

Formes et formations superficielles de la partie ouest du Causse de Sauveterre (Grands Causses)

Laurent Bruxelles, Régine Simon-Coïçon, Jean-Louis Guendon, Paul Ambert

Citer ce document / Cite this document :

Bruxelles Laurent, Simon-Coïçon Régine, Guendon Jean-Louis, Ambert Paul. Formes et formations superficielles de la partie ouest du Causse de Sauveterre (Grands Causses). In: Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°49, 1er semestre 2007. Formations superficielles du Causse de Sauveterre (Aveyron, Lozère) et Le karst ennoyé d'Aroca (Pays basque) pp. 1-14;

doi : <https://doi.org/10.3406/karst.2007.2595>

https://www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_2007_num_49_1_2595

Fichier pdf généré le 06/12/2018

Résumé

En 2002, le Parc Naturel Régional des Grands Causses a lancé l'étude hydrogéologique de la partie ouest du Causse de Sauveterre qui constitue l'élément le plus septentrional des Grands Causses. L'analyse des morphologies karstiques et la caractérisation des formations superficielles ont permis de préciser la vulnérabilité des aquifères karstiques et d'appréhender les différents bassins d'alimentation karstique de ce plateau. Ce travail a également permis de caractériser la morphogenèse caussenarde et ses liens avec les différentes formations superficielles identifiées. Les résultats confirment l'existence d'une paléotopographie karstique en prélude à la transgression du Crétacé supérieur. Puis, au gré de la structuration tectonique des causses, les formations résiduelles crétacées, celles provenant de l'altération de la série jurassique (argiles à chailles, grésou dolomitique) mais aussi les formations allochtones originaires des zones de socle, sont intervenues plus ou moins directement dans la genèse du modelé caussenard. Des formes anciennes héritées du Crétacé côtoient des morphologies plus récentes qui précèdent ou accompagnent le creusement des gorges du Lot et du Tarn. Localement, des manifestations volcaniques ont également recoupé voire réutilisé certaines de ces morphologies karstiques. La conservation différentielle de ces anciennes couvertures s'accorde relativement bien avec les grands traits de la structure géologique.

Abstract

Morphology and superficial formations of the western part of the Causse de Sauveterre (Grands Causses, Aveyron and Lozère, France) In 2002, the Natural Regional Park of Grands Causses has coordinated a hydrogeological study of the western part of the Causse de Sauveterre, the northernmost of the Grands Causses. A multidisciplinary approach (geology, geomorphology, geochemistry and hydrology) was used to delineate the catchment area of the main springs and to estimate the vulnerability of karstic aquifers.

The Grands Causses are situated in the southern part of the French Massif Central. The landscape is characterised by huge limestone plateaus cut by deep canyons. The morphologic study of the western part of the Causse de Sauveterre (Causse de Masegros and Causse de Sévérac), combined with analysis of superficial formations, allows us to identify the main steps of landscape evolution. The discovery of bauxite and of many outcrops of Upper Cretaceous sandstone confirm that the Coniacian ingression invaded some paleo-landscapes developed within a long period of continental evolution which was initiated at the end of the Jurassic. During the Tertiary, many residual formations form covers of the limestone plateaus. We can distinguish alterites developed from different formations of the stratigraphic series (day with cherts from Bajocian, dolomitic sand from Bathonian and Callovian, sandy days from Cretaceous deposits) from some allochthonous deposits which can be found in some parts of the Causse de Masegros. These formations are found in association with morphological features (shelves, poljés, fluvio-karstic valleys, sinkholes) and are more or less responsible of their development. Furthermore, some volcanic rocks cut through or even reused some of them.

With the deepening of canyons and the base level drop, horizontal morphologies are preserved only where superficial formations are abundant and thick enough to maintain crypto-corrosion. Elsewhere, karst

unplugging removes most of the superficial formations, and the karstic evolution tends to show a vertical development of morphologies and caves. Some springs, which benefit from a favourable lithologic, structural and hydrologic context, are more competitive and expand their catchment area at the expense of the other springs. Many superficial features express this dynamism on the plateau and allow us to determine the most sensible areas for water pollution and the most fragile ones for human activities. un plugging removes most of the superficial formations, and the karstic evolution tends to show a vertical development of morphologies and caves. Some springs, which benefit from a favourable lithologie, structural and hydrologie context, are more competitive and expand their catchment area at the expense of the other springs. Many superficial features express this dynamism on the plateau and allow us to determine the most sensible areas for water pollution and the most fragile ones for human activities.

Laurent BRUXELLES 1,
Régine SIMON-COINÇON 2,
Jean-Louis GUENDON 3
et Paul AMBERT 4

- (1) INRAP, ZA les Champs Pinsons,
 13 rue du Nègocé, 31650 Saint-
 Orens-de-Gameville;
 TRACES/CRPPM, UMR 5608
 du CNRS et Société Cévenole
 de Spéléologie et de Préhistoire.
 laurent.bruxelles@inrap.fr
- (2) Ecole des Mines de Paris,
 35 rue Saint-Honoré,
 77305 Fontainebleau
- (3) Economies, Sociétés et
 Environnements préhistoriques,
 UMR 6636 du CNRS, Université
 de Provence, MMSH, BP 647,
 5 rue du Château de l'Horloge,
 Aix-en-Provence
- (4) TRACES/CRPPM, UMR 5608 du
 CNRS, 39 allées Jules Guesde,
 31080 Toulouse



Formes et formations superficielles de la partie ouest du Causse de Sauveterre (Grands Causses, Aveyron et Lozère)

RÉSUMÉ : En 2002, le Parc Naturel Régional des Grands Causses a lancé l'étude hydrogéologique de la partie ouest du Causse de Sauveterre qui constitue l'élément le plus septentrional des Grands Causses. L'analyse des morphologies karstiques et la caractérisation des formations superficielles ont permis de préciser la vulnérabilité des aquifères karstiques et d'appréhender les différents bassins d'alimentation karstique de ce plateau. Ce travail a également permis de caractériser la morphogenèse caussenarde et ses liens avec les différentes formations superficielles identifiées. Les résultats confirment l'existence d'une paléotopographie karstique en prélude à la transgression du Crétacé supérieur. Puis, au gré de la structuration tectonique des causses, les formations résiduelles crétaées, celles provenant de l'altération de la série jurassique (argiles à chailles, grésou dolomitique) mais aussi les formations alloctones originaires des zones de socle, sont intervenues plus ou moins directement dans la genèse du modelé caussenard. Des formes anciennes héritées du Crétacé côtoient des morphologies plus récentes qui précèdent ou accompagnent le creusement des gorges du Lot et du Tarn. Localement, des manifestations volcaniques ont également recoupé voire réutilisé certaines de ces morphologies karstiques. La conservation différentielle de ces anciennes couvertures s'accorde relativement bien avec les grands traits de la structure géologique.

MOTS CLÉS : morphologie karstique, formations superficielles, altérites, Crétacé supérieur, volcanisme, hydrogéologie, Causse de Sauveterre, Grands Causses, France.

LOZÈRE, FRANCE). In 2002, the Natural Regional Park of Grands Causses has coordinated a hydrogeological study of the western part of the Causse de Sauveterre, the northernmost of the Grands Causses. A multidisciplinary approach (geology, geomorphology, geochemistry

and hydrology) was used to delineate the catchment area of the main springs and to estimate the vulnerability of karstic aquifers. The Grands Causses are situated in the southern part of the French Massif Central. The landscape is characterised by huge

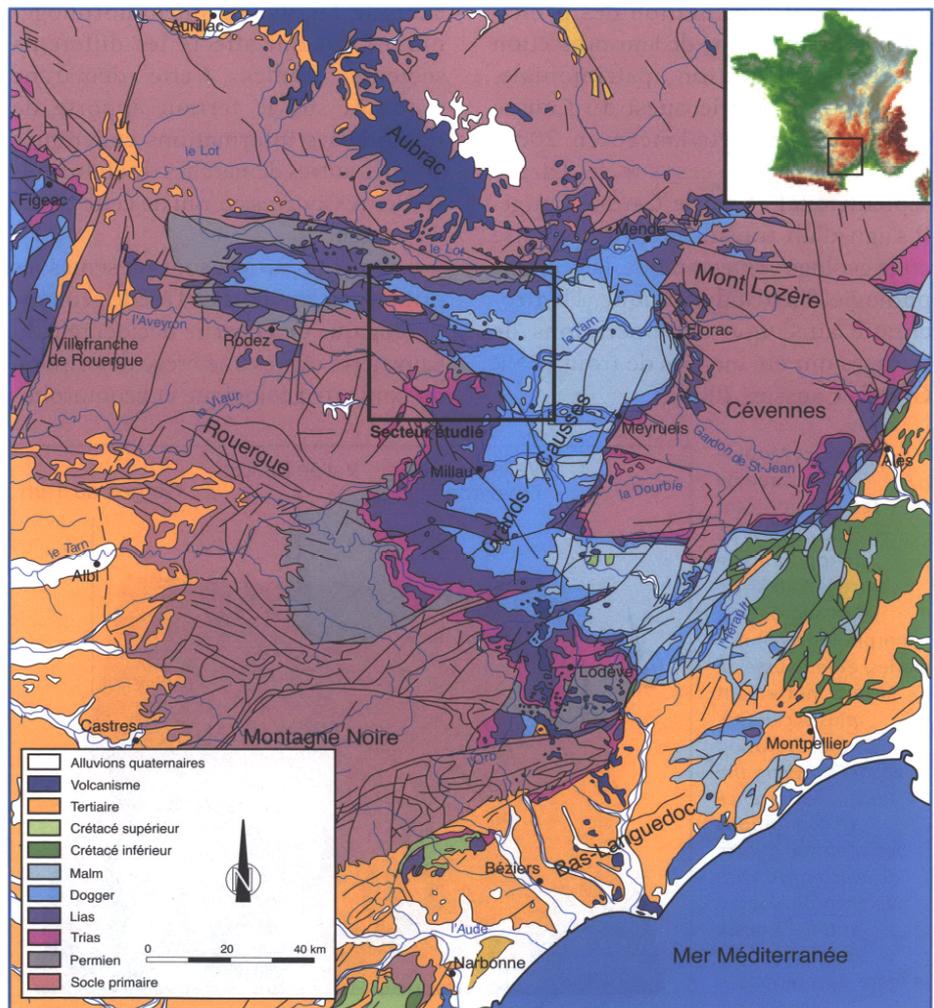


Figure 1 : Carte géologique synthétique de la partie sud du Massif Central. Synthetic geologic map of the southern part of the Massif Central.

ABSTRACT: MORPHOLOGY AND SUPERFICIAL FORMATIONS OF THE WESTERN PART OF THE CAUSSE DE SAUVETERRE (GRANDS CAUSSES, AVEYRON AND

limestone plateaus cut by deep canyons. The morphologic study of the western part of the Causse de Sauveterre (Causse de Masegros and Causse de Sévérac), combined with analysis of superficial formations, allows us to identify the main steps of landscape evolution. The discovery of bauxite and of many outcrops of Upper Cretaceous sandstone confirm that the Coniacian ingressión invaded some paleo-landscapes developed within a long period of continental evolution which was initiated at the end of the Jurassic. During the Tertiary, many residual formations form covers of the limestone plateaus. We can distinguish alterites developed from different formations of the stratigraphic

series (clay with cherts from Bajocian, dolomitic sand from Bathonian and Callovian, sandy clays from Cretaceous deposits) from some allochthonous deposits which can be found in some parts of the Causse de Masegros. These formations are found in association with morphological features (shelves, poljés, fluvio-karstic valleys, sinkholes) and are more or less responsible of their development. Furthermore, some volcanic rocks cut through or even reused some of them. With the deepening of canyons and the base level drop, horizontal morphologies are preserved only where superficial formations are abundant and thick enough to maintain crypto-corrosion. Elsewhere, karst

unplugging removes most of the superficial formations, and the karstic evolution tends to show a vertical development of morphologies and caves. Some springs, which benefit from a favourable lithologic, structural and hydrologic context, are more competitive and expand their catchment area at the expense of the other springs. Many superficial features express this dynamism on the plateau and allow us to determine the most sensible areas for water pollution and the most fragile ones for human activities.

KEY WORDS: karstic morphology, superficial formations, alterites, Upper Cretaceous, volcanism, hydrogeology, Causse de Sauveterre, Grands Causses, France.

Introduction

Dans le cadre de ses actions de terrain, le Parc Naturel Régional des Grands Causses a entrepris plusieurs études hydrogéologiques durant ces dernières années. L'objectif de ces études est de déterminer les bassins d'alimentation des principales sources en vue de leur protection et de leur gestion patrimoniale. L'étude de la partie ouest du Causse de Sauveterre a été lancée en 2002, après celles réalisées sur le Larzac septentrional et sur le Causse Rouge. Il s'agit d'un travail interdisciplinaire où la géologie, la tectonique, la géomorphologie, l'hydrodynamique, l'hydrochimie ainsi que des opérations de traçages ont été menées de front [PNR Grands Causses, 2006].

Concernant la géomorphologie, notre démarche s'est appuyée sur une cartographie détaillée des formes du paysage et la caractérisation des formations superficielles. Ces données ont permis d'établir un canevas de l'évolution géomorphologique et de mettre en exergue les dynamiques morphogéniques qui ont affecté les différents secteurs étudiés. Cette démarche reposant sur le terrain apporte de nombreuses informations cohérentes avec les autres démarches disciplinaires sur les ressources en eau de cette partie du causse.

Dans cet article sont présentés les principaux résultats de l'étude géomorphologique de la partie occidentale du Sauveterre. Après une brève description du contexte géologique et géomorpho-

logique, nous présenterons une caractérisation des principales formations superficielles. Puis, sur la base de cette analyse, nous étudierons le lien entre ces formations et les différentes morphologies karstiques identifiées. Nous montrerons notamment la complexité de cette évolution morphologique, enregistrée de manière différente selon les causses. Enfin, nous montrerons comment cette approche géomorphologique a pu contribuer à l'étude concernant l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines des Grands Causses.

I. Contexte géologique et géomorphologique

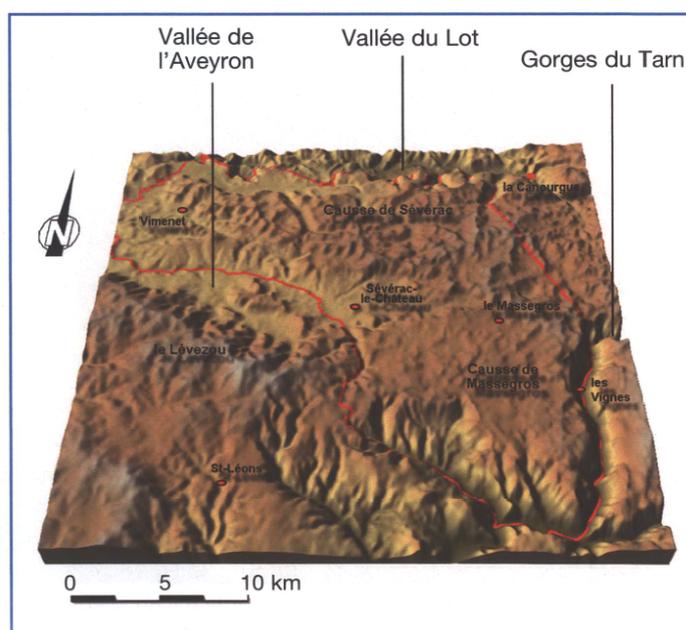
Le Causse de Sauveterre est le plus septentrional des plateaux des Grands Causses (figure 1). D'une surface de 550 km², il est compris entre la vallée du Lot au nord et les gorges du Tarn au sud. A l'est, il bute sur les terrains cristallins et cristallophylliens du Mont Lozère par l'intermédiaire du faisceau de failles de Meyrueis. En direction de l'ouest, le plateau se divise en deux ensembles isolés par la dépression de Sévérac-le-Château : le Causse de Sévérac au nord et le Causse de Masegros au sud.

Le territoire d'étude concerne la partie ouest du Causse de Sauveterre au sens large comprenant le Causse de Sévérac, le Causse de Masegros et l'extrémité occidentale du Causse de Sauveterre *sensu stricto* (figure 2).

A. Le Causse de Sévérac

En continuité morphologique et structurale avec le Causse de Sauveterre, la lecture dans le relief de la limite

Figure 2 : Modèle numérique de terrain montrant la différence de topographie entre le Causse de Masegros, aux morphologies plutôt planes, et le Causse de Sévérac nettement plus accidenté. Digital Elevation Model showing the difference of topography between the Causse de Masegros, with flat morphologies, and the Causse de Sévérac with a more differentiated landscape.



orientale n'est pas aisée [Loiseleur *et al.*, 2006]. Globalement, on peut considérer que le Causse de Sévérac se termine à l'est au niveau de la limite départementale Aveyron/Lozère. Il est bordé au sud par la faille inverse des Vignes, au-delà de laquelle se développe la dépression de Sévérac-le-Château. Au nord, il fait face à la bordure méridionale des monts volcaniques de l'Aubrac dont il est séparé par la vallée du Lot creusée dans les bassins permo-carbonifères. La structure d'ensemble dessine un synclinal dissymétrique orienté est-ouest. Conformément à ce dispositif, le Malm affleure essentiellement dans la partie sud-est du causse, au cœur du synclinal, alors que le Dogger affleure plus largement au nord et à l'ouest.

Ce causse s'étire en direction de l'ouest et constitue le prolongement oriental du détroit de Rodez. L'altitude moyenne croît de l'ouest vers l'est, passant de 700 mètres NGF autour de Vimenet à près de 1000 mètres NGF à la limite orientale de l'étude (sud de Saint-Georges-de-Lévejac). La topographie est particulièrement accidentée (figure 2) et de nombreuses buttes résiduelles culminant de 900 à plus de 1000 mètres d'altitude sont séparées par une série de vallons fluvio-karstiques hiérarchisés d'orientation sub-méridienne (vallon d'Aguès ; Combelongue, Bonsecours...). Ceux-ci, bien représentés à l'ouest, sont moins visibles dans la partie est, laissant la place à de vastes dépressions. Ces dernières très encaissées par rapport aux buttes résiduelles qui les entourent, sont rarement fermées et se raccordent à des vallons fluvio-karstiques (la Tieule, Longviala, les Pertuzades...). Quelques dépressions fermées profondes, d'extension kilométrique, contrastent nettement avec cette organisation : ce sont les dépressions des Crozes, le sotch de Soulagès et le sotch de la Combe.

B. Le Causse de Massegros

Il est formé en majeure partie par les calcaires et les dolomies du Dogger. Seuls quelques reliefs résiduels situés dans la partie sud sont constitués dans des séries de la base du Malm [Delfaut *et al.*, 1990].

La bordure nord de ce causse forme une cuesta qui domine la dépression de Sévérac-le-Château. Au sud-ouest, la faille inverse des Palanges met en contact la série du Dogger avec les calcaires et

les dolomies du Lias inférieur. Au sud et à l'est, ce plateau est bordé par de hautes corniches qui dominent la vallée du Tarn de près de 500 mètres. Enfin, il est limité au nord-est par la faille inverse des Vignes qui l'isole du Causse de Sauveterre.

Sa topographie assez tabulaire est caractéristique de la morphologie générale des Grands Causses (figure 2). Son altitude moyenne oscille autour de 850 mètres NGF. Des petits vallons fluvio-karstiques développés dans la partie ouest du plateau laissent rapidement la place à des replats morphologiques plus ou moins défoncés par les dépressions karstiques. L'une des formes majeures de ce causse est la grande dépression qui se développe à l'ouest du village de Massegros. Orientée est-ouest, elle mesure plus de huit kilomètres de longueur pour deux de largeur.

C. L'extrémité occidentale du Causse de Sauveterre

Seule une petite partie du Causse de Sauveterre s.s. est prise en compte ici. Elle correspond au triangle qui relie les causses de Sévérac et de Massegros et se poursuit jusqu'aux gorges du Tarn. À l'est, une ligne allant de Saint-Saturnin au Pas de Souci constitue la limite orientale de l'étude présentée dans cet article.

Ce secteur est en continuité morphologique avec le Causse de Sévérac. Il présente comme ce dernier un aspect assez accidenté avec des reliefs atteignant 1000 mètres d'altitude et des dépressions de toutes tailles.

II. Caractérisation des formations superficielles

Ces formations ont longtemps été négligées par l'ensemble des travaux géologiques sur les Grands Causses. Elles étaient rassemblées sous les termes de « terre des causses », puis de *terra rossa* ; l'un et l'autre de ces termes étant impropres pour caractériser la genèse et la diversité de ces formations. Des études plus récentes [Ambert M. *et al.*, 1978 ; Ambert, 1994 ; Bruxelles, 2001] montrent la pertinence de l'analyse de ces dépôts, à la fois pour la connaissance de l'histoire géologique des causses, pour la compréhension de la morphogenèse et pour évaluer leur rôle dans le fonctionnement du karst.

Nous avons classé ces formations en fonction de leur origine. Nous traiterons en premier les formations autoch-

tones ou parautochtones, issues de l'altération et de l'érosion de la série stratigraphique caussenarde. Seront ensuite analysés les apports allochtones originaires des massifs avoisinants. Leurs rapports avec les morphologies auxquelles elles sont associées, seront étudiés. Une reconstitution morphogénétique sera ensuite proposée.

A. Les formations issues de l'altération de la série jurassique

La série sédimentaire des Grands Causses se caractérise par 1500 à 2000 mètres de calcaires, de dolomies et de marnes. Du fait d'une structure relativement tabulaire, l'essentiel des niveaux affleurant sur le causse fait partie du Jurassique moyen et supérieur. Essentiellement carbonatée, cette série possède quelques niveaux contenant des éléments peu ou pas solubles. Il s'agit des calcaires à chailles du Bajocien ainsi que des dolomies massives batho-calloviennes.

1. Les argiles à chailles

Elles proviennent de l'altération *in situ* des calcaires à chailles. Plus largement observée sur le Larzac [Bruxelles, 2002 b], cette altération s'illustre par la présence de grandes poches de dissolution dans lesquelles la structure initiale de la roche est conservée. Cette altération isovolumétrique, ou fantômisiation [Quinif *et al.*, 1997 ; Vergari, 1998 ; Quinif, 1999], traduit une décarbonatation de la roche encaissante dans des conditions de faible gradient hydraulique, très certainement avant le creusement des vallées caussenardes. Juste au-dessus du village des Vignes, une de ces poches est visible et montre le passage de la roche saine vers les altérites dans lesquelles on peut suivre en continuité les lits de chailles (photo 1).

On observe très souvent, à proximité des affleurements de Bajocien inférieur, la présence de secteurs déprimés au fond couvert d'altérites (figure 3). Ainsi, sur le Causse de Massegros, à l'ouest du village du même nom, le fond d'une vaste dépression plurikilométrique est recouvert par ces formations. Depuis la bordure septentrionale de ce « causse » et en direction du sud descendent de longs versants recouverts d'argiles à chailles, appelés localement « ségalas ». Ces formations transitent sur des distances variant de un à deux kilomètres. Elles recouvrent les dolomies du Bajocien

Photo 1 : Poche d'argiles à chailles dans les calcaires du Bajocien inférieur, au-dessus des Vignes (est du Causse de Masegros). On distingue les lits de chailles qui se suivent en continuité depuis la roche saine jusqu'à l'altérite et attestent du caractère *in situ* de l'altérite.

Cliché Laurent Bruxelles.

Pocket of clays with cherts in lower Bajocian limestones. We can follow the beds of cherts which are continuous from the healthy rock to the heart of the alterite which hence is necessarily in situ.



notamment entre Saint-Urbain et Toutes Aures où l'on observe ici aussi de grandes dépressions tapissées d'argiles à chailles.

2. Le grésou dolomitique

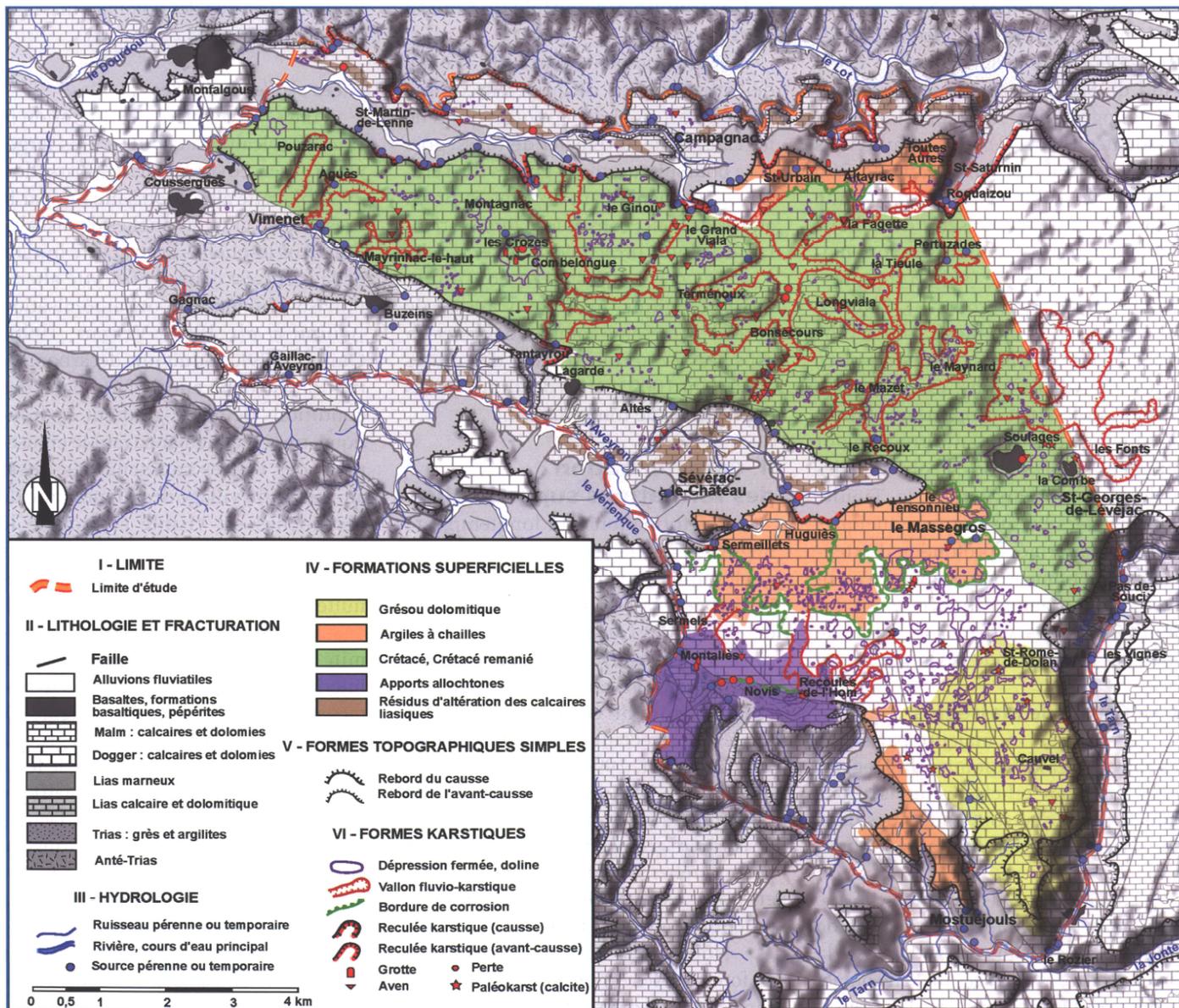
Le « grésou » ou « sable » sont des termes caussenards qui désignent les dépôts sablonneux provenant de la corrosion crypto-karstique, mais aussi météorique des dolomies. Cette formation découle d'une dissolution sélective en fonction de la fracturation de la roche dolomitique et de sa

supérieur voire encore plus au sud, les calcaires du Bathonien inférieur. Ces argiles sont localement épaisses comme le montre une tranchée réalisée au nord du hameau de Huguiès et qui en a recoupé près de trois mètres (photo 2).

La bordure nord du Causse de Séverac présente de telles formations. C'est le cas

géologique. Il s'agit également d'un phénomène de fantômisement déjà invoqué pour les argiles à chailles [Ambert, 1994 ; Bruxelles 2001 ; Bruxelles L. et S., 2003]. Ici, le résidu est constitué par les rhomboédres de dolomite libérés de leur ciment calcaire. L'abondance de ce matériel permet la constitution d'une

Figure 3 : Carte des morphologies karstiques et des formations superficielles de la partie ouest du Causse de Sauveterre. Map of the karstic morphologies and the superficial formations of the western part of the Causse de Sauveterre.



épaisse formation colluviale au fond des dépressions, favorise la conservation de l'humidité et assure la permanence de l'activité crypto-corrosive.

Son épaisseur est très variable en fonction des profils d'altération. Le dégagement des canaux (couloirs séparant deux reliefs dolomitiques) montre que ce processus peut descendre à plusieurs dizaines de mètres de profondeur dans les zones fracturées. Il constitue donc d'importantes masses sablonneuses très sensibles à l'érosion et au soutirage karstique. Ainsi, une grande majorité des avens développés dans ces formations est due initialement au soutirage de cette altérite. La morphologie de ces cavités s'apparente, le plus souvent, à des grandes diaclases verticales qui correspondent à la frange de roche altérée le long des fractures (photo 3). Elles sont généralement assez profondes et certaines rejoignent directement les niveaux de circulations karstiques. Leur formation par soutirage implique la mise en place de circulations karstiques en fonction d'un niveau de base déjà assez déprimé.

La répartition géographique du grésou est calquée, à très peu de chose près, sur les affleurements de dolomies (figure 3). Il est donc extrêmement abondant dans la moitié sud du Causse de Masegros. Il est également présent sur une grande partie du Causse de Séverac où il est mélangé à d'autres formations superficielles. Dans les cavités de ces secteurs, ces dépôts sont fréquents et constituent l'essentiel de certains remplissages.

B. Les dépôts crétacés

Signalés sur les causses dès 1984 [Alabouvette *et al.* 1984], de très nombreux affleurements ont été découverts dans le cadre de travaux récents [Bruxelles *et al.*, 1999 ; Bruxelles, 2001]. Leur répartition témoigne d'une intrusion marine dans les Grands Causses dont l'extension maximale date du Coniacien. Des paléotopographies karstiques contenant des formations bauxitiques ont alors été fossilisées par des dépôts argilo-sableux puis par des grès calcaires.

1. Les formations bauxitiques

Elles témoignent d'une longue évolution continentale des Grands Causses et sont certainement contemporaines des premières karstifications après



Photo 2 : Cette coupe dans les argiles à chailles au fond du polje de Masegros (au sud du hameau de Huguïès) montre que cette couverture dépasse trois mètres d'épaisseur. Cliché Laurent Bruxelles. *This section within clays with cherts at the bottom of the Masegros polje (south of the hamlet of Huguïès) shows that this cover is more than three meters thick.*



Photo 3 : L'érosion de la bordure nord du Causse Méjean met bien en évidence l'altération profonde des dolomies. Elle prédispose au déblaiement des couloirs (canaules), au dégagement des reliefs ruiniformes mais aussi à la formation d'avens. Cliché Laurent Bruxelles. *The erosion of the northern border of the Causse Méjean shows the deep weathering of dolomites. It predisposes to the clearing of corridors (canaules), to the exhumation of ruiniform reliefs, but also to the formation of pits.*

le retrait de la mer jurassique. La plupart des affleurements se présentent sous la forme de blocs rouge brique contenant des pisolithes ferrugineuses. Des diffractions aux rayons X ont été réalisées sur plusieurs échantillons de ce secteur et confirment la présence de gibbsite (hydroxyde d'aluminium).

Sur le Causse de Séverac, les dépressions de la Fagette et du Grand Viala contiennent de la bauxite. On l'observe

sous la forme de blocs arrachés par les labours. Autour du hameau du Recoux, une autre dépression semble contenir un important remplissage bauxitique (figure 4). Plusieurs affleurements apparaissent en bordure de la dépression et sur les replats alentours, au contact entre le remplissage et le calcaire jurassique. Cependant, des sondages réalisés dans la dépression ont traversé près de 20 mètres de sable argileux ocre

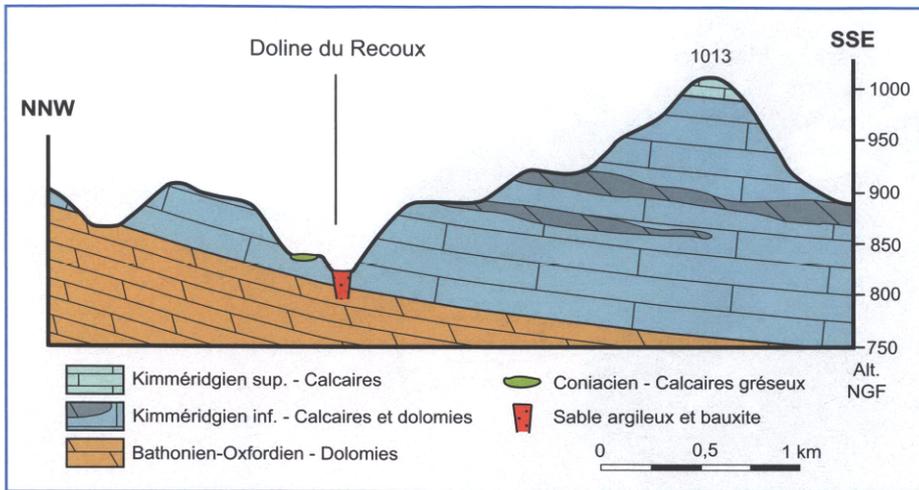


Figure 4 : Coupe de la doline du Recoux, à la limite ouest du Causse de Sauveterre, mettant en évidence l'existence d'une topographie karstique préalable à l'ingression marine du Crétacé supérieur. *Cross-section of the Recoux doline proving the existence of a karstic topography that existed before the marine ingression of the Upper Cretaceous.*

sans réussir à atteindre les formations bauxitiques. Enfin, quelques blocs de bauxite ont été observés dans le sotch de Soulages et dans la dépression des Crozes. Bien que remaniée dans des dépôts volcaniques, la présence de bauxite au fond de ces dépressions volcaniques laisse entrevoir l'histoire complexe de ces formes. En effet, la préexistence d'une dépression bauxitique à la mise en place de ces maars demeure le meilleur moyen d'expliquer la présence de fragments de bauxite dans les dépôts de pépérites.

2. Les calcaires gréseux marins

De couleur gris jaunâtre, ces grès ont des aspects assez variables. Parfois très fins, ils peuvent également contenir de petits galets de quartz de un à deux centimètres de diamètre. Dans la fraction fine, on retrouve un cortège minéralogique qui confirme leur transport depuis le Massif Central. On observe aussi, dans certains blocs, la présence des macro-fossiles, au point de former localement de véritables lumachelles.

Plusieurs secteurs présentent des concentrations remarquables de calcaires gréseux. Tous ont livré des associations de foraminifères du Coniacien et caractérisent un milieu de sédimentation margino-littoral [détermination Chantal Bourdillon, Eradata]. Outre l'aspect ponctuel de ces informations, elles permettent de reconstituer les conditions de dépôts mais aussi leur extension. L'un des sites les plus riches d'enseignements est la doline du Recoux où l'affleurement mesure plusieurs centaines de m². Les calcaires gréseux,

en place, sont plaqués contre le Jurassique et moulent un petit replat. Ils sous-tendent un dôme où l'on retrouve tous les faciès de ces niveaux : calcaires gréseux, plus ou moins grossiers, lumachelle, calcaires fins... Ils surmontent d'une vingtaine de mètres les formations bauxitiques observées au fond de la doline et s'inscrivent de plus d'une cinquantaine de mètres en contrebas des reliefs calcaires qui entourent la doline (figure 4). Ces grès matérialisent manifestement l'existence d'une paléo-doline dont la mise en place relève, au moins en partie, d'une karstification contemporaine de la bauxitisation. Cet exemple montre une fois de plus que l'ingression marine du Coniacien s'effectue sur un paysage karstique déjà largement développé dont elle a fossilisé certaines morphologies.

3. Les argiles sableuses versicolores

L'attribution stratigraphique de ces formations reste délicate. Leur assimilation avec les dépôts crétacés est tentante car elles gisent dans les mêmes contextes que les calcaires gréseux et que la bauxite. Par comparaison, elles peuvent s'apparenter aux argiles sableuses, localement versicolores, qui précèdent la transgression coniacienne ou aux marnes campaniennes et aux séries détritiques continentales du Crétacé terminal [Alabouvette *et al.*, 1984 ; Bruxelles, 2001].

Beaucoup plus abondantes que les calcaires gréseux, ces formations se retrouvent dans des poches de taille variable, bien visibles en bordure de certaines dolines. Elles sont omniprésentes

sur le Causse de Sévérac et sur le Causse de Sauveterre mais semblent absentes sur le Causse de Masegros. Ce sont des dépôts stratifiés, argileux, contenant une proportion variable de sable et de graviers de quartz. L'altération et la remobilisation du fer donnent à ces dépôts des teintes versicolores allant du blanc au rouge brique, en passant par l'ocre et le rose violacé.

On retrouve ces poches dans de très nombreuses dolines (le Recoux, le sotch de Soulages, la Tieule...) où ce matériel forme des couvertures épaisses. L'érosion de ces dépôts meubles contribue largement à la constitution de l'essentiel des formations superficielles du Causse de Sévérac. Facilement remobilisables, elles colmatent le fond des dépressions où elles permettent le maintien des processus de crypto-corrosion et ont contribué à la genèse des morphologies karstiques bien développées qui caractérisent ce causse.

4. Les formations ferrugineuses

Les grès ferrugineux des Grands Causses correspondent à des ferruginisations *in situ*, par des circulations incrustantes, au sein des dépôts crétacés initialement plus ou moins carbonatés [Bruxelles, 2001]. Le matériau initial peut correspondre à des argiles sableuses, des calcaires gréseux ou des calcaires lumachelliques crétacés. Les premières déterminations des fossiles marins du Crétacé supérieur sur le Larzac ont d'ailleurs été réalisées à partir de grès ferrugineux de ce type [Bruxelles *et al.*, 1999].

Les grès ferrugineux, quasiment absents du Causse de Masegros, sont très abondants sur le Causse de Sévérac. Par endroits (la Tieule par exemple), ils constituent plus de la moitié du volume des formations superficielles. Dans ces secteurs, l'abondance de gros blocs dont certains dépassent allégrement la tonne, plaide pour un faible remaniement. Il s'agit *a priori* d'une résidualisation en surface après l'érosion partielle des dépôts sablonneux dans lesquels ils se sont formés.

C. Les apports allochtones

Dès le Crétacé, la région des Grands Causses reçoit des matériaux originaires des massifs cristallins alentours. Au cours du Tertiaire, des cours d'eau allochtones ont sillonné les plateaux avant de débiter leur encaissement, déjà

effectif à la fin du Miocène [Ambert M. et P., 1995; Ambert *et al.*, 1994].

Globalement, deux types de formations quartzeuses ont été distingués : les galets rubéfiés et les alluvions quartzeuses à cortège permo-triasique. Les premiers sont comparables à ceux reconnus dans l'ensemble des Grands Causses et appelés « albarons ». Ce sont des graviers et des sables quartzeux très arrondis à légère rubéfaction superficielle d'altération. Ils ont une couleur saumon et une taille allant de quelques millimètres à deux ou trois centimètres au maximum. Ces dragées de quartz, parfois fragmentées ou partiellement recouvertes d'enduit ferrugineux, sont souvent associées à des plaquettes de goethite. Ils côtoient couramment des fragments de grès ferrugineux crétacés dans lesquels on retrouve les mêmes éléments quartzeux encore pris dans leur gangue de goethite. Ces formations découlent *pro parte* de l'érosion de la couverture crétacée qui recouvrait les niveaux jurassiques. Maintes fois remaniées, elles constituent le résidu quasi indestructible piégé successivement dans les cavités et les dépressions du causse [Ambert *et al.*, 1978].

Les alluvions quartzeuses avec leur cortège de roches permo-triasiques ne se trouvent que dans la partie occidentale du Causse de Massegros (figure 3). Elles proviennent du compartiment sud de la faille des Palanges. On trouve essentiellement des fragments de grès arkosiques (Trias et Permien), des pélites lie-de-vin permien ainsi que des galets de quartz (anguleux à émoussés) dont il est difficile de préciser s'ils proviennent de niveaux de grès grossiers ou des filons de quartz.

Ces dépôts matérialisent d'anciennes circulations à la surface du causse au sein de paléo-vallées encore perceptibles dans ce secteur. La connexion avec l'amont imperméable est aisée à reconstituer (Montaliès, Recoules-de-l'Hom), voire dans certains secteurs encore effective (Sagnes, Novis).

En dehors des formations quartzeuses crétacées, les dépôts fluviatiles allochtones sont donc très peu répandus dans le secteur étudié. Même en bordure de la vallée du Tarn, nous n'avons pas trouvé de paléo-alluvions précédant la mise en place du canyon.

Présents uniquement dans la partie ouest du Causse de Massegros, ils matérialisent un fonctionnement karstique binaire de ce secteur.

D. Le volcanisme

Toute une série d'appareils volcaniques jalonnent la faille des Vignes. Ce sont pour la plupart des phénomènes crypto-volcaniques mis au jour par l'érosion [Gillot, 1974; Gastaud, 1981]. Leur fonctionnement date du Miocène, voire du début du Pliocène (Coussergues, 13,8 +/- 0,7 Ma; Lagarde, 7,05 +/- 0,25 Ma; Buzains, 6,90 +/- 0,3 Ma; Montfalgous 4,37 +/- 0,4 Ma).

En dehors des environs immédiats de ces appareils, on ne retrouve que très rarement des éléments basaltiques intégrés dans les formations superficielles. De fait, ceux-ci ont un rôle très minoritaire dans la constitution des couvertures et dans la morphogenèse karstique.

Cependant, l'inspection de chaque doline et l'examen des formations superficielles nous ont permis de découvrir de nouveaux appareils volcaniques dont trois sont inédits. Ainsi, quatre grandes dolines, de un à deux kilomètres de diamètre sont en fait des maars¹. Un cinquième, que nous ne détaillerons pas ici, a été trouvé en dehors du secteur étudié, au sud du hameau de Fonts.

La doline des Crozes avait déjà été interprétée comme un maar sur la base de mesures gravimétriques et magnétiques [Defaut *et al.*, 1990]. Elles avaient révélé la présence d'un lac de lave (basalte) à faible profondeur sous le fond de la dépression (40 m). Lors de nos travaux de terrain, nous avons trouvé, sur la moitié sud de la dépression, une demi-couronne de pépérités. Ces brèches d'explosion sont constituées d'éléments basaltiques plus ou moins anguleux associés à des fragments de calcaires et pris dans une matrice argilo-sableuse. Le tout est fréquemment cimenté par des carbonates.

Le sotch de Soulages (la Lande) est certainement le plus bel exemple de cratère de maar sur le causse. D'un diamètre approchant les deux kilomètres, il mesure plus de deux cents mètres de profondeur. Malgré son ampleur, il n'a été identifié que tardivement [Bayonnette, 1996 et 1998; Loiseleur,

1997] et reste encore paradoxalement méconnu. Nous avons cartographié l'anneau de pépélite sur l'ensemble du pourtour, ce qui atteste, là aussi, que l'essentiel de la forme découle d'explosions phréato-magmatiques. Plusieurs campagnes de forages menées avec le BRGM et l'école des Mines de Paris nous ont permis de réaliser des observations stratigraphiques concernant son remplissage. A cette occasion, plus d'une cinquantaine de mètres de formations argilo-sableuses litées, riches en matière organique, ont été recoupées (photo 4). Elles témoignent de l'existence d'un lac au fond de cet ancien cratère. Les premiers résultats des analyses palynologiques [J.-L. de Beaulieu, comm. orale] révèlent une très grande richesse en pollen et indiquent que l'enregistrement couvre au moins la fin du Tertiaire et une partie du Quaternaire, la limite plio-quaternaire étant franchie à vingt mètres de profondeur. Cette série, actuellement en cours d'étude, constitue donc un enregistrement de premier ordre des données paléoenvironnementales concomitantes d'une grande partie de la morphogenèse caussenarde.

Un peu plus d'un kilomètre à l'est, la dépression de la Combe correspond, elle aussi, à un maar (photo page IV de couverture). Elle était jusqu'alors considérée comme une doline. Or, des blocs de pépérités assez volumineux sont régulièrement arrachés par les labours dans l'ensemble du fond de la dépression.

Enfin, plus au sud, une autre dépression d'ordre kilométrique a attiré notre attention : la doline de Cauvel. Dans sa partie sud, nous avons découvert, à la faveur de labours, un dôme de pépélite qui laisse penser qu'ici aussi, l'essentiel de cette forme ample découle de la mise en place d'un maar.

Ces découvertes et ces observations, pour l'essentiel inédites, renouvellent l'étude du volcanisme de cette partie du causse. De nombreux prélèvements ont été réalisés dans les formations lacustres, mais aussi dans les basaltes. Des datations radiométriques sont en cours au BRGM et fourniront de nouveaux jalons dans l'histoire morphologique caussenarde. Au point de vue hydrogéologique, la présence de diatrèmes² et surtout de formations volcaniques

1) On appelle maar un ancien cratère d'explosion dont le fond est souvent occupé par un lac.

2) Le diatrème est la cheminée volcanique, souvent remplie de brèches, qui se trouve sous le maar.

Photo 4 : Les sondages réalisés au fond du maar de Soulagès ont révélé la présence d'au moins cinquante mètres de dépôts lacustres tertiaires et quaternaires.

Cliché Laurent Bruxelles.

The probings realized at the bottom of the maar of Soulagès revealed the presence of at least fifty metres of Tertiary and Quaternary lacustrine deposits.



étanches dans le fond de ces dépressions explique la présence encore aujourd'hui de lacs temporaires (sotch de Soulagès, les Crozes, les Fonts). Ils sont drainés par des pertes dont le développement a pu largement être favorisé par l'absorption des eaux superficielles souvent sous-saturées en carbonates voire légèrement acides [Bayonnette, 1996].

Au nord de Sévérac-le-Château, sur la bordure méridionale du Causse de Sévérac, une manifestation volcanique tout à fait originale a été mise en évidence par Jacques Pomié. Il s'agit d'une coulée de basalte qui a réutilisé une ancienne galerie karstique colmatée par un remplissage argileux. La lave s'est infiltrée dans le remplissage qui a été déformé par

Photo 5 : Une coulée de lave s'est infiltrée dans le remplissage argileux de cette paléo-cavité. On perçoit bien l'auréole d'argile cuite autour du basalte altéré.

Cliché Laurent Bruxelles.

A lava flow infiltrated into the clayey filling of this paleo-cave.

We can recognize the halo of baked clay around the weathered basalt.



la poussée. Autour du basalte, une frange d'une dizaine de centimètres est cuite et a pris un aspect porcelanique (photo 5).

E. Les formations périglaciaires

Avec plus de 90 jours de gel par an en moyenne, les empreintes de phases gel-dégel sont encore très actuelles sur le Sauveterre. Elles se traduisent par l'existence de sols « gelés » (pipkrakes, mollisols, sols striés, sols polygonaux) et par une abondance de gélifracts, là où la lithologie s'y prête.

La plupart des morphologies développées dans les calcaires présentent des versants régularisés, preuve évidente de l'action du gel pendant les périodes froides du Quaternaire. Pourtant, les dépôts périglaciaires hérités sont extrêmement modestes et mal représentés à la surface du causse. Tout au plus peut-on trouver des témoins conservés dans les fissures karstiques ou au fond de certaines dépressions. Cette rareté des dépôts périglaciaires traduit avant tout l'importance de la dissolution post-würmienne et holocène. Les fragments calcaires, débités en petites plaquettes, ont été particulièrement sensibles à la dissolution. Le soutirage et l'évacuation par l'endokarst ont certainement contribué à leur disparition en surface. Ailleurs, la forte proportion de dolomies à l'affleurement et la présence de diverses couvertures argileuses (argiles à chailles, Crétacé...) ont diminué son impact. Enfin, ces couvertures ont pu connaître des remaniements importants, en particulier par solifluxion.

III. Typologie des principales morphologies karstiques et interprétations génétiques

Les formations superficielles décrites plus haut contribuent clairement à la morphogénèse karstique du causse. L'examen des formes qui en découlent, en fonction de leur contexte lithologique, structural ou hydrogéologique, permet de préciser les modalités de leur mise en place ainsi qu'un canevas général de leur évolution.

A. Les replats morphologiques

L'observation des formes du paysage révèle l'existence de nombreux replats indépendants de la structure (pendage, faille, variation lithologique). Nettes dans certains secteurs, ces formes sont le plus souvent conservées à l'état de lambeaux à l'aide desquels nous pouvons néanmoins reconstituer leur extension initiale. Les plus hautes, et donc les plus anciennes, sont généralement assez mal conservées. Les plus basses forment de grands plans localement défoncés par le soutirage.

Ces replats ne correspondent pas tous à une surface d'érosion généralisée mais plutôt à des niveaux d'aplanissements karstiques (surface de substitution karstique). D'extension moindre, ces formes sont généralement emboîtées dans la surface précédente et séparée de celle-ci par une bordure de corrosion plus ou moins dégradée. Ces replats matérialisent plusieurs phases d'abaissement relatif du niveau de base sur lequel se calent ces aplanissements. Cet étagement est très net par exemple dans la partie sud du secteur étudié. On isole ainsi trois aplanissements majeurs :

- La « Surface Fondamentale des Causses », bien que mal conservée et mal datée, est invoquée par l'ensemble des auteurs pour expliquer l'inadaptation du réseau hydrographique à la structure des causses [Coulet, 1962 ; Joly et Dewolf, 1985 ; Ambert, 1994]. Sa formation a pu débuter dès le retrait de la mer crétacée (Crétacé terminal) et se poursuivre jusqu'à la fin de l'Eocène puisqu'elle nivelle sur un même plan les grands accidents pyrénéens qui morcellent le causse. Cette surface, largement démantelée, se retrouve sous forme de lambeaux qui tangent certains hauts reliefs des causses, autour de 1000 mètres d'altitude. Elle se retrouve sur les causses voisins (photo 6) ainsi que sur le Lézou. Cette surface semble accuser une pente en direction de l'ouest.
- Un niveau de replats intermédiaires est assez bien exprimé sur le Causse de Massegros, notamment entre 850 et 880 mètres.
- Un niveau emboîté entre 800 et 830 mètres correspond au fond de la dépression de Massegros (partie occidentale). Cette altitude concerne également le fond de certaines dépressions du Causse de Sauveterre (les Fonts, vallon de Bonsecours, secteur nord de Soulages).

L'étagement de ces surfaces illustre l'enfoncement et le morcellement des morphologies karstiques consécutifs au soulèvement, certes modéré mais général, du bloc cévenol. Les gorges s'inscrivent à partir de la dernière surface et modifient radicalement les modalités de l'évolution morphogénétique. L'introduction d'un gradient hydraulique marqué a fortement réduit les possibilités de formation d'aplanissements



Photo 6 : Vue vers le sud depuis les environs de Novis (bordure sud du Causse de Massegros). L'existence d'une surface fondamentale n'est pas qu'une vue de l'esprit. On perçoit bien ici un niveau de replat généralisé qui recoupe indifféremment tous les termes de la série stratigraphique et qui se retrouve d'un causse à l'autre. Cliché Laurent Bruxelles. *View southward from the area of Novis. The existence of a fundamental surface is evident here: we can perceive a main level of shelf which recuts indifferently all the members of the stratigraphic series and which we can follow throughout the different plateaus.*

karstiques. L'évolution tend alors vers une verticalisation du karst et vers le défonçage de ces anciennes surfaces. Certaines d'entre elles vont cependant pouvoir conserver, pour un temps, leur couverture d'argiles à chailles ou d'argiles sableuses versicolores et maintenir un fonctionnement relique.

B. Les poljés

Ces formes résultent d'un dysfonctionnement au moins temporaire du drainage souterrain pour des raisons géologiques, géomorphologiques, hydrogéologiques ou climatiques [Delannoy, 1997]. Concernant les poljés causse-nards, si la proximité du niveau de base karstique est un élément majeur dans leur mise en place et leur extension, l'apport de matériel argileux meuble constitue une autre condition importante. Celle-ci permet le maintien des processus d'aplanissement, même lorsque le poljé se retrouve perché par rapport au toit de la nappe. Dans certains cas, des circulations superficielles, voire même des lacs temporaires comme au NE de Massegros, peuvent encore occuper les points bas topographiques, plusieurs centaines de mètres au-dessus du niveau de base.

Dans le secteur étudié, deux types de formations superficielles contribuent à la genèse des poljés: les argiles à chailles et les apports fluviaux allochtones.

1. Les poljés liés aux apports d'argiles à chailles

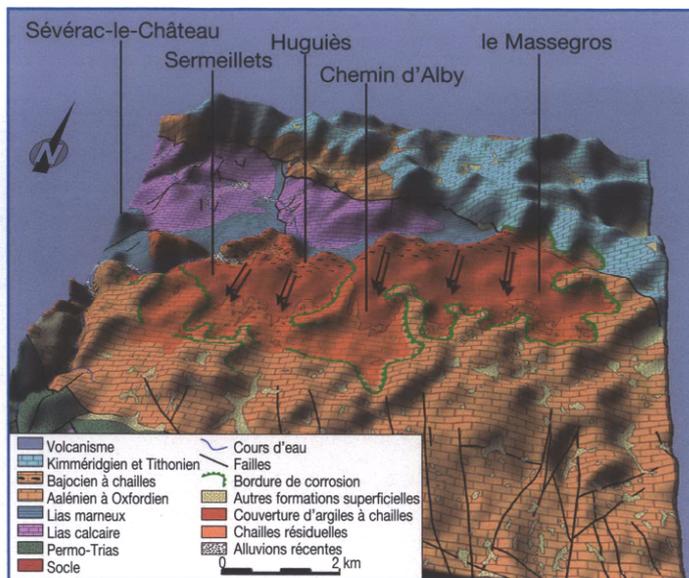
On remarque au pied des ségalas, avec une certaine constance, la localisation de vastes dépressions allongées dont le fond est partiellement couvert d'argiles à chailles (Massegros, Toutes Aures, Altayrac, Saint-Urbain).

a) Le poljé de Massegros

Les calcaires à chailles du Bajocien inférieur constituent presque toute la bordure nord du Causse de Massegros, entre le Tensonnieu et Sermeillet. Des ségalas se développent en direction du sud et alimentent en argiles à chailles cette grande dépression orientée E-W (figure 5). Aux longs versants couverts d'argiles à chailles au nord s'oppose, au sud du poljé, un ressaut topographique d'une vingtaine de mètres très contourné. Il s'agit d'une bordure de corrosion que l'on suit d'est en ouest, de Massegros à Sermeillet. Le fond de la dépression est caractérisé par plusieurs paliers étagés d'est en ouest : 860 mètres au sud de Massegros, 840 mètres au niveau du Chemin d'Alby et 810 mètres autour de Sermeillet.

L'ensemble de ces observations permet de retracer certaines étapes de l'histoire de ce poljé. Le début de l'abaissement du niveau de base a mis en place le transit d'argiles à chailles en direction des secteurs les plus sensibles à la crypto-corrosion. La couverture meuble

Figure 5 :
La formation du poljé de Massegros est favorisée par les apports en argiles à chailles depuis les affleurements de calcaires à chailles du Bajocien (flèches). Ces formations transitent le long de versants non structuraux : les ségalas. *The presence of clays with cherts has contributed to the development of the Massegros polje. These formations originate from weathered Bajocian limestones (arrows) and traverse non-structural slopes: the ségalas.*



et étanche permettait l'extension de la dépression vers le sud, par le recul progressif d'une bordure de corrosion. La poursuite de l'abaissement du niveau de base a provoqué l'approfondissement du poljé. En même temps, le creusement des vallées a tronqué l'amont des ségalas. En conséquence, dans le fond du poljé, la couverture d'argiles à chailles a progressivement perdu en extension et en puissance, et plusieurs replats ont été abandonnés (banquettes de corrosion). Les différents paliers que l'on observe au fond du poljé correspondent donc à l'adaptation de la karstification à l'abaissement du niveau de base, en fonction de l'alimentation disponible en argile à chailles, mais aussi à une concurrence de plus en plus importante du soutirage karstique. Leur préservation traduit donc une réduction de la taille du poljé puis un morcellement de celui-ci.

Enfin, la partie occidentale du poljé est entaillée par une petite vallée affluente de l'Aveyron. Son développement par érosion régressive a incisé cette partie du poljé jusqu'aux environs de Huguïès. Cette nouvelle dynamique a pu être favorisée, pendant les périodes froides du Quaternaire, par la présence d'un permafrost. Lors de radoucissements, les écoulements maintenus en surface ont pu déborder par ce côté des limites de l'enceinte du poljé et contribuer au creusement de ce vallon.

b) Les autres poljés

Les dépressions de Saint-Urbain, d'Altayrac et de Toutes Aures se localisent également au pied des ségalas.

D'une extension bien moindre que sur le Causse de Massegros, ces formes correspondent néanmoins à des petits poljés. Elles découlent probablement de formes initialement plus amples regroupant les poljés de Saint-Urbain et d'Altayrac. Le recul de la corniche calcaire et le développement d'une série de ravins en amont de la reculée de Roquaizou ont largement démantelé ces formes. Ces poljés sont limités au sud par une bordure de corrosion affectant les dolomies du Bajocien inférieur.

Dans la partie sud-ouest, un vallon fluvio-karstique draine actuellement la dépression. Il peut correspondre, comme pour le poljé de Massegros, au débordement du poljé pendant les dernières périodes froides du Quaternaire.

2. Le poljé de Sagnes-Novis au contact Permien-Jurassique

Situé à l'ouest du Causse de Massegros, ce petit poljé est positionné à cheval sur la faille des Palanges [Pomié, 1983]. Au nord, une série de cuvettes d'érosion est déblayée dans les pélites permienne. En aval, une bordure de corrosion contournée entame les calcaires du Bathonien. La couverture est constituée par d'abondantes plaquettes de pélites et par une matrice argilo-sableuse. Toutes ces formations proviennent de l'érosion des niveaux permo-triasiques qui affleurent au sud de la faille. Ces dépressions, allongées le long de la faille des Palanges, désorganisent l'amont d'une série de vallon fluvio-karstiques orienté N-S.

Les écoulements pérennes sont drainés vers des ponors : la perte des Sagnes et la perte des Soucis. Lors de

fortes précipitations, des lacs peuvent perdurer pendant plusieurs mois. Mais des travaux d'aménagement de la perte des Soucis permettent désormais un drainage efficace des ruissellements issus des versants permien et n'autorisent plus la formation du lac de Novis.

C. Les dolines et leur répartition

Nous ne ferons pas ici une distinction des différents types morphologiques de dolines mais plutôt une analyse de leur répartition en fonction de leur contexte génétique découlant de leur position topographique, de la lithologie encaissante et du type de formations superficielles.

1. Les grandes concentrations de dolines

L'examen de la carte morpho-karstique (figure 3) montre que la répartition des dolines n'est ni homogène, ni aléatoire. Elles sont souvent regroupées et affectent des morphologies plutôt planes. Plusieurs contextes apparaissent clairement :

- La bordure sud du poljé de Massegros présente un grand ensemble de dolines allongées le long de la bordure de corrosion. Elles sont dues au morcellement de la couverture d'argiles à chailles lorsque la diminution des apports et la concurrence du soutirage karstique n'ont plus permis son maintien. Les limites méridionales du poljé ont donc reculé au pied des ségalas, abandonnant des lambeaux de replats. Ces banquettes de corrosion, encore munies d'une couverture résiduelle, ont été progressivement défoncées par le soutirage karstique. Les lambeaux de couverture ont constitué autant de petits impluviums permettant le maintien de la cryptocorrosion et la concentration des écoulements vers des pertes. La formation de ces dépressions est d'ailleurs d'autant plus rapide que le substrat a été longuement préparé par la cryptocorrosion et l'altération.
- Les anciens vallons fluvio-karstiques perchés, comme celui de Longviala au-dessus de Combelongue-Bonsecours, ainsi que les lambeaux de replats qui dominent les talwegs actuels (les Planes au nord d'Altès, Cézals à l'ouest du Ginou ou Lous Perieyrols au nord-est de Saint-Romed-Dolan), concentrent un grand nombre de dolines. Ici aussi, c'est à l'occasion de l'abandon de ces surfaces

de corrosion qu'ont démarré les défonçages karstiques.

- Enfin, d'autres vallons fluvio-karstiques présentent un fond criblé de dolines. C'est le cas du vallon du Recoux, des Fonts, mais aussi des vallons situés en aval des formations permo-triasiques sur le Causse de Masegros. Ce défonçage traduit la verticalisation du karst et la mise en place d'un drainage efficace qui a éliminé *ipso facto* tout maintien des processus d'aplanissements. La tendance conquérante du bassin versant karstique du Tarn pourrait expliquer ces désorganisations [Bruxelles et Mallet, 2004]. Plus à l'ouest, la paléo-vallée de la Muraille située au nord de Montaliès subit, quant à elle, le soutirage karstique tributaire de l'Aveyron (source des Bastides et sources de l'Aveyron).

2. Les dolines à remplissage crétacé et à formations apparentées

Ce sont pour l'essentiel de grandes dolines isolées. Leur formation est complexe puisque, pour certaines d'entre elles, il faut remonter jusqu'au Crétacé, peut-être pendant la période de bauxitogénèse. C'est le cas certainement de la doline du Recoux où la bauxite et les calcaires gréseux en place ont été découverts. D'autres dolines semblent avoir la même origine sans fournir, en surface, de preuves aussi nettes. On retrouve néanmoins des concentrations extrêmement importantes de blocs de grès ferrugineux ainsi que des poches d'argiles sableuses versicolores. C'est le cas des dolines du Maynard, de la Tieule, de Pertuzades ou du Grand Viala. C'est le cas également de dolines plus petites, véritables poches d'argiles sableuses où l'on retrouve les grès ferrugineux en place.

3. Les dolines à remplissage de grésou dolomitique

Dans la dolomie, des profils d'altération profonds jalonnent les failles et les diaclases du causse. Avec la verticalisation du karst et l'apparition d'un gradient hydraulique, ces formations meubles sont progressivement évacuées, ce qui se traduit en surface par un point de soutirage. En corollaire, le ruissellement alimente continuellement en grésou dolomitique le fond des dépressions où se poursuit la crypto-corrosion.

Ce type de paysage caractérise surtout la partie méridionale du Causse de Masegros. Un grand nombre de dolines de ce secteur relève de ce processus. Ici aussi, le soutirage exercé par les hydrosystèmes karstiques tributaires du Tarn en constitue le moteur.

D. Les vallons fluvio-karstiques

La formation de vallons fluvio-karstiques implique, comme pour les poljés, que le niveau de base karstique ne soit pas trop déprimé pour permettre le maintien des écoulements en surface. La présence d'une couverture imperméabilisante favorise non seulement la concentration des eaux en amont mais aussi leur préservation du soutirage karstique. C'est d'autant plus vrai lorsque les gorges se creusent et que le niveau de base karstique s'approfondit.

L'observation de la morphologie d'ensemble du secteur étudié fait ressortir une différence flagrante : au Causse de Masegros, où les vallons karstiques sont mal exprimés et désorganisés par le soutirage karstique, s'oppose le Causse de Sévérac, où ces formes sont bien développées et très bien préservées (figure 3).

Nous distinguerons donc deux types de vallons fluvio-karstiques : ceux développés sur le Causse de Masegros et qui font appel aux apports allochtones et ceux développés sur le Causse de Sévérac, liés en grande partie à la présence des dépôts crétacés et des argiles sableuses versicolores.

1. Les vallons fluvio-karstiques du Causse de Masegros

Ils se situent tous dans la partie occidentale du causse, en aval du contact avec les formations permo-triasiques (figure 6). Ce système de vallées prend donc sa source sur les niveaux imperméables au sud de la faille des Palanges et se dirige en direction du nord. On retrouve dans ces vallons des fragments de grès triasiques ainsi que des pélites permiennes qui confirment bien leur fonctionnement en relation avec l'amont imperméable.

Actuellement, ces vallées sèches sont en grande partie fossiles. Avec un amont tronqué, elles n'ont pas eu la possibilité de conserver un fonctionnement sub-aérien. Seule la vallée de la Verlenque a pu conserver un écoulement et inciser l'entablement des causses au fur et à mesure de l'abaissement du niveau de base.

Au contact du substrat permo-triasique, de petits poljés se sont développés, profitant de la zone broyée de la faille des Palanges (Novis). Ils ont démantelé la partie amont de ces anciennes vallées. La désorganisation de ces formes de drainage de surface et l'apparition de pertes karstiques illustrent bien les modifications du fonctionnement hydrogéologique de cette partie du causse. Alors que les écoulements de surface de ce secteur faisaient partie du bassin versant de l'Aveyron, le drainage hypogé s'opère aujourd'hui à l'opposé, en direction de la vallée du Tarn (source de Rouveyrol).

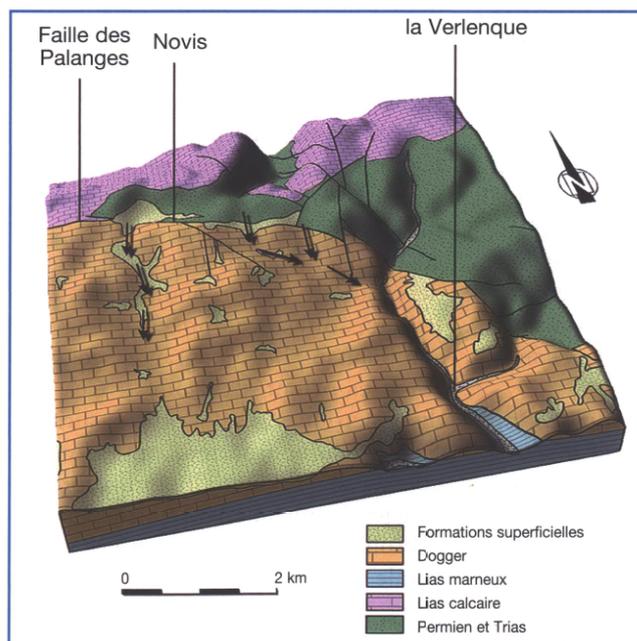


Figure 6: Plusieurs vallons fluvio-karstiques parcourent la partie occidentale du Causse de Masegros. Ils prennent leur source sur les terrains permo-triasiques quiaffleurent au sud de la faille des Palanges. Several fluvio-karstic valleys cross the western part of the Causse de Masegros. They originate from permo-triassic terrains which crop out to the south of the Palanges fault.

2. Les vallons fluvio-karstiques du Causse de Sévérac

Ce sont de larges vallons, très bien hiérarchisés et peu affectés par le soutirage (Combelongue, Bonsecours, Mayrinac-le-Haut, Aguès, Pouzarac...). Les plus importants collectent de nombreux petits vallons et se dirigent en direction de la bordure du plateau. Cet ensemble de dispositifs morphologiques est assez étonnant dans le contexte karstique des Grands Causses qui tend plutôt vers l'endoréisme et la désorganisation des formes de surface. Ici, on observe plutôt une hiérarchisation des formes et un exoréisme des circulations.

Deux facteurs permettent de mieux comprendre cette organisation :

- La proximité du niveau de base est très importante pour permettre ce type d'organisation à la surface du causse. La structure en gouttière synclinale du Causse de Sévérac permet le redressement des marnes du Lias à la bordure du plateau. Ainsi, dans ces secteurs, le toit des marnes se retrouve à la même altitude que les séries du Dogger et d'une partie du Malm au cœur du causse. Ce sont elles qui ont commandé la position du niveau de base karstique de ce causse tant que la vague d'érosion régressive, initiée par le creusement des canyons, n'est pas parvenue jusqu'ici. De fait, et pendant une longue période, l'essentiel de la morphogenèse était maintenu en surface et a contribué à ce type d'organisation.
- L'abondance des dépôts crétacés et des formations versicolores a également joué un rôle important. La présence de cette couverture argilo-sableuse a permis la concentration des écoulements en amont de ces vallons fluvio-karstiques. Plusieurs de ces vallées démarrent à partir d'une dépression où nous avons relevé l'existence d'une couverture d'argiles sableuses relativement importante. Ce matériel remanié en aval a également contribué à l'étanchéification du fond des vallées et donc au maintien des écoulements en surface.

Le creusement des canyons ne semble pas avoir bouleversé ce dispositif dont les formes sont encore très nettes. D'ailleurs le fond de ces vallons, en tout cas ceux situés à l'ouest, n'est quasiment pas perturbé par le soutirage karstique. En effet, les sources de déversement situées au toit des marnes imposent dans

ce secteur un gradient hydraulique moindre et donc un impact modéré du soutirage. Lors de crues exceptionnelles, il arrive encore que la vallée de Bonsecours soit parcourue par une véritable rivière [com. orale, J. Pomié].

En revanche, les vallées sèches situées plus à l'est, comme le Recoux ou le système de vallon des Fonts, sont défoncées par le soutirage karstique (figure 3). Il faut certainement voir là les signes d'une dynamique karstique renouvelée, notamment avec l'extension dans ces secteurs du bassin versant du Tarn (hydrosystème des sources de Beldoire, du Pas-de-Souci et de Fontmaure).

E. Les reculées karstiques

Il convient d'emblée de distinguer deux formes s'apparentant à des reculées : la profonde échancrure orientée est-ouest, qui isole sur plus de dix kilomètres le Causse de Massegros de celui de Sévérac (dépression de Sévérac-le-Château), et les petits « rentrants » qui indentent la corniche des causses.

1. La dépression de Sévérac-le-Château

Elle constitue une large échancrure profonde de 200 mètres en moyenne. Le versant sud, constitué par un front de cuesta révélé par le jeu de l'érosion différentielle, a un tracé plus ou moins sinueux, isolant des buttes-témoins. Les calcaires de la base du Dogger forment ici une corniche qui surmonte les morphologies plus molles développées dans les marnes du Lias. Sur l'autre versant de la reculée, le revers structural des calcaires du Jurassique inférieur, dégagé des marnes surincombantes, est entaillé par le réseau hydrographique. Fortement incliné, il se raccorde à la surface du plateau soit directement, soit par l'intermédiaire d'une petite corniche. La bordure du plateau, calquée sur la faille des Vignes, a de ce côté un tracé plus rigide.

Au point de vue structural, ce type de reculées, déjà rencontrées sur le Larzac, sont développées à la faveur d'anticlinaux liés aux grands accidents inverses orientés est-ouest. Ces plis dissymétriques surélèvent les calcaires du Jurassique inférieur, mis alors en contact par faille avec les formations du Dogger. En direction du sud, le pendage décroît rapidement et la surface structurale des calcaires liasique disparaît sous les marnes domériennes (le Tensonnieu).

Bien que des sources karstiques y émergent actuellement, cette échancrure ne peut pas être assimilée à une reculée karstique *s.s.*, en tout cas dans l'essentiel de sa genèse. En effet, au niveau de l'anticlinal associé à la faille des Vignes, les marnes du Lias sont surélevées et se trouvent à la même altitude que les formations du Dogger. Avec l'encaissement des canyons, les vagues d'érosion régressive ont préférentiellement débarrassé les marnes du Lias et ont abouti à une inversion de relief et à la formation de ce faux fossé [Derruau, 1988].

L'élargissement de la dépression a provoqué, sur son versant sud, le sapement des formations jurassiques et la formation de corniches. Ce n'est qu'à partir de ce moment-là, que des sources karstiques peuvent se mettre en place, soit au pied de la corniche bajocienne, soit dans les calcaires et les dolomies du Lias fraîchement dégagés des marnes (émergence de Tantayrou par exemple).

2. Les rentrants karstiques du Causse de Sévérac

Longues de quelques centaines de mètres à plus de trois kilomètres (Roquaizou), ces « reculées » sont encadrées par de hautes corniches qui s'appuient sur les marnes du Lias. Au toit de ces dernières sourdent plusieurs sources qui drainent une portion plus ou moins grande de la bordure du plateau. Plusieurs d'entre elles, assez curieusement de prime abord, sont développées exactement dans l'axe des grandes paléovallées qui sillonnent le Causse de Sévérac, en l'absence de tout contrôle structural apparent (figure 3).

Sur le Causse de Sévérac, les grands vallons fluvio-karstiques semblent jouer un rôle majeur dans la mise en place et la localisation des reculées (figure 7). En effet, ces vallons, qui matérialisent d'anciens écoulements de surface, ont entaillé assez profondément les calcaires du Dogger. En bordure du plateau, du fait de la structure synclinale de ce causse, ils ont atteint le Lias à faible profondeur. Le déblaiement des marnes, qui constituent le mur de l'aquifère supérieur des Grands Causses, a permis le déversement de la nappe karstique à une altitude moindre que sur le reste du pourtour du plateau. A partir de ce point, de nouvelles circulations karstiques ont pu se mettre en place, fossilisant progressivement les anciennes vallées fluvio-karstiques. Il est, d'ailleurs,

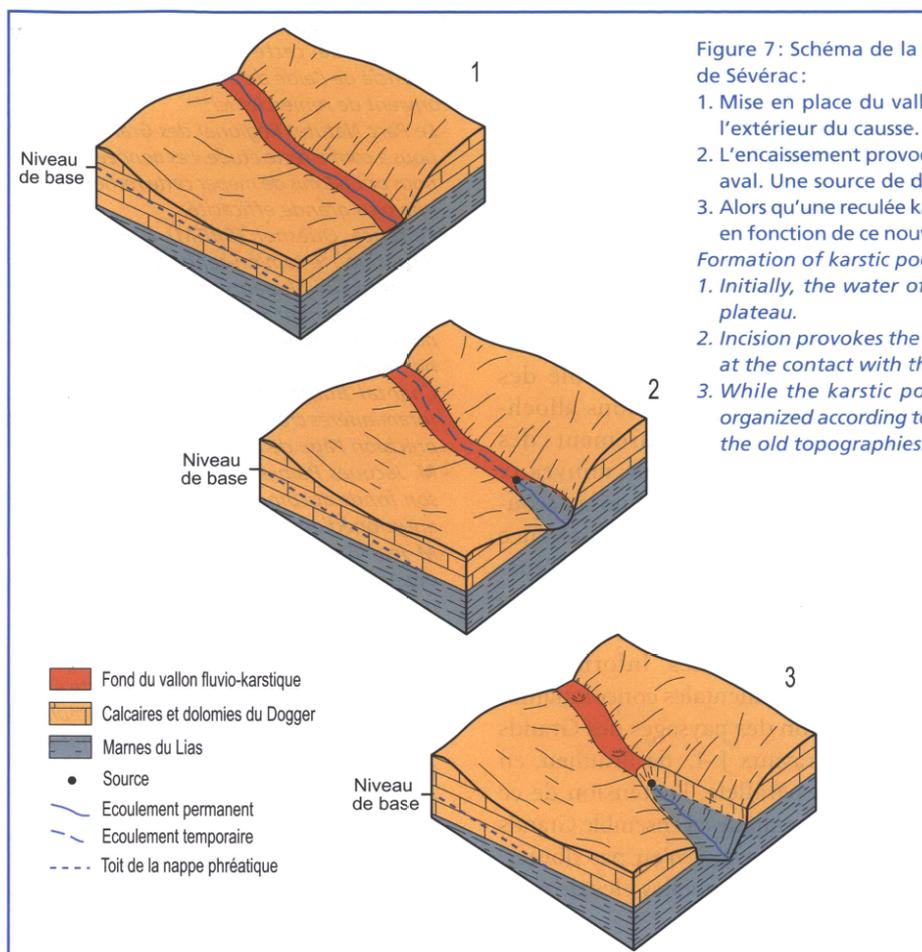


Figure 7 : Schéma de la formation des reculées de la partie nord du Causse de Sévérac :

1. Mise en place du vallon fluvio-karstique dont les écoulements vont vers l'extérieur du causse.
 2. L'encaissement provoque le recoupement des marnes du Lias dans la partie aval. Une source de déversement se met en place.
 3. Alors qu'une reculée karstique se développe, le drainage karstique s'organise en fonction de ce nouveau point bas et fossilise les anciennes topographies.
- Formation of karstic pocket valleys in the north of Causse de Sévérac:*
1. Initially, the water of the fluvio-karstic valley flew out of the limestone plateau.
 2. Incision provokes the erosion of the liasic marls, and a spring is generated at the contact with the limestones.
 3. While the karstic pocket valley is growing, the karstic drainage gets organized according to this new water table level and fossilizes progressively the old topographies.

sont bloquées au toit des marnes du Lias. Ceci devrait se traduire en surface par un soutirage accru et par un démantèlement des anciennes formes karstiques au fur et à mesure de son extension vers le nord et l'ouest. Ces constatations sont en accord avec les résultats obtenus par la réalisation de traçages et par l'analyse des mesures de débits [Parc Naturel Régional des Grands Causses, 2006 ; Lepiller *et al.*, sous presse].

B. Synthèse et perspectives d'étude

Il ressort de cette étude des formes et formations superficielles un contraste assez net entre le Causse de Sévérac et le Causse de Masegros. Le premier présente des vallons fluvio-karstiques bien hiérarchisés et de profondes dolines. Le second se caractérise par un aspect tabulaire sur lequel se surimposent des vallons ou des dolines de taille souvent plus modeste. Les formations superficielles soulignent la même dichotomie. Si l'on retrouve des altérites du substrat sur les deux plateaux (argiles à chailles, grésou dolomitique), il en va différemment des témoins des dépôts crétacés. Alors que ceux-ci sont très abondants sur le Causse de Sévérac, avec localement des dépôts encore en place, ils sont quasiment absents du Causse de Masegros.

Ces différences semblent avoir pour origine l'histoire tectonique de ce secteur. En effet, de part et d'autre de l'anticlinal associé à la faille des Vignes, les formations jurassiques n'affleurent pas à la même altitude. Ainsi, le Causse de Masegros a été plus porté en hauteur que son voisin septentrional. L'érosion et notamment la mise en place de la Surface Fondamentale des Causses ont donc largement regradé ce secteur et ont fait disparaître les niveaux supérieurs du Jurassique ainsi que les dépôts

probable que des pertes aient contribué à alimenter ces nouveaux exutoires [Frachon, 1975].

Au niveau des sources, le déblaie-ment des marnes par l'érosion provoque le sapement des calcaires bajociens sus-jacents. Ce processus se traduit par un recul progressif de la source et la formation d'un cirque plus ou moins marqué (Lestang, Canac et peut-être Roquaizou). Leur extension vers l'intérieur du plateau est toutefois rapidement enrayerée par l'épaisseur croissante, du fait du pendage, de la dalle de calcaire qui surmonte les marnes.

IV. Interprétations et conclusions

A. Contribution à l'étude hydrogéologique de la partie ouest du Causse de Sauveterre

L'objectif de notre intervention dans l'étude pluridisciplinaire des aquifères karstiques des causses était de préciser la vulnérabilité des ressources en eau *via* l'étude des formations superficielles, mais aussi d'aider à la détermination des bassins d'alimentation des principales sources. Nous avons ainsi

pu montrer le rôle ambigu des formations superficielles dont le morcellement ne pouvait garantir une protection efficace contre l'infiltration des polluants. Pire encore, certaines d'entre elles, comme les argiles à chailles, favorisent leur concentration en surface et leur absorption massive par les pertes.

Outre la nature des formations superficielles et leur épaisseur, la notion de dynamique karstique introduit une variable de taille dans l'appréciation de leur rôle. L'ensemble du secteur drainé par le bassin versant du Tarn est caractérisé par un fort gradient hydraulique entre la surface et le niveau de base. De fait, les formations superficielles perchées 300 voire 400 mètres au-dessus du toit de la nappe sont en position précaire. En outre, compte tenu de la structure et de la différence d'altitude des différents exutoires, il apparaît que le bassin versant du Tarn bénéficie d'une dynamique bien plus importante que le bassin versant de l'Aveyron. Il est donc prévisible, en l'absence d'obstacle structural ou lithologique de taille, que l'hydrosystème karstique du Tarn capture progressivement celui de l'Aveyron, dont la plupart des sources

crétacés qu'ils supportaient. A l'inverse, la partie sud du Causse de Sévérac qui est structurée en synclinal, a conservé une grande quantité de ces dépôts et vraisemblablement d'anciennes morphologies crétacées. Les formations superficielles, très abondantes dans ce secteur, ont donc contribué au développement de vallons fluvio-karstiques hiérarchisés, mais aussi à la formation de grandes dépressions karstiques. En outre, la proximité relative du niveau de base a favorisé le maintien de ces formes finalement peu désorganisées par la verticalisation du karst. Sur le Causse de Massegros, plus affecté par la verticalisation, on note un étagement des replats (paléopoljé et poljé de Massegros) puis un défonçage des différentes morphologies par de très nombreuses dolines.

Cette première étude des formes et formations superficielles de la partie ouest du Causse de Sauveterre démontre, encore une fois, la complexité de l'évolution karstique des plateaux des Grands Causses. La topographie des Causse de Sévérac et de Massegros est caractérisée par une grande variété de formes d'âge et de nature variés qu'il est parfois

difficile de distinguer du fait de leur superposition ou de leur recoupement mutuel. Il s'agit de l'héritage karstique du causse qui cumule plus de cent millions d'années d'évolution et dont nous avons déjà publié les principales étapes [Bruxelles, 2001 et 2002 a]. On retrouve d'ailleurs des points communs de cette histoire géomorphologique entre les différents causses qui confirment les schémas évolutifs déjà proposés (ingression du Crétacé supérieur, rôle des argiles à chailles, circulations allochtones, impact du creusement des canyons). Néanmoins, de nouveaux éléments sont apparus comme la découverte de maars et surtout, la présence de sédiments lacustres dans l'un d'eux. L'étude détaillée de cette séquence devrait fournir un enregistrement à haute résolution des informations paléoenvironnementales concomitantes de l'évolution des paysages des Grands Causses [travaux J.-L. de Beaulieu, en cours]. En parallèle, l'extension de ce type de cartographie à l'ensemble Grands Causses permettra, à n'en pas douter, de découvrir de nouvelles clés de cette longue histoire.

Remerciements

Au cours de cette recherche, nous avons bénéficié de l'aide de plusieurs personnes qu'il convient de remercier ici :

- Le Parc Naturel Régional des Grands Causses nous a confié cette étude. Les données fournies nous ont permis de mener cette recherche avec une plus grande efficacité.
- Florence Quesnel (BRGM) a mis à notre disposition le camion-sonde avec lequel nous avons réalisé plusieurs campagnes de forage. C'est également par son intermédiaire que nous avons eu la possibilité de faire déterminer les échantillons de Crétacé supérieur.
- Chantal Bourdillon (Eradata) a étudié les foraminifères crétacés et a pu déterminer avec précision l'âge de ces dépôts.
- M. Jacques Pomié a mis à notre disposition son fonds documentaire et sa connaissance encyclopédique du karst de ce causse.
- M. Jean Bancillon, ancien président du Comité départemental de spéléologie de la Lozère, nous a fourni les publications spéléologiques concernant le secteur étudié.
- Nous remercions aussi les différents partenaires avec qui nous avons réalisé cette étude hydrogéologique : Bernard Blavoux, Stéphane Brusset, Alain Mangin, Pierre Marchet ainsi qu'une pensée toute particulière pour Michel Lepiller.

Enfin, nous tenons à remercier Jean-Jacques Delannoy et Jacques Martini pour la relecture attentive de notre manuscrit et pour les remarques constructives qu'ils ont formulées.

ALABOUVETTE B., AZEMA C., BOEUR Y. et DÉBRAND-PASSART S., 1994 - Le Crétacé supérieur des Causses (s.l.) *Géologie de la France*, n° 1-2, p. 67-73.

AMBERT M. et AMBERT P., 1995 - Karstification des plateaux et entassement des vallées au cours du Néogène et du Quaternaire dans les Grands Causses méridionaux (Larzac, Blancas). *Géologie de la France*, n° 4, p. 37-50.

AMBERT M., AMBERT P., COULET E., FABRE G., GUENDON J.-L., NICOD J. et ORENIGO C., 1978 - Le Causse de Blancas et les gorges de la Vis: étude géomorphologique. *Travaux ERA 282*, n° 7, Aix-en-Provence, 52 p.

AMBERT P., 1994 - L'évolution du Languedoc Central depuis le Néogène (Grands Causses méridionaux, plateau languedocien). *Document n° 232* du BRGM, Orléans, 210 p. + 3 cartes géomorphologiques en couleur.

BAYONNETTE V., 1990 - La pression karstique volcanique de Soulaiges (Lozère). Mémoire de DEA, Université Michel de Montaigne, Bordeaux, 69 p.

BAYONNETTE V., 1995 - La dépression de Soulaiges (Causse de Sauveterre, Lozère). *Sud-ouest européen*, n° 7, Toulouse, p. 13-26.

BRUXELLES L., 2001 - Dépôts et formes des plateaux du Larzac central : causses de l'Hospitalet et de Campastret (Aveyron, Gard, Hérault). Evolution morphologique, conséquences géologiques et implications pour l'aménagement. Thèse 3^{ème} Université de Provence, Document du

BRGM, n° 304, Orléans, 266 p. + 5 cartes couleur.

BRUXELLES L., 2002 - Dépôts et formations superficielles du Larzac central : rôle morphologique et intérêt pour la recréation d'un espace paysan. *Karstologia*, n° 31, p. 15-28.

BRUXELLES L., 2002 b - Other structures in the karstic landscapes of the Causse de Larzac (France). *Proceedings of the 1st Scientific Belgia International Meeting*, Liège, 11-12 septembre 2002. *Karstologia*, n° 31, p. 145-152.

BRUXELLES L., GUENDON J.-L., GUENDON J.-L. et PROMONETTI G., 1999 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 119, p. 119-122.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2000 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 118, p. 118-121.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2001 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 119, p. 119-122.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2002 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 120, p. 120-123.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2003 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 121, p. 121-124.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2004 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 122, p. 122-125.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2005 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 123, p. 123-126.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2006 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 124, p. 124-127.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2007 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 125, p. 125-128.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2008 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 126, p. 126-129.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2009 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 127, p. 127-130.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2010 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 128, p. 128-131.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2011 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 129, p. 129-132.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2012 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 130, p. 130-133.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2013 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 131, p. 131-134.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2014 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 132, p. 132-135.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2015 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 133, p. 133-136.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2016 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 134, p. 134-137.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2017 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 135, p. 135-138.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2018 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 136, p. 136-139.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2019 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 137, p. 137-140.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2020 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 138, p. 138-141.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2021 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 139, p. 139-142.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2022 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 140, p. 140-143.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2023 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 141, p. 141-144.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2024 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 142, p. 142-145.

BRUXELLES L. et AMBERT P., 2025 - Les affaissements de Crétacé Supérieur sur les Grands Causses méridionaux (France). *Annales de l'Association Française pour l'Etude du Karst*, n° 143, p. 143-146.

DELAUNAY J., 1967 - Le volcanisme des Causses du Sud-Languedoc. *Carte géologique et géomorphologique de la région de la Lozère*, Thèse 3^{ème} Cycle, Sc. Nice, 80 p.

DELAUNAY J., 1975 - Chronométrie par la méthode des lavas érosifs des lavas des Causses du Sud-Languedoc. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud (Orsay), 120 p.

DELAUNAY J., 1985 - Une carte géomorphologique de la Causse Méjean au 1/25 000. *Bull. Soc. Lang. Géol.*, t. 19, fasc. 4, p. 223-240.

DELAUNAY J., BRUSSET S., DANNEVILLE L., MANGIN A. et MARCHET P., sous presse - A multidisciplinary approach to a karstic region for the use and protection of the water resource. Application to the Causse de Sauveterre (South of France). *Actes du colloque de l'Association Internationale*

de France au 1/50 000, feuille de Sévérac-le-Château, n° 885, Orléans, 58 p.

DELAUNAY J.-J., 1997 - Recherches géomorphologiques sur les massifs karstiques du Vercors et de la transversale de Tignes (Alpes). *Les Apports morphologiques du karst*. Thèse d'Etat, Grenoble, Ed. Septentrion, 678 p.

DELAUNAY M., 1984 - Précis de géomorphologie. 7^{ème} édition, ed. Masson, Paris, 520 p. + 37 fig., 11 63 pl.

FRACHON J.-C., 1975 - Etude géomorphologique des recèdes du Jura lédonien. *Revue de géographie alpine*, Annales littéraires de l'Université de Besançon n° 24, Paris, p. 77-115.

GUENON J.-L., 1987 - Le volcanisme des Causses du Sud-Languedoc. *Carte géologique et géomorphologique de la région de la Lozère*, Thèse 3^{ème} Cycle, Sc. Nice, 80 p.

GUENON J.-L., 1988 - Chronométrie par la méthode des lavas érosifs des lavas des Causses du Sud-Languedoc. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud (Orsay), 120 p.

GUENON J.-L. et AMBERT P., 1985 - Une carte géomorphologique de la Causse Méjean au 1/25 000. *Bull. Soc. Lang. Géol.*, t. 19, fasc. 4, p. 223-240.

LEPILLER M., BLAVOUX B., BRUSSET S., BRUXELLES L., DANNEVILLE L., MANGIN A. et MARCHET P., sous presse - A multidisciplinary approach to a karstic region for the use and protection of the water resource. Application to the Causse de Sauveterre (South of France). *Actes du colloque de l'Association Internationale*

de Hydrogéologie, Darcy 150 th anniversary, Dijon 2006, 9 p. + 14 figures.

LOISELIER B., 1997 - Genèse de la dépression de Soulaiges (Causse de Sauveterre, Lozère) : une nouvelle explication. *International Congress of Speleology*, 10-17 août 1997, la Chaux-de-Fonds, Neuchâtel, Suisse, 4 p.

LOISELIER B., ANDRE D., BOEUR M. et RIGALICH., 2006 - Inventaire spéléologique du Causse de Sévérac et de ses marges : étude de géographie régionale, 382 p.

PARC NATUREL REGIONAL DES GRANDS CAUSSES. 2006 - Etude hydrogéologique de la partie ouest du Causse de Sauveterre et de ses avants Causses, Millau, 279 p. + annexes + 3 cartes A1 h.t.

POMME J., 1983 - Contribution à l'étude hydrogéologique du Causse de Massegros. *Spélologie*, Dufrenoy, Orléans, 50 p. de la Lozère, 80 p.

QUINFY Y., 1999 - Fantomatisme, cryptolittération et altération sur roche nue, le triptyque de la karstification. *Actes du colloque européen karst 99*, p. 159-164.

QUINFY Y., VANDYCKE S. et VERGARI A., 1997 - Chronologie et causalité entre tectonique et karstification. L'exemple des pseudo-karsts crétacés du Hainaut (Belgique). *Bull. Soc. Géol. France*, t. 168, n° 4, p. 463-472.

VERGARI A., 1998 - Nouveau regard sur la spéléogénèse : le pseudo-okarst du Tournaisis (Hainaut, Belgique). *Karstologia*, n° 31, p. 12-18.