÉ : Une opération de diagnostic archéologique a été menée par l'INRAP sur le Causse de Martel. A cette occasion, 610 sondages à la pelle mécanique ont été réalisés, localisés majoritairement dans le fond des dolines.

La morphologie des dépressions présente le plus souvent une dissymétrie nette. On observe donc un versant en pente douce sous-tendu par la présence d'altérites sableuses. Il s'oppose à une bordure de corrosion assez raide développée dans les calcaires bathoniens. Les coupes relevées montrent une accumulation de plusieurs mètres de sédiments variés. Ainsi, à la base, on trouve des dépôts périglaciaires (grèzes et limons jaunes) qui ont fossilisé des vestiges archéologiques du Paléolithique moyen. Juste au-dessus, des argiles brunes à cailloutis calcaire reposent en discordance. Grâce à la présence de matériel archéologique, on peut caler la mise en place de ce niveau depuis la Protohistoire jusqu'à l'époque médiévale. Enfin, un à deux mètres de colluvions agricoles modernes terminent la séquence. Ces observations mettent donc en évidence au moins deux périodes principales de colmatage de ces dolines. Elles correspondent à deux phases majeures de déséquilibre des versants. La première est d'ordre climatique (périglaciaire) et la seconde d'origine anthropique (déboisements et mise en culture). Ces accumulations reposent sur les formations sous-jacentes par l'intermédiaire de surfaces d'érosion nettes. Ces dernières matérialisent des reprises du soutirage

karstique et l'érosion d'une partie du remplissage de la doline. Ce fonctionnement correspond également à des périodes pendant lesquelles les apports colluviaux sont moins importants et traduit donc une certaine stabilité des versants.

Enfin, la morphologie du substrat rocheux et la géométrie des dépôts montrent que le paysage karstique, nettement plus différencié avant la Protohistoire, a subi un important colmatage. Il empâte la base des morphologies karstiques qui se présentent aujourd'hui sous la forme de dolines à fond plat.

MOTS CLÉS : doline, remplissage, Quaternaire, archéologie, Paléolithique, Protohistoire, anthropisation, Causse de Martel, Quercy, France.

ABSTRACT: *DOLINE MORPHOLOGY AND FILLING IN THE CAUSSE OF MARTEL BASED ON THE OBSERVATIONS REALIZED DURING THE ARCHAEOLOGICAL DIAGNOSIS OF THE BRIVE-SOULLAC AIRFIELD (CORRÈZE AND LOT, FRANCE). An operation of archaeological diagnosis was led by the INRAP (national institute for preventive archaeological researches) on the Causse de Martel. On this occasion, 610 trenches with bulldozers were done, mainly localized in the bottom of dolines.*

The morphology of the depressions presents most often a pronounced asymmetry. We observe a gently dipping slope underlain by sandy alterites. On the opposite side, a steep corrosion rim developed in bathonian limestones. The sections show an accumulation of several meters of different

sediments. At the base, we find periglacial deposits (stratified scree and yellow silt) which fossilized some archaeological remains of the middle Paleolithic. Just above an erosional unconformity, brown clays with calcareous gravel are found. Thanks to the presence of archaeological material, we date the emplacement of this level to be between the Protohistory and the medieval age. Finally, one or two meters of modern agricultural colluviums end the sequence. These observations put in evidence at least two main periods of infilling of these dolines. They correspond to two major phases of hillside imbalance. The first one has a climatic origin (Periglacial) and the second a human origin (clearings and agriculture). These accumulations are separated from the underlying deposits by distinct erosion surfaces, which can be linked to a reactivation of the karstic undercapture and the erosion of a part of the filling. This functioning corresponds to periods during which the colluviums are less abundant, indicating a certain stability of hillsides.

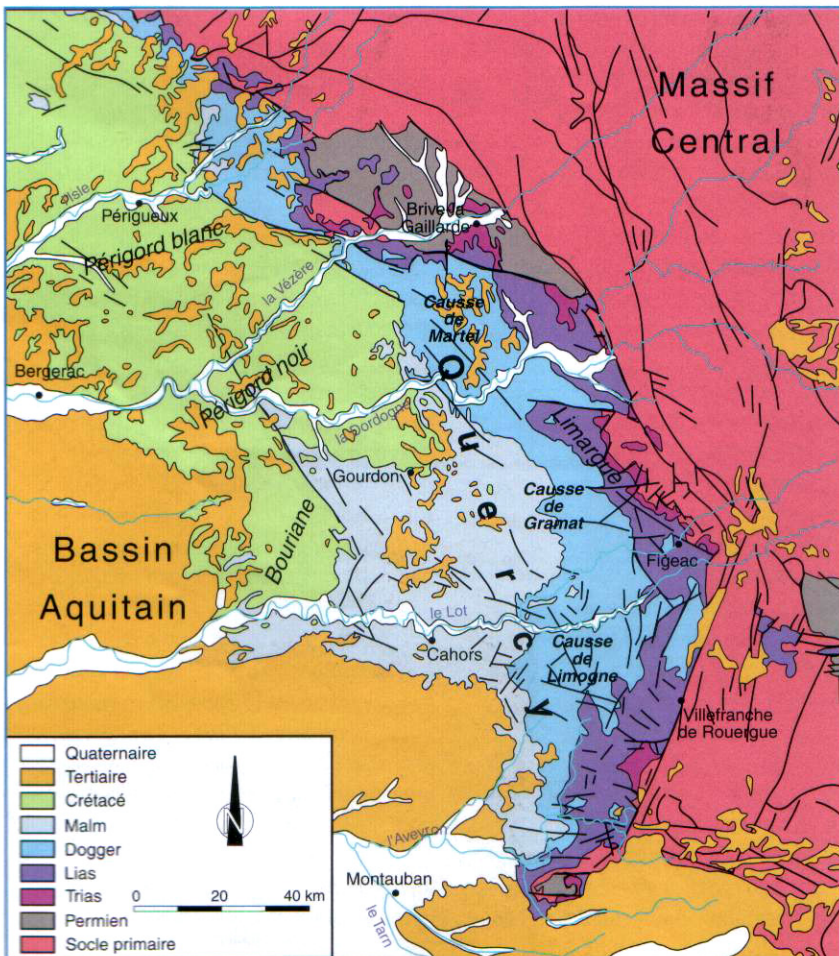
Finally, the morphology of the rock layers and the geometry of the deposits show that the karstic landscape, which was clearly more accentuated before the Periglacial and even before Protohistory, underwent an important filling. Today, the dolines are partially filled and show with a flat bottom.

KEY WORDS: *doline, filling, Quaternary, archaeology, Palaeolithic, Protohistory, anthropisation, Causse of Martel, Quercy, France.*

Photos 1 :
Doline du
secteur de la
Bille (Nespouls)
avant et après
sondage.
The Bille doline
(Nespouls)
before and
after
archaeological
diagnosis.



Figure 1 : Carte
géologique
générale des
Causses du
Quercy.
Geological
map of the
Causses of
Quercy.



Introduction

Dans le cadre du futur aménagement de l'aérodrome de Brive-Souillac, une opération de diagnostic et d'évaluation archéologiques a été menée sur l'ensemble de l'emprise. L'objectif consistait en la détection et éventuellement la fouille des vestiges archéologiques avant le démarrage des travaux. L'INRAP (Institut National de Recherches Archéologiques Préventives) a donc été chargé par les Services Régionaux de l'Archéologie du Limousin et de Midi-Pyrénées d'effectuer l'opération de diagnostic.

Une première phase de prospection pedestre a permis d'identifier différentes anomalies, qu'elles soient d'origine naturelle (cavité, paléokarst) ou anthropique (dolmen, tumulus, cazelle...). Elle a été suivie par une prospection mécanique qui s'est achevée en juin 2004. A cette occasion, 610 sondages à la pelle mécanique ont été réalisés. Sur les 66 ha concernés par l'opération, près de 4 ha ont été ouverts, soit environ 6% de la surface totale.

Au classique dispositif de sondage en quinconce utilisé sur ce type d'opération, nous avons préféré adapter la répartition des tranchées en fonction de la topographie karstique. Nous avons donc porté notre attention sur le fond des dolines dans lesquelles les sondages ont été disposés de manière rayonnante, en croix ou en parallèle, en fonction de la morphologie des dépressions. Une trentaine de dolines ont donc été recoupées d'un bout à l'autre par des tranchées pouvant atteindre 6 à 7 m de profondeur (photos 1).

Les résultats archéologiques montrent l'ancienneté et la pérennité de l'occupation humaine sur le Causse de Martel. Au Paléolithique moyen, un groupe de chasseurs et artisans intégrait cette zone nord quercinoise dans un territoire qui allait des bordures du Périgord au nord du Causse de Gramat. Durant l'Holocène, des établissements ruraux du Néolithique et de la Protohistoire y avaient été implantés également, mais ne nous sont parvenus que démantelés dans des colluvions au fond des dolines. Un « monde des morts » beaucoup plus spectaculaire est par contre conservé sur la colline du Temple, sous la forme d'une imposante architecture tumulaire. Des vestiges domestiques de l'Antiquité accompagnent ceux de la Protohistoire en position secondaire, mais un artisanat de fabrication de chaux a laissé d'importantes traces sur une bonne part de l'emprise que nous avons traitée : les infrastructures de gros fours à chaux. Le Moyen Age quant à lui ne semble guère présent, mais la fugacité ou l'ubiquité de ses vestiges éventuels ne nous a peut-être pas permis de le reconnaître. Les époques

Moderne et Contemporaine ont marqué l'ensemble du paysage local de diverses manières : l'architecture vernaculaire en pierres sèches (murets parcellaires, cazelles,...) est omniprésente, un petit bâtiment accompagné d'un épandage de cendres et des carrières d'extraction de moellons en sont les marques les plus visibles.

Cette longue activité anthropique dans ce contexte caussenard va avoir à partir de l'Holocène un impact conséquent sur l'évolution géomorphologique du milieu, en prenant une part importante dans les mécanismes qui vont être décrits dans les lignes qui suivent.

I. Le cadre géologique

Le Causse de Martel est encadré à l'est par le Limargue, région au paysage bocager qui contraste fortement avec l'aspect rocailleux des causses (figure 1). Elle est constituée par une bande étroite de terrains marno-calcaires du Lias, compris entre le socle cristallophyllien du Ségala à l'est et le causse à l'ouest. La vallée de la Tourmente est encaissée dans ces formations de plus de 200 m par rapport à la surface du plateau (figure 2). Vers l'ouest, le Causse de Martel est bordé par une autre région naturelle : le Périgord Noir. Ici, affluent essentiellement les dépôts argilo-sableux du Crétacé supérieur, transgressifs sur le Jurassique. La végétation est nettement silicicole et le paysage est marqué par un réseau hydrographique bien développé. Au sud, le Causse de Martel est séparé du Causse de Gramat par la vallée de la Dordogne qui traverse d'est en ouest les entablements jurassiques. Au nord, la faille de Condat-Meyssac met en contact anormal les calcaires jurassiques du causse et les grès permotriassiques du Bassin de Brive. Une série de petits ruisseaux (la Couze), tributaires de la vallée de la Vézère, entaille la bordure septentrionale du causse.

Au point de vue structural, les plateaux du Quercy sont compris dans le vaste synclinorium Charente-Quercy orienté NW-SE. A l'échelle du Causse de Martel, la structure est globalement monoclinale avec un pendage général en direction du SW. Peu de failles parcourent le causse. Au nord, la faille de Condat-Meyssac orientée est-ouest met en contact le Jurassique moyen avec les formations du Lias et du Trias. Dans la partie NW du causse, la faille de Lacassagne, de même orientation,

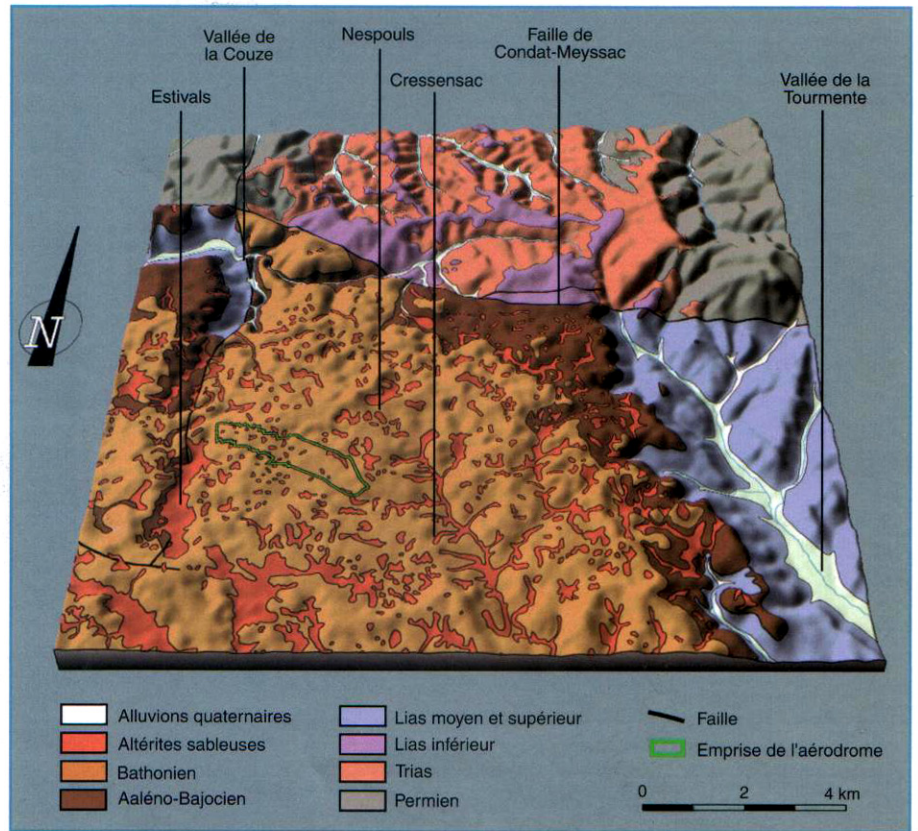


Figure 2 : Bloc géologique 3D de la partie nord-est du Causse de Martel.
Geological 3D view of the northeastern part of the Causse of Martel.

abaisse également le compartiment méridional et met en contact le Jurassique moyen avec les dépôts crétacés. Quelques failles subméridiennes, de moindre ampleur, se relayent, surtout sur la partie ouest du causse. La faille de Lissac passe juste à l'ouest de l'emprise de l'aérodrome et a guidé le développement de l'importante dépression d'Estivals.

Le Bathonien moyen concerne la totalité du substrat affleurant sur l'emprise du diagnostic. Des conditions de sédimentation assez changeantes dues à des variations du niveau marin ont nécessité la distinction de trois faciès [Astruc, 1990 ; Astruc *et al.*, 1994] :

- à la base, des calcaires oolithiques et bioclastiques atteignent 10 m d'épaisseur au niveau de Nespouls. Lumachelliques à la base, ils témoignent de dépôts de faible profondeur ;
- les calcaires en plaquettes alternent avec des petits niveaux de marnes noires et révèlent un contexte côtier avec de fréquentes émergences. Cette formation atteint 10 à 15 m d'épaisseur. La plupart des dolines sondées dans le cadre de ce diagnostic s'ouvrent dans ce niveau. Des lumachelles ainsi que des fragments de bois silicifiés sont

présents dans la partie haute de cette formation ;

- des calcaires à bancs marneux terminent la séquence du Bathonien moyen. Le sommet est difficile à repérer, mais cette formation semble atteindre 30 à 65 m d'épaisseur.

II. Le contexte géomorphologique

Le Causse de Martel est le plus septentrional des plateaux de Quercy et correspond à l'extrémité orientale des causses périgourdins. D'une altitude moyenne de 300 m, sa surface est de 480 km². C'est un plateau calcaire qui présente des morphologies karstiques caractéristiques [Clozier, 1940] : dolines (clouds), grottes (crozes), gouffres (igues), réseaux de vallées sèches sillonnant la surface du plateau et buttes isolées (pechs). Cependant, ces formes sont moins développées que sur les autres causses quercinois comme celui de Gramat par exemple. Le plateau est constitué par une surface endoréique, entaillée par la vallée du Blagour au sud et par les reculées des émergences périphériques [Muet *et al.*, 1986] : système du Blagour-Boulet au SW, Fontaine de Briance au SE, Fontaine de la Doux à l'Est, Sources de la Couze et

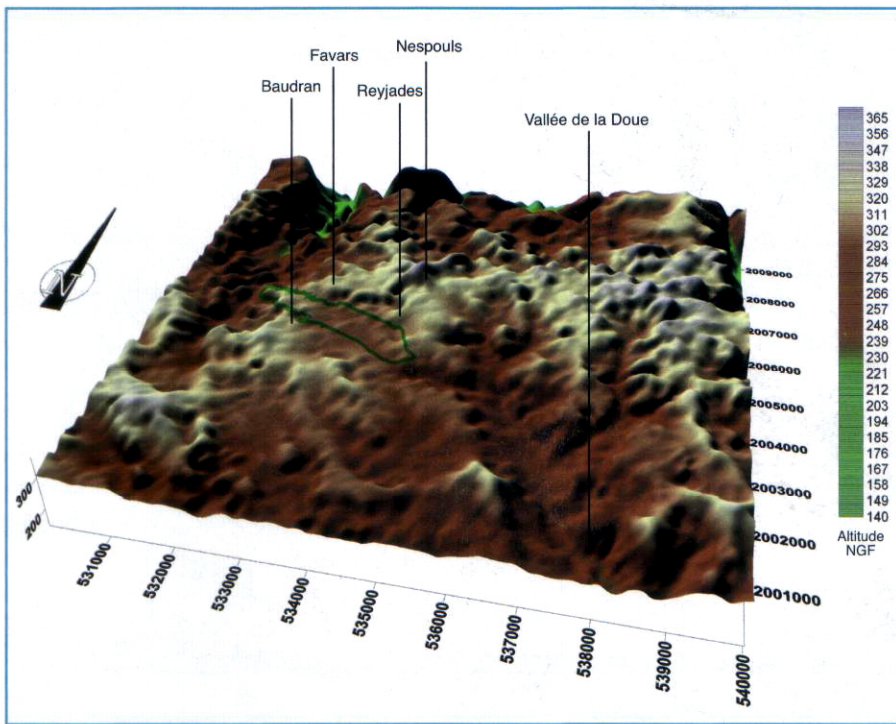


Figure 3 : Modèle Numérique de Terrain montrant les grands ensembles morphologiques du secteur étudié. Digital Elevation Model (DEM) showing the main morphological units of the studied area.

du Soulier au Nord (figure 2). Ces émergences correspondent à des réseaux karstiques épiphréatiques explorés sur plusieurs kilomètres de développement.

A. Les grandes étapes de l'évolution morphologique

Dès le Crétacé inférieur, l'érosion attaque les dépôts jurassiques alors émergés. Puis, la mer revient progressivement au Crétacé supérieur, en ennoyant d'abord les points bas de la topographie. Le caractère marin s'affirme jusqu'au Turonien avant une nouvelle régression qui aboutira au retrait définitif de la mer au Campanien.

A partir du Paléocène, le soulèvement de la partie nord-est du bassin aquitain soumet le Quercy à l'érosion et à la karstification [Astruc, 1988]. Le Quercy subit, sous un climat tropical chaud et humide, une importante altération. Elle s'attaque aux formations jurassiques, mais surtout aux dépôts du Crétacé supérieur qu'elle affecte parfois sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur [Simon-Coinçon, 1989 ; Simon-Coinçon *et al.*, 1997]. De grands réseaux de galeries de vaste section se développent à cette époque.

Pendant le Bartonien, les dépôts molassiques d'origine pyrénéenne s'avancent en direction du nord. Progressivement, ils bloquent les circulations

fluviales et permettent la formation de lacs autour des reliefs karstiques du Quercy [Gèze, 1938, Astruc, 1988, Renault *et al.*, 1992]. Cette remontée du niveau de base provoque une fossilisation complète du karst (phosphorites). La molasse à dominante carbonatée recouvre ensuite complètement les causses du Quercy à partir de la fin de l'Oligocène et durant une grande partie du Miocène. Elle scelle le karst pendant toute cette longue période.

A partir de la fin du Miocène, puis pendant le Pliocène et le Quaternaire, la reprise du soulèvement du Massif Central donne l'énergie suffisante au réseau hydrographique pour éroder les dépôts molassiques. Le nord du Quercy est d'abord dégagé. La karstification reprend donc plus précocement dans cette partie, alors que la partie sud est encore cachetée par la molasse. Les cours d'eau qui sillonnent le causse, et dont on retrouve quelques formes fossiles, incisent de plus en plus profondément la surface du plateau. Alors que la plupart des écoulements aériens sont absorbés par le karst, seules les vallées des cours d'eau principaux réussissent à conserver une circulation à l'air libre et à s'affranchir, au moins *pro parte*, du soutirage karstique. La Dordogne, le Lot et le Célé s'écoulent aujourd'hui 100 à 150 m en contrebas du rebord des plateaux.

B. Morphologie du secteur étudié

Dans le détail, la zone en question concerne la partie nord-est du Causse de Martel. Ici, le plateau est entaillé par deux vallées sub-méridiennes : la Tourmente à l'est et la vallée de Sorpt qui rejoint en aval celle de la Couze au nord-ouest. Globalement, l'emprise du diagnostic archéologique couvre deux ensembles morphologiques distincts (figures 3 et 4) :

- l'extrémité nord-est concerne plutôt un secteur en relief situé au nord-est de la D19E entre Nespouls et Estivals. Les sommets des reliefs atteignent entre 315 et 320 m d'altitude. Les dolines, de taille variable, atteignent pour les plus profondes la cote 297 m NGF (secteur de la Bille et de la Fosse) ;
- dans le reste de l'emprise, les sommets sont compris entre 300 et 305 m, à l'exception du point 312, au sud de Reyjades, que nous pouvons rattacher au premier ensemble. Le fond des principales dolines oscille autour de 285 - 290 m NGF.

Le premier secteur correspond à une série de reliefs en arc de cercle qui passe par Baudran, Favars, Nespouls et Reyjades. Il domine d'une quinzaine de mètres en moyenne un secteur déprimé ouvert sur la vallée de la Tourmente.

1. Les reliefs calcaires

Les reliefs les plus importants concernent la partie nord-ouest et nord-est du secteur étudié (Puy-Pialat, le Temple). Ils font partie d'un vaste ensemble de reliefs bien différenciés qui entourent les secteurs déprimés, nettement plus plans. Ainsi, on distingue deux types de reliefs calcaires :

- les pechs, qui sont des buttes calcaires de forme plus ou moins conique et qui dominent les replats alentours de vingt à trente mètres en moyenne. Les formes sont relativement douces et les versants ont été régularisés par la gélification, surtout active pendant les périodes froides du Quaternaire ;
- en contrebas, au sein des secteurs déprimés, toute une série de petits reliefs dominant de cinq à dix mètres le fond des dolines. Leur sommet, plus ou moins plat, s'aligne autour des 300 - 305 m d'altitude. Il correspond à un ancien replat morphologique aujourd'hui démantelé, dont les lambeaux sont préservés entre les dolines.

2. Les dépressions

Une trentaine de dolines à fond plat sont comprises dans le secteur étudié (figure 4). Leurs tailles et leurs morphologies sont variables. Une typologie de ces dépressions a pu être établie et concerne trois aires géographiques distinctes :

- au nord-ouest, jusqu'aux environs de la D19E (la Bille, la Fosse, El Barjou), les dolines sont pour la plupart de grande taille. Elles atteignent des longueurs de 250 à 300 m pour une profondeur de 10 à 15 m. Leur ouverture se fait à partir d'une surface largement démantelée qui oscille autour de 310 m d'altitude. Leur contour est souvent complexe, multilobé, incluant plusieurs dépressions coalescentes de profondeur variable. Elles peuvent, pour certaines, se rattacher à la définition d'un ouvala [Nicod, 1972]. Leur morphologie est caractérisée par une dissymétrie nette qui n'est pas due à un caractère structural, mais plutôt à l'affleurement localisé de lambeaux d'altérites remaniées. Ainsi, le versant en pente douce, sous-tendu par les altérites, butte en aval contre une bordure de corrosion plus raide.

C'est à ce niveau que se concentre l'essentiel du soutirage et de l'activité crypto-karstique. Le substrat calcaire a rarement pu être atteint par les sondages le long de ces bordures ;

- dans le secteur central, entre la Croze et le Puy Pialat, on observe une série de dolines sub-circulaires de taille plus modeste. Les ouvalas, plus rares, sont bien moins développés que dans le secteur en relief. Les dolines mesurent 50 à 100 m de diamètre pour une profondeur d'une dizaine de mètres. Elles s'ouvrent à partir d'une surface calée autour de 300 m NGF. Dans ces dépressions, la dissymétrie est beaucoup moins marquée malgré l'existence de lambeaux d'altérites crétaées ;
- dans le tiers sud-est de l'emprise, une série de grandes dépressions allongées (le Lacaud, le Temple et la Combe de la Mat) sont alignées suivant un axe WNW-ESE. Elles mesurent entre 200 et 300 m de longueur pour une largeur d'une centaine de mètres. Ces dolines semblent se situer dans le prolongement amont de la combe de la Mat, vallon fluvio-karstique qui constitue la partie amont du vallon de la Doue.

3. Cavités et paléokarsts

Lors de ce diagnostic, une attention toute particulière a été portée à l'existence éventuelle de cavités. Ainsi, plusieurs paléokarsts matérialisés par des concrétions de calcite à l'air libre ont été excavés. Aucun d'entre eux n'a donné accès à une cavité importante en raison de leur colmatage quasi complet. Quelques-unes ont néanmoins pu être visitées. Il s'agit notamment d'une igue de 5 m de diamètres quasiment imperceptible en surface (photo 2). Le remplissage était constitué des grèzes affectées par le soutirage, passant latéralement à une formation argileuse à cailloutis et à blocs calcaires. Sur le pourtour, des éboulis de blocs parfois imposants provenaient du démantèlement des parois. Nous n'avons pas pu poursuivre la désobstruction au-delà de 6 m de profondeur.

Au nord de El Barjou, au fond d'une doline en contrebas de la D19E, une autre igue a été révélée. Masqué par le remplissage colluvial de la doline, le substrat calcaire plonge verticalement sur plus de cinq mètres de dénivelée. L'évidement partiel de cette forme confirme bien qu'il s'agit d'une igue dont

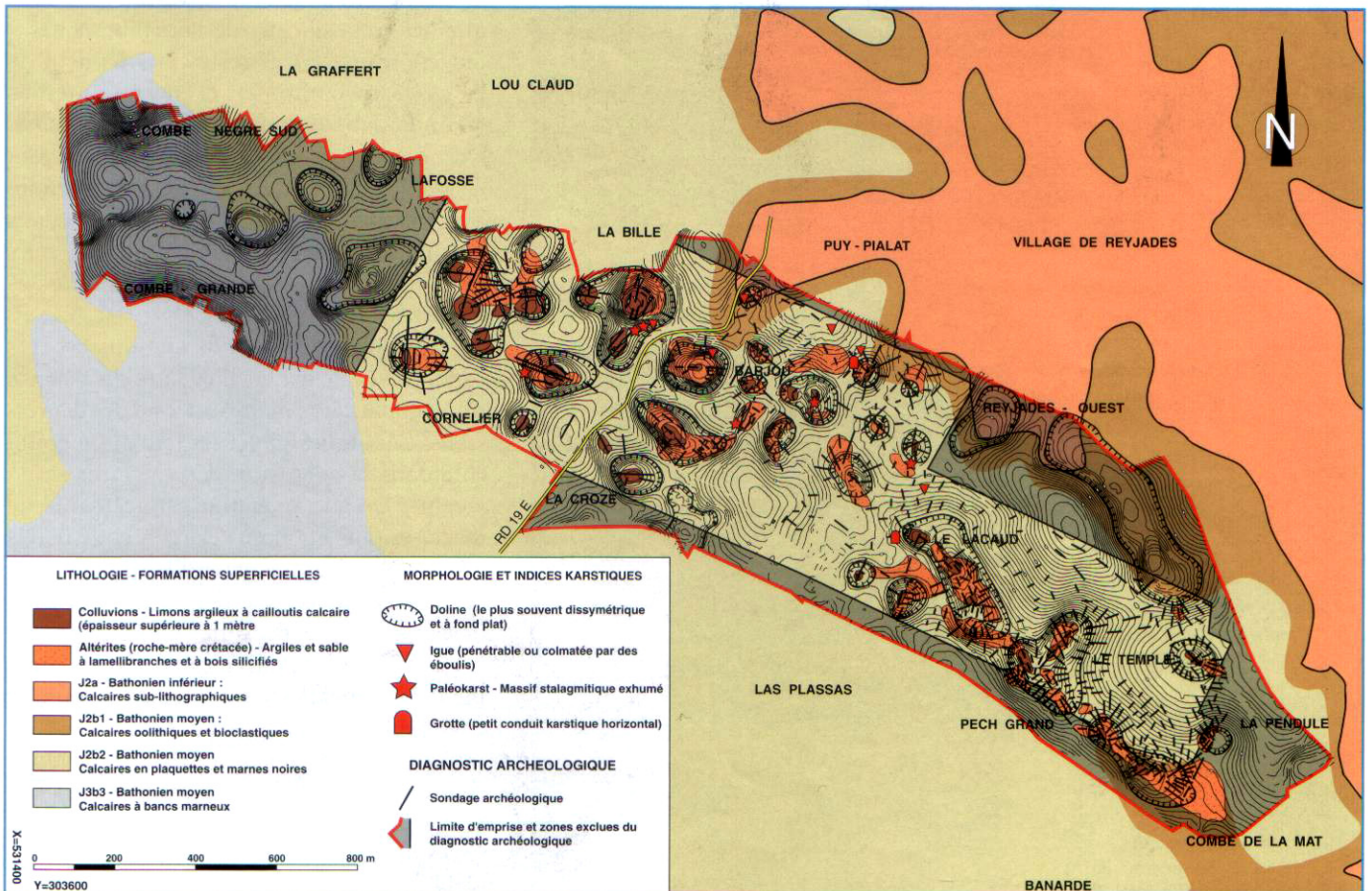


Figure 4 : Carte détaillée de l'emprise du diagnostic archéologique. Detailed map of the area of archaeological diagnosis.



le colmatage est constitué essentiellement de blocs calcaires de toutes tailles.

Plusieurs massifs stalagmitiques ont également été sondés. L'un d'entre eux a livré une petite grotte longue de quelques mètres ne présentant que des formes d'effondrement. Un autre a permis de reconnaître sur quelques mètres un petit boyau horizontal (0,6 x 0,5 m de section). Il s'agit à l'origine d'une galerie en conduite forcée d'un diamètre moyen de 1,5 m, en grande partie colmatée par des argiles sableuses. Au sommet, un plancher stalagmitique scelle le remplissage détritique (photo 3).

C. Les formations superficielles

Grâce aux nombreux sondages réalisés et à l'étude des photos aériennes nous avons pu établir une cartographie des formations superficielles, lorsque celles-ci étaient suffisamment développées (figure 4).

Les altérites issues du Crétacé supérieur sont constituées d'argiles, d'argiles sableuses et de sable argileux de couleur variable, allant du blanc au rouge violacé en passant par le jaune et l'ocre (photo 4). Au gré de l'évolution morphologique du causse, ces dépôts ont successivement été remaniés de points bas en points bas. Ainsi, on les retrouve le plus souvent dans les secteurs déprimés ou sur les versants des dolines dissymétriques. De nombreux fragments de bois silicifiés ainsi que des tests siliceux de lamellibranches y ont été trouvés. Ces restes proviennent de l'encaissant Bathonien et ont été intégrés secondairement dans les argiles sableuses. On observe également la présence de blocs de grès ferrugineux. Ils peuvent correspondre à des ferruginisations initiales formées dans les altérites du Crétacé ou plus tard, au cours de leurs remaniements successifs dans les poches karstiques.



L'épaisseur de ces formations est très variable. Localement pelliculaire, elle dépasse souvent plusieurs mètres au fond des dépressions. Ces argiles sableuses jouent un grand rôle dans la corrosion des calcaires sous-jacents. De fait, leur mur est accidenté de diaclases plus ou moins élargies et de reliefs résiduels aux formes arrondies. Il s'agit d'un crypto-lapiès, localement bien exprimé, développé sous couverture (photo 5). Sur les versants où le substrat calcaire affleure largement, quelques diaclases isolées contiennent encore un remplissage d'altérites.

L'activité biologique et le climat (gélification) affectent directement le substrat calcaire et participent à sa fragmentation. Ainsi, les versants sont par endroits recouverts de cailloutis et de blocaille. Ce matériel transite en surface en direction des points bas. Sous

Photo 2 (en haut) : Igue colmatée, partiellement évidée par la pelle mécanique.
Pit partially excavated by a bulldozer.

Photo 3 (ci-dessus) : Petite grotte en grande partie colmatée découverte au cours de l'opération.
Small cave, mostly filled, that was discovered during the diagnosis.

Photo 4 (ci-contre) : Les altérites sableuses présentent des variations de couleurs assez spectaculaires.
The sandy alterites show spectacular variations of colours.



conditions périglaciaires, la gélifraction a été beaucoup plus intense, comme en témoignent les dépôts observés dans les dolines (cf. *infra*). Cependant, les gélifractions ont quasiment disparu de la surface des plateaux. Leur dissolution au cours de l'Holocène a été d'autant plus efficace qu'ils étaient intensément débités par le gel.

Enfin, le fond des dolines collecte l'ensemble des éléments en transit sur son bassin versant. De fait, les formations superficielles y sont épaisses mais sont un amalgame de toutes les formations affleurantes (limons argileux, argiles sableuses, grèzes, argiles à cailloutis calcaire, éboulis...). Ce sont donc des dépôts complexes que nous détaillerons dans la partie suivante.

III. Le remplissage des dolines

De très nombreux sondages ont été étudiés en détail. Ils peuvent être résumés par une série de coupes clés que nous présenterons ci-dessous. Elles permettent d'établir des relations géométriques entre les différents corps sédimentaires et donnent quelques jalons dans la mise en place de ces remplissages, en particulier grâce à la présence de vestiges archéologiques.

A. Sondage 14 (figure 5)

Il recoupe une petite dépression peu marquée qui fait partie d'un grand ouvala dans lequel persiste une importante couverture d'altérites. Le sondage est positionné entre les altérites et la bordure de corrosion.

Le substrat calcaire a été suivi jusqu'à près de sept mètres de profondeur. En pente régulière depuis le SSE, il conserve cette inclinaison jusqu'à trois mètres de profondeur. Puis la pente s'accroît nettement et se poursuit au-delà du fond du sondage. A l'autre extrémité, la tranchée entame les altérites crétacées particulièrement abondantes dans ce secteur. Sub-affleurantes au NNW, elles plongent en direction de la bordure de corrosion. De nombreux fragments de bois silicifié, dont un fragment de plusieurs dizaines de kilogrammes, ont été trouvés au sein des altérites.

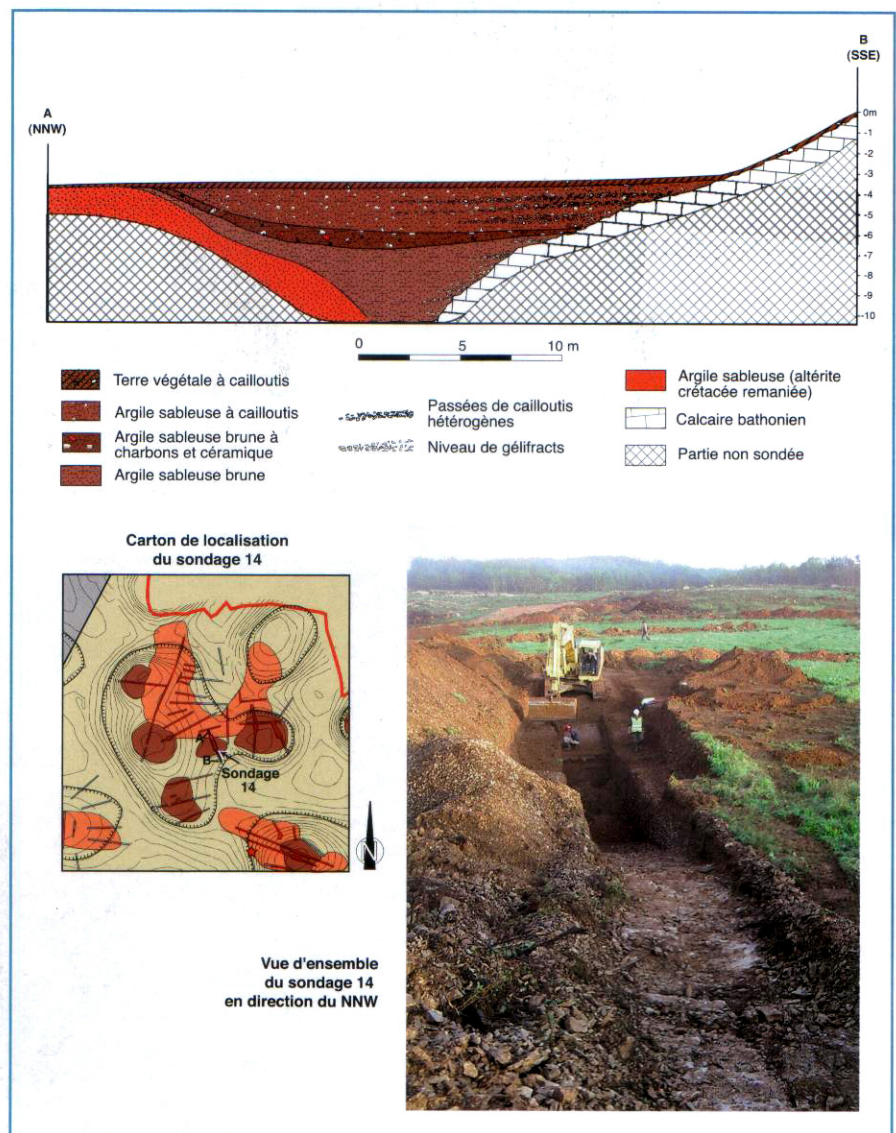
L'essentiel du remplissage provient des argiles sableuses, plus sensibles à l'érosion que les calcaires. On peut toutefois distinguer les différents types d'apports colluviaux en fonction de leur origine. Ainsi, le versant calcaire fournit des gélifractions et du cailloutis calcaires alors que les altérites remaniées contiennent des blocs de grès ferrugineux et des fragments de bois silicifiés.

La base du remplissage repose à la fois sur le substrat rocheux et sur les altérites.



Photo 5 : Lapiaz colmaté par les argiles sableuses.
Karren field filled by sandy clays.

Figure 5 : Coupe du sondage 14.
Section of the trench 14.



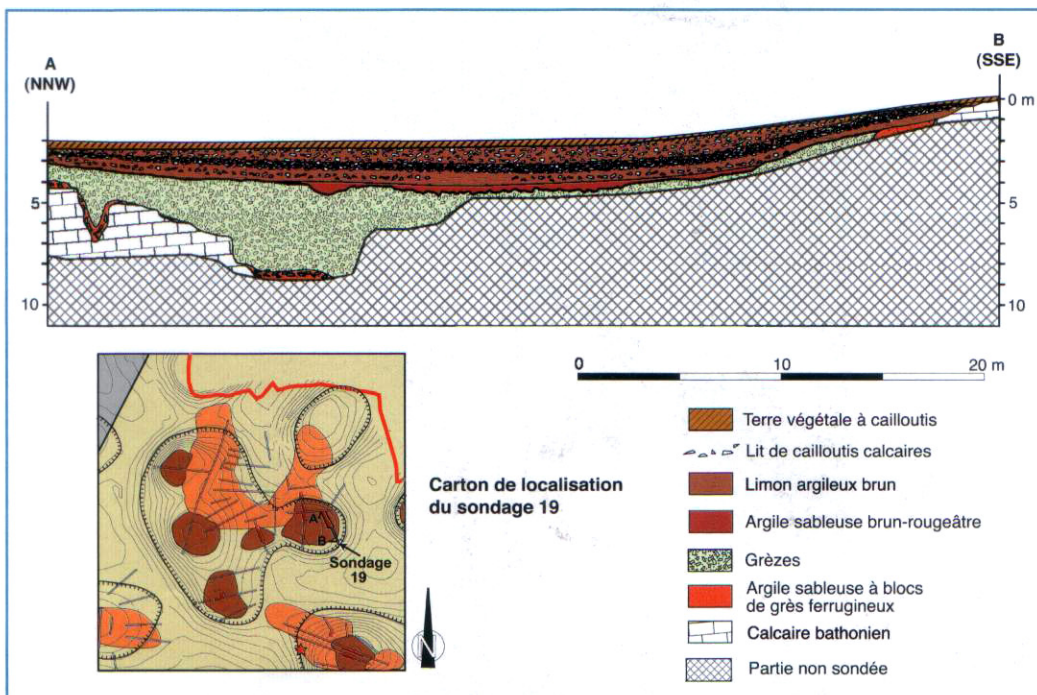


Figure 6 : Coupe du sondage 19.
Section of the trench 19.

Il débute par plus de cinq mètres d'argile sableuse brune, localement rougeâtre. Des blocs de grès ferrugineux ainsi que des fragments de bois silicifiés apparaissent assez régulièrement.

Au-dessus, une couche brune dont l'épaisseur maximum atteint 80 cm est composée d'argile sableuse contenant des blocs calcaires et des grès ferrugineux hétérométriques. L'arrivée brutale de blocs mal triés, signe une déstabilisation des versants. De très nombreux charbons ainsi que quelques fragments de poteries attribuables à la Protohistoire sont présents dans ce niveau.

La formation sommitale est constituée par près de trois mètres d'argile sableuse brune à cailloutis. Ces éléments

calcaires sont organisés en lits qui démarrent contre la paroi calcaire. Leurs constituants sont hétérométriques (entre 2 et 10 cm de diamètre). Les arêtes sont arrondies, la surface des blocs présente une altération pelliculaire nette et on observe de nombreuses perforations. Cet aspect est assez caractéristique de l'altération que peuvent subir des éclats de calcaire dans un sol pédologique. Cette formation colluviale correspond à l'érosion d'anciens sols développés sur les versants de la doline.

B. Sondage 19 (figure 6)

Situé à une centaine de mètres à l'est du sondage 14, il recoupe une petite dépression que l'on peut rattacher à

l'ouvala principal. Ici aussi, la dissymétrie est nette entre le versant septentrional en pente douce (substrat d'altérites crétacées) et la limite méridionale formée par une bordure de corrosion plus raide. Le sondage a été positionné perpendiculairement à la bordure calcaire.

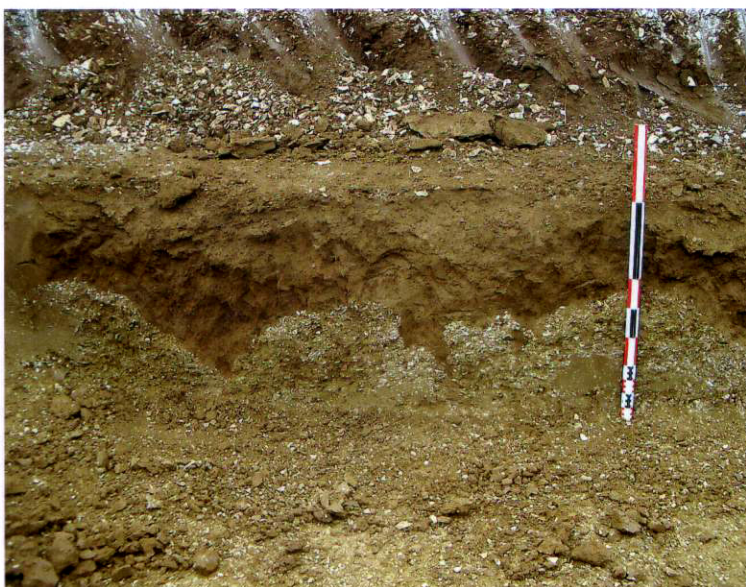
A la base, le substrat calcaire présente une topographie très irrégulière. Plusieurs diaclases élargies constituent des

points de soutirage. Au-dessus, les altérites argilo-sableuses du Crétacé à bloc de grès ferrugineux se retrouvent de manière discontinue. Elles sont préservées dans les points bas du substrat rocheux. De nombreux blocs de calcaire sont mêlés à cette formation. Il s'agit soit de blocs remaniés avec les altérites soit d'une véritable brèche de corrosion, que l'on observe souvent entre les altérites et le calcaire.

Plus de cinq mètres de gélifracsts se sont accumulés au-dessus des altérites, et parfois directement au contact du calcaire. Ce sont des petites plaquettes anguleuses, assez altérées, d'un module plutôt réduit (2 à 4 cm de diamètre). Ces éclats sont pris dans une matrice argilo-limoneuse beige clair à jaunâtre. Il n'y a pas de litage visible. Leur sommet a ensuite été recouvert par une formation colluviale argileuse rougeâtre, remaniant des altérites crétacées. Néanmoins, cette accumulation s'est certainement produite peu après l'accumulation des grèzes et dans une ambiance périglaciaire puisque le tout a été affecté par la cryoturbation (photo 6). Ces gélifracsts qui illustrent des dépôts datant très certainement du dernier épisode glaciaire, sont localement déformés par le soutirage karstique.

Au-dessus, une formation argileuse brune parcourue par des niveaux de cailloutis recouvre le tout. Elle repose en discordance sur les formations sous-jacentes et tronque les grèzes cryoturbees, à l'exception de la partie la plus

Photo 6 : Le sommet des gélifracsts montre des formes de cryoturbation assez nettes (la mire mesure un mètre). Deformation by cryoturbation is clearly visible on the top of the frost-shattered deposits. The bar is one meter in length.



déprimée de la doline. Ces colluvions brunes à cailloutis sont épaisses de plus d'un mètre cinquante. Elles ne montrent pas de traces de soutirage évidentes.

C. Sondage 17 (figure 7)

Alors que son extrémité orientale est proche de la bordure calcaire, l'essentiel du sondage longe un important affleurement d'altérites. Le substrat calcaire n'a donc été atteint que dans la partie est du sondage. Il suit une pente régulière en direction de l'ouest puis plonge très brutalement. Sur les calcaires, les altérites sableuses se résument à quelques décimètres d'épaisseur et intègrent de nombreux blocs calcaires.

Vers l'ouest, elles deviennent très épaisses. Leur toit est irrégulier et dessine une succession de dômes de quelques mètres de largeur séparés par des chenaux profonds de 1 à 1,5 m. Ils correspondent à des formes d'érosion qui ont entaillé les argiles sableuses. Le fond des chenaux contient une concentration de fragments de grès ferrugineux, de sable grossier ainsi que des quartz taillés en position remaniée (Paléolithique moyen). La topographie du toit des altérites montre à l'évidence un système de chenaux d'érosion qui se dirigent vers le point bas de la doline. Ils révèlent une certaine dynamique du soutirage karstique capable de provo-

quer, par érosion régressive, l'incision des formations argilo-sableuses.

Dans la partie est du sondage, une accumulation de grèzes constitue le prolongement nord de l'épaisse accumulation de gélifracsts relevée dans le sondage 19. En direction de l'ouest, cette nappe de grèzes passe latéralement à des limons argileux jaunâtres. Ce passage progressif permet d'établir une corrélation entre ces limons jaunes et les grèzes et leur confère, de fait, une origine périglaciaire. D'ailleurs, la présence de structures lamellaires au sein des limons jaunes correspond à la formation de lentilles de glace pendant la dernière phase froide du Quaternaire. Quelques lits de grèzes sont également interstratifiés dans la formation limoneuse. Il s'agit donc d'une variation latérale de faciès liée à la nature du bassin-versant.

Une série de lentilles sableuses à petits blocs de grès ferrugineux ravine la partie supérieure des limons jaunes. Ces structures illustrent une phase d'érosion au toit de la séquence limoneuse.

Au sommet, une formation limono-argileuse brune à cailloutis calcaires s'épaissit d'est en ouest, où elle atteint 1,5 m d'épaisseur. Elle débute par un niveau limono-argileux à cailloutis épars et à fragments de céramiques (proto-historiques à médiévales). Elle est surmontée par une passée plus caillouteuse puis par une trentaine de centi-

mètres de terre végétale à cailloutis. L'arrivée pour la première fois de fragments calcaire, dans un secteur de la doline où le bassin versant est constitué par les altérites, ne peut être imputée qu'à l'activité agricole et notamment aux labours qui assurent un mélange et une répartition des formations superficielles dans l'ensemble de la doline.

D. Sondage 56 (figure 8)

Il traverse de part en part une petite dépression appartenant à un ouvala (la Bille). Cette doline est perchée d'une dizaine de mètres en contre-haut du fond de la dépression principale.

Le substrat calcaire est sub-affleurant aux deux extrémités. Sa pente augmente rapidement puis il disparaît en profondeur sous le remplissage. Les altérites apparaissent dans la partie NE du sondage. Au contact du substrat rocheux, elles sont peu épaisses et contiennent des blocs de calcaire assez altérés ainsi que des blocs de grès ferrugineux. A quelques mètres de la bordure, on retrouve une formation plus massive d'argiles sableuses rubéfiées contenant des blocs de grès ferrugineux et de très rares fragments de calcaire.

Des grèzes épaisses de plus d'un mètre surmontent les altérites. Le contact est irrégulier et des paquets de grèzes pénètrent assez profondément dans les altérites. La cryoturbation, et

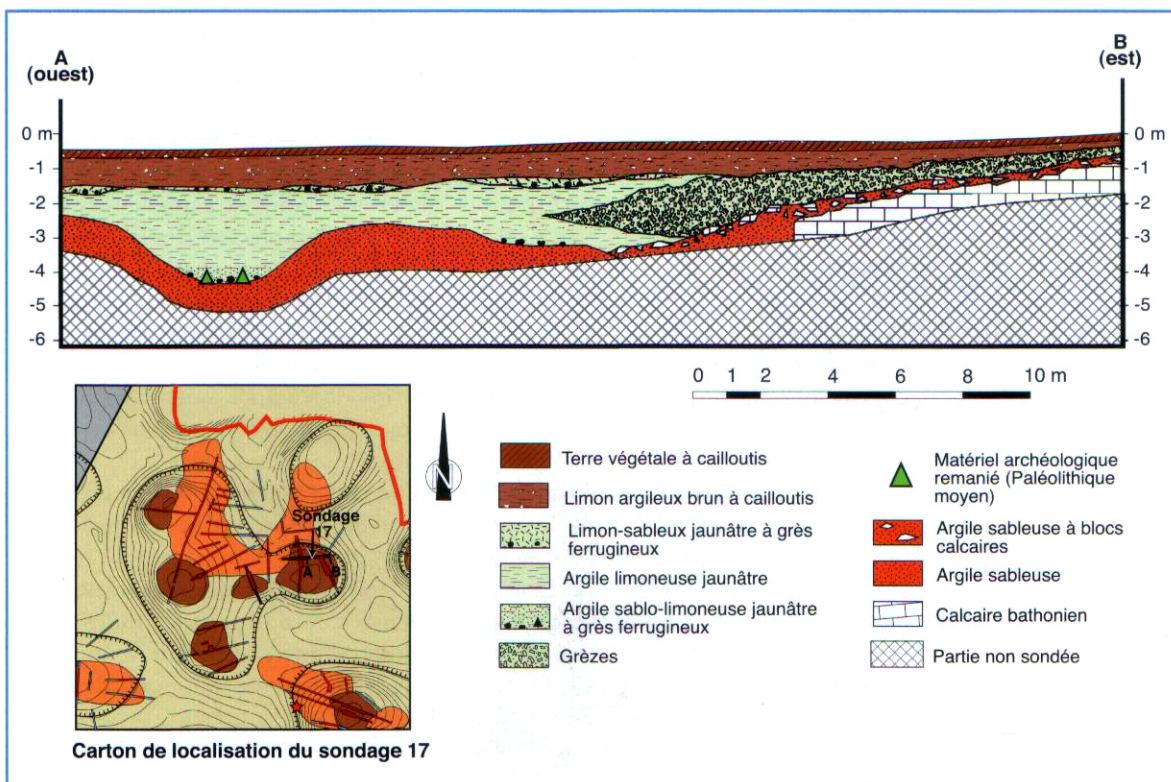


Figure 7 : Coupe du sondage 17. Section of the trench 17.

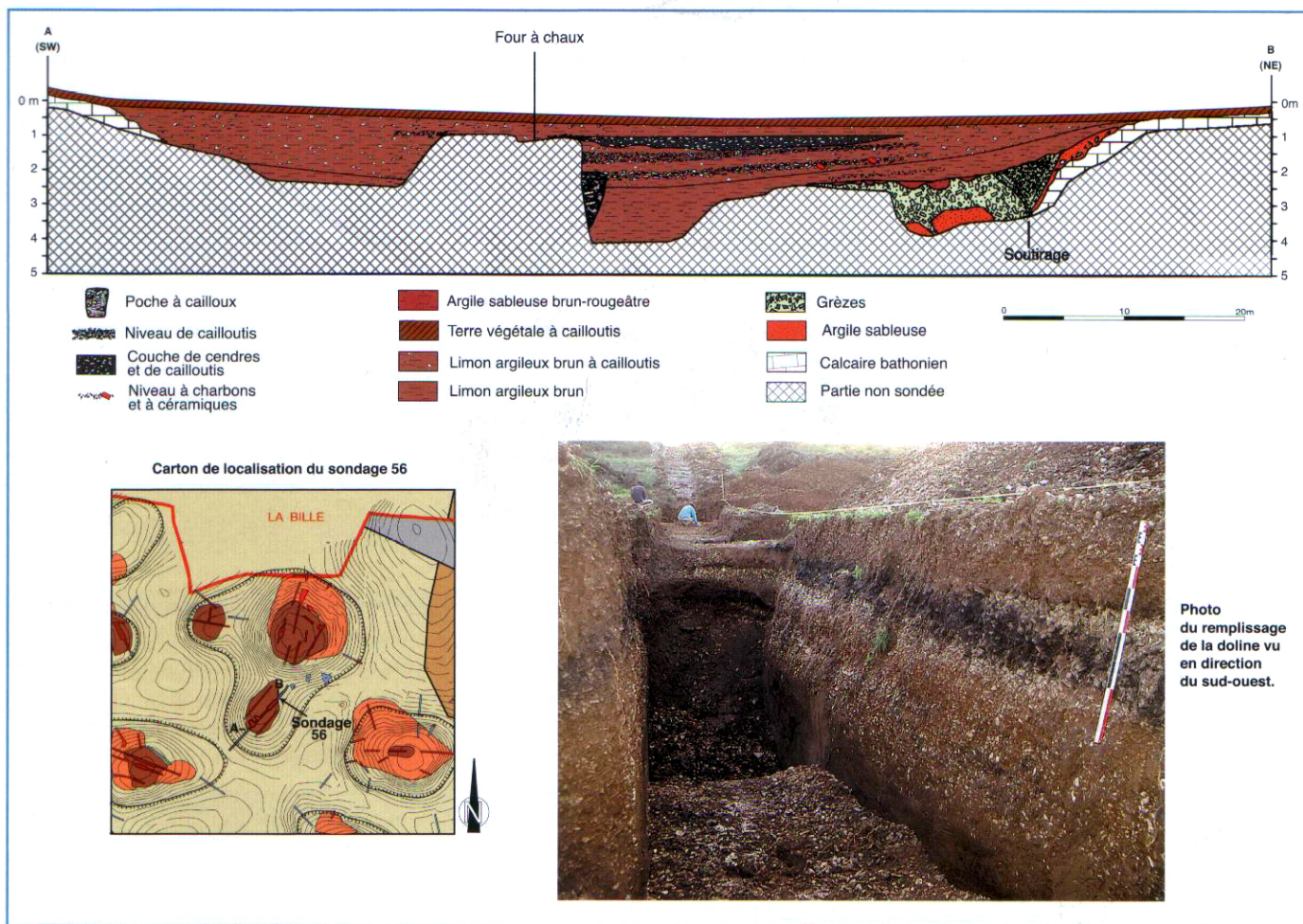


Figure 8 : Coupe du sondage 56. Section of the trench 56.

notamment la formation de coins de glace sont responsables de ce dispositif. Elle affecte également le sommet des grèzes qui dessine des festons. Ils sont recouverts par un lambeau d'une formation argilo-sableuse rougeâtre préservée uniquement à ce niveau. Un soutirage affecte ces grèzes dans la partie NE de la coupe.

Un épais niveau de limon argileux brun, homogène, recouvre le tout. Il repose en discordance sur les grèzes cryoturbés et scelle le soutirage. Il contient une passée riche en charbons et en tessons de céramiques attribués à la période protohistorique. La présence de ces vestiges permet de fixer la mise en place de ces limons dans une période récente de l'Holocène. Ils montrent l'existence d'une importante lacune entre la mise en place des grèzes cryoturbées et le recouvrement par ces limons.

Enfin, au-dessus viennent plus de deux mètres de colluvions brunes à fragments de calcaires épars. A la base de ce niveau, nous avons recoupé une structure assez curieuse, sous la forme d'une poche aux contours nets, remplie de

bloccaille sans matrice (photo page IV de couverture). Interprétée initialement comme un ancien soutirage colmaté par les agriculteurs, un examen détaillé des parois nous a permis d'observer la présence de traces d'outils dans l'encaissant argileux. Après enquête locale, il reste difficile de connaître l'objectif de ces excavations. L'enfouissement des cailloutis où le prélèvement de terre pour amender d'autres secteurs restent les hypothèses les plus vraisemblables. Dans tous les cas, leur présence montre l'importance du colmatage des dolines depuis leur creusement, certaines d'entre elles ayant été recoupées à plus de deux mètres de profondeur. Enfin, dans la partie supérieure de la formation brune à cailloutis, les restes d'un petit bâtiment ont été découverts vers 70 cm de profondeur. Il est à l'origine d'une couche de cendres et de cailloutis calcaire, épaisse de plus de cinquante centimètres, qui se dirige vers le centre de la doline. Sa présence confirme que la mise en place de ce niveau brun à cailloutis est récente et étroitement associée aux activités anthropiques.

IV. Interprétations concernant la dynamique du remplissage

L'intégration des données de l'histoire géologique, des formes de paysage et de la cartographie des formations superficielles fournit un canevas de l'histoire morphologique de ce secteur. Avec l'appoint des données archéologiques, il permet de mieux appréhender l'évolution du remplissage des dolines.

A. Éléments de mise en place des principales formes karstiques

Le résidu d'altération des dépôts marins du Crétacé a été extrêmement abondant et a recouvert plus ou moins complètement les causses du Quercy. Cette formation a conditionné l'évolution d'un karst sous couverture dont les pechs les plus hauts sont les témoins. Ainsi, le secteur en relief, constitué de pechs et de dolines profondes est le résultat d'une succession de morphogènes karstiques, au moins depuis la fin du Crétacé supérieur.

Un gradient hydraulique plus marqué apparaît avec le début du creuse-

ment des canyons. Le réseau hydrographique organisé se met en place sur la molasse puis sur les altérites qu'il évacue en grande partie. Les pechs sont progressivement exhumés de leur couverture dont seule une partie reste piégée dans les dépressions basales. En aval, le réseau hydrographique qui circulait initialement sur les altérites s'inscrit progressivement dans le substrat calcaire. On perçoit encore, grâce à l'utilisation des modèles numériques de terrain, l'empreinte de cet ancien réseau hydrographique qui converge, dans ce secteur, vers la vallée de la Tourmente (figure 3).

A partir de la fin du Tertiaire, les principales vallées s'encaissent dans l'entablement des causses en réponse au soulèvement d'ensemble du Massif Central. Plusieurs niveaux de replats marquent des périodes de répit pendant lesquelles les processus d'aplanissement karstique ont façonné ces formes. Le secteur en relief, garnis de pechs, est le témoin d'anciennes morphologies qui existaient certainement sur l'ensemble du causse et qui ont été en grande partie sapées par les phases d'aplanissement postérieures. A leur pied, un replat oscille autour 300-305 m. Il concerne notamment le secteur déprimé de l'emprise mais se retrouve très largement sur le causse, notamment au fond de larges dépressions. Il matérialise une période dominée par le développement horizontal de la karstification, responsable de la coalescence des nombreuses dolines et du développement de poljés.

Avec la poursuite du creusement des canyons et l'abaissement de plus en plus marqué du niveau de base, l'essentiel de la couverture d'altérites a été évacuée par le karst. Les circulations de surface ont disparu, ne pouvant plus résister au soutirage karstique. Bénéficiant des résidus de couverture argilo-sableuse, la crypto-corrosion n'a pu se maintenir dans quelques secteurs de plus en plus restreints. Aux processus d'aplanissement s'est alors substituée une verticalisation générale des formes. Ainsi, le secteur en relief a connu une reprise de l'enfoncement des dolines. Le fond des ouvalas s'est différencié : les dolines les plus actives ou les mieux alimentées en eau se sont approfondies alors que les autres sont restées perchées sur les bordures. Dans le secteur déprimé, le replat karstique a été défoncé par la crypto-corrosion et le soutirage

karstique. Enfin, dans le tiers sud-est de l'emprise, les dolines allongées correspondent au défonçage d'un ancien vallon fluvio-karstique. L'abondance de matériaux meubles (altérites) et les possibilités de concentration des eaux dans l'axe du talweg ont été favorables à leur développement.

B. Origine et mise en place des remplissages des dolines

1. Les altérites crétacées

Ces formations argilo-sableuses contribuent au façonnement de la topographie karstique du causse depuis le début du Tertiaire. Remaniées successivement de point bas en point bas, elles constituent l'essentiel du cortège d'insolubles, enrichi par les résidus de dissolution des calcaires jurassiques. Cette couverture a régi la localisation et l'évolution des dolines. En effet, elle constitue un impluvium peu perméable à la surface du causse. Les ruissellements concentrés s'infiltrent en bordure des affleurements d'altérites et initient un point de soutirage. A ce niveau, des altérites remaniées s'accumulent et forment une couverture plus ou moins perméable. Celle-ci, en conservant l'humidité, joue alors le rôle d'une compresse humide et maintient une activité de crypto-corrosion sur les calcaires permettant l'approfondissement mais aussi l'extension de la doline. Le versant couvert d'altérites étant partiellement protégé, c'est le versant opposé qui recule progressivement par le biais d'une bordure de corrosion. On aboutit ainsi à la formation des dolines dissymétriques, caractéristiques des grandes dolines de ce secteur.

2. Le périglaciaire

Il était malheureusement difficile de descendre au-delà de cinq à six mètres de profondeur. Nous ne savons donc pas de quoi est constitué le fond des dolines. Après les altérites remaniées, le remplissage le plus ancien est constitué par les argiles limoneuses jaunes et les grèzes périglaciaires. Les conditions climatiques défavorables et la rareté de la végétation durant ces périodes ont favorisé le colluvionnement et ont contribué au colmatage des dolines sur plusieurs mètres d'épaisseur. Au sommet, des formes de cryoturbation montrent que ces dépôts sont en place et n'ont pas été remaniés par la suite.

Nous n'avons pas observé de dispositif mettant en évidence une concomitance du soutirage et de la gélifraction. Manifestement, l'abondance de matériel détritique a largement pris le pas sur le fonctionnement du karst, certainement entravé par la présence d'un sol gelé. En effet, l'observation à plusieurs reprises de cryoturbations et de structures lamellaires témoigne de la présence au moins saisonnière d'un permafrost.

3. L'Holocène

A plusieurs reprises, nous avons pu observer que les gélifractions étaient ponctuellement soutirés par le karst. Cette reprise de l'activité karstique peut signer le retour de conditions plus favorables à la karstification. De même, nous avons relevé en plusieurs points une troncature au sommet des dépôts périglaciaires. Dans le contexte de dépressions fermées, cela correspond à la reprise du soutirage principal qui se traduit, dans le reste de la doline, par une vague d'érosion régressive. Les versants, certainement stabilisés par la végétation, ont fourni une quantité moindre de matériaux.

Une lacune sédimentaire semble couvrir une grande partie de l'Holocène puisque, juste au-dessus de cette troncature, viennent en discordance les formations colluviales brunes à cailloutis dans lesquelles des tessons protohistoriques ont été trouvés. Souvent, ces formations marquent un changement radical dans le mode de sédimentation qui devient plus détritique et plus hétérogène. La couleur brune de la matrice et l'abondance de cailloutis calcaire émoussé traduisent l'érosion des sols sur les versants de la doline. La déforestation peut être invoquée pour expliquer la remobilisation brutale des sols.

Enfin, la période récente et la mécanisation contribuent également au colmatage des dépressions. Le fond plat des dolines est d'ailleurs souvent un signe de l'anthropisation du milieu [Nicod, 1972]. Les coupes successives « à blancs » sur les versants pendant le XIX^{ème} et la première moitié du XX^{ème} siècle ont favorisé l'érosion des sols et de la frange altérée des calcaires. Par la suite, les matériaux ont été mélangés et répartis de manière homogène par les labours dans l'ensemble de la dépression, même dans les secteurs où seules les altérites crétacées affleurent en amont.

Conclusions

L'ensemble des observations réalisées au cours de ce diagnostic archéologique a permis de mieux cerner les modalités du remplissage des dolines de ce secteur. Elles mettent donc en évidence un colmatage polyphasé qui admet d'importantes lacunes sédimentaires. Ainsi, les périodes de colmatage traduisent un déséquilibre des versants. Le premier de ces déséquilibres est d'ordre climatique et correspond à l'accumulation des dépôts périglaciaires. Dans ce contexte froid, les versants exempts de végétation ont été exposés aux agents d'érosion. Le calcaire a été débité par les alternances gel-dégel et les altérites ont été remaniées par le ruissellement et la solifluxion. La seconde phase de déséquilibre s'accorde plutôt à la présence de l'homme dans ces dolines. La séquence caillouteuse brune contient des vestiges archéologiques qui vont de la Protohistoire jusqu'à la période moderne et provient de l'érosion des sols en bordure de la doline. Ces dépôts découlent des déboisements successifs qui se sont poursuivis jusqu'à nos jours. Ils se traduisent par plusieurs mètres de dépôts au fond des dolines.

Les phases de soutirages correspondent plutôt à des périodes de stabilité, certainement liées à un développement de la végétation et d'un sol sur les versants des dolines. Elles se traduisent dans les séquences sédimentaires par des lacunes et par le soutirage des dépôts plus anciens. Ainsi, les altérites sableuses ont été fortement soutirées et érodées avant la mise en place des dépôts périglaciaires. Le matériel archéologique, de facture plutôt Paléolithique moyen, a transité dans des rigoles avant d'être piégé dans une légère dépression du substrat, à la base du versant. Sans pouvoir donner plus de précisions, son remaniement peut être situé au cours du dernier interglaciaire. Il est scellé par les dépôts périglaciaires en place de la dernière phase froide du Quaternaire.

La seconde lacune se situe au toit des gélifractions. Ceux-ci sont tronqués par une surface d'érosion et sont localement soutirés. Cette reprise du fonctionnement du soutirage karstique concerne une grande partie de l'Holocène. Elle se termine au cours de la Protohistoire et correspond à l'arrivée de sédiments argileux bruns à cailloutis. Nous n'avons pas observé de soutirages dans ces dépôts.

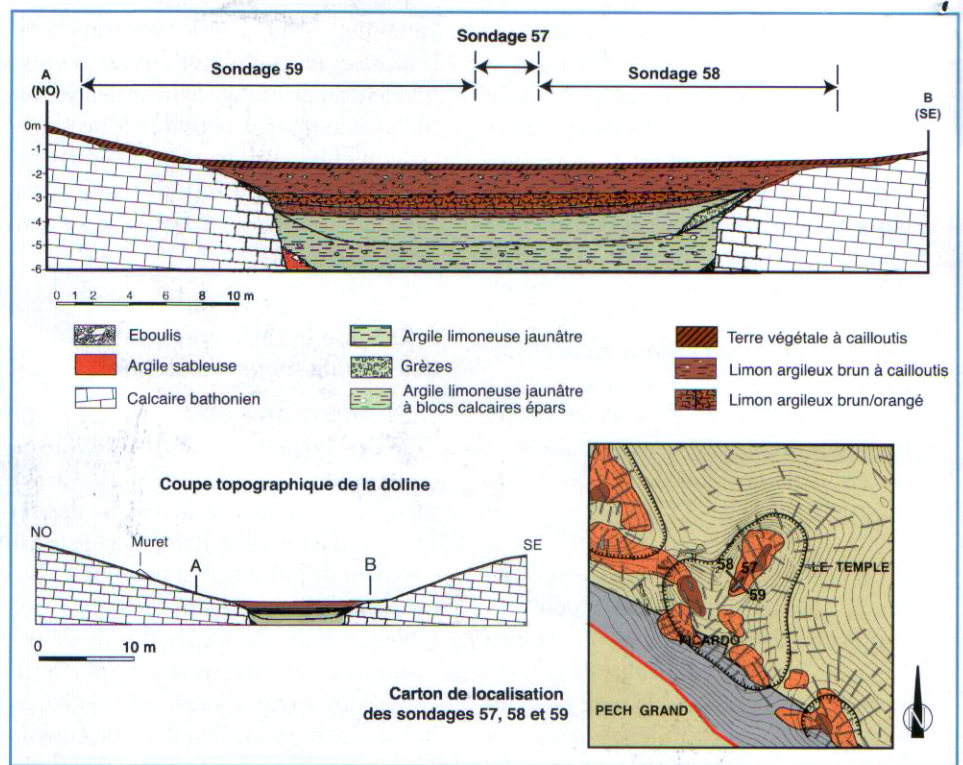


Figure 9 : Coupe des sondages 57, 58 et 59.
Section of the trenches 57, 58 and 59.

En plus de l'importance du colmatage, les coupes ont montré l'existence d'une morphologie karstique nettement plus différenciée, notamment au début du périglaciaire. La coupe réalisée à partir des sondages 57, 58 et 59 est d'ailleurs assez éloquente (figure 9). Elle montre, avec une série d'autres sondages, que le fond de la doline était surcreusé par une autre dépression aux parois subverticales. Près de six mètres de dépôts ont été recoupés sans pouvoir en atteindre le fond. Cet exemple ainsi que ceux présentés plus haut mettent en évidence un empatement général des dépressions de ce secteur, au moins depuis le début du périglaciaire. L'impact des activités humaines depuis la Protohistoire a largement participé à la poursuite de ce colmatage.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Régine Simon-Coinçon et Médard Thiry pour les échanges fructueux réalisés lors de leur visite sur le terrain pendant l'opération de diagnostic. Nous remercions également Jean Nicod, Paul Ambert et Jean-Guy Astruc pour la relecture de notre contribution et pour leurs recommandations constructives.

Photographies Laurent Bruxelles.

Bibliographie

- ASTRUC J.-G., 1988 - *Le paléokarst quercinois au Paléogène, altérations et sédimentations associées*. Doc. BRGM, n° 133, 149 p.
- ASTRUC J.-G., 1990. - *Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Gourdon, n°832, Orléans, BRGM, 45 p.*
- ASTRUC J.G, COUSTOU J.C., CUBAYNES R., GALHARAGUE J., LORBLANCHET M., MARCOULY R., PELISSIE T. et REY J., 1994 - *Notice de la carte géologique de la France, feuille de Gramat, n°833, Orléans, BRGM, 69 p.*
- COLONGE D. (dir.), ARNOUX T., BRUXELLES L., CHEVREUSE F., D'AGGOSTINO A., JAMOIS M.-H. et ONÉZIME O., 2004 - *Rapport final d'opération de sondages et évaluations archéologiques, Aérodrome de Brive - Souillac (Nespouls, Corrèze, Limousin; Cressensac, Lot, Midi-Pyrénées)*, 153 p.
- CLOZIER R., 1940 - *Les Causses du Quercy. Contribution à la géographie d'une région calcaire*. Librairie J. B. Baillière et fils, Paris, 180 p.
- GEZE B., 1938 - Contribution à la connaissance des phosphorites du Quercy. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. VIII, fasc. 1-2, p. 123-146.
- MUET Ph., FABRE J.-P. et MARCHET P., 1986 - *Essai de synthèse géomorphologique, hydrogéologique et spéléologique du Causse de Martel*. In *Recherches sur les karsts du Quercy et du sud-ouest de la France, Actes du Congrès National de Spéléologie de Cahors, 9 et 10 juin 1984*, p.31-38.
- NICOD J., 1972 - *Pays et paysages du calcaire*. P.U.F., Paris, « le géographe », n° 7, 244 p.
- RENAULT Ph., SIMON-COINÇON R. et ASTRUC J.G., 1992 - *Problèmes des causses du Quercy. Karst et évolutions climatiques, hommages à J. Nicod*. Presses Universitaires de Bordeaux, p.469-496.
- SIMON-COINÇON R., 1989 - *Le rôle des paléaltérations et des paléoforces dans les socles : l'exemple du Rouergue (Massif Central français)*. Ecole des Mines de Paris, *Mémoires des Sciences de la Terre*, n°9, 290 p.
- SIMON-COINÇON S., THIRY M. and SCHMITT J.M., 1997 - *Variety and relationships of weathering features along the early Tertiary palaeosurface in the south-western French Massif Central and the nearby Aquitaine Basin*. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 129, p. 51-79.