



HAL
open science

Le système karstique de la Touvre (Charente, France). Spéléogénèse par fantômisation

Grégory Dandurand, Richard Maire, Yves Quinif, Didier Cailhol, Laurent
Bruxelles

► To cite this version:

Grégory Dandurand, Richard Maire, Yves Quinif, Didier Cailhol, Laurent Bruxelles. Le système karstique de la Touvre (Charente, France). Spéléogénèse par fantômisation. *Karstologia Mémoires*, 2022, 18th International Congress of Speleology - Savoie Mont Blanc 2022 - SYMPOSIUM 04 - Geomorphology and Speleogenesis, 4 (24), pp.251-254. hal-03917435

HAL Id: hal-03917435

<https://hal.science/hal-03917435>

Submitted on 1 Jan 2023

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.

Geomorphology

S.04 - Speleogenesis, geomorphology
S.12 - Glacier, firn and ice caves



Le système karstique de la Touvre (Charente, France). Spéléogénèse par fantômisatation

Grégory DANDURAND⁽¹⁾, Yves QUINIF⁽²⁾, Richard MAIRE⁽³⁾,
Didier CAILHOL⁽¹⁾ & Laurent BRUXELLES⁽⁴⁾

(1) INRAP, UMR5608 - TRACES, CNRS - UT2J, Toulouse, France, gregory.dandurand@inrap.fr ; didier.cailhol@inrap.fr

(2) Université de Mons - Faculté Polytechnique - Service de Géologie Fondamentale et appliquée (UMONS - FPMS), yves.quinif2@gmail.com

(3) UMR5319 - Passages, CNRS - Université Bordeaux Montaigne, France, richard.maire49@gmail.com

(4) UMR5608 TRACES, CNRS - UT2J, Toulouse, France / School of Geography, Archaeology and Environmental Studies [Johannesburg, South Africa] laurent.bruxelles@inrap.fr

Résumé

Le système karstique de bas plateaux de La Rochefoucauld se caractérise par un fonctionnement en pertes/résurgences dont le principal exutoire est la Touvre, 2^e émergence de France (débit moyen de 13 m³/s). Les cavités, essentiellement développées subhorizontalement, forment des réseaux labyrinthiques. Malgré cela, les sources de la Touvre donnent accès à des puits noyés très profonds (>180m). Afin d'expliquer l'origine des cavités labyrinthiques associées à un unique exutoire de type vaclusien, plusieurs hypothèses ont été émises. Depuis 2010, des découvertes importantes en grottes et en carrières ont permis d'établir que la genèse des cavités du karst de La Rochefoucauld dépend de phénomènes de fantômisatation épigènes dont de nombreux témoins ont été retrouvés. Mais les caractéristiques hydrogéologiques invitent ici à repenser le modèle de fantômisatation à partir de la formation de boucles de convection thermo-hydrodynamique. Il faut alors aussi envisager une spéléogénèse de type fantômisatation « hypogène » profonde dès l'origine, initiée par des boucles de convections bathyphréatiques au sein d'un puissant aquifère.

Abstract

The karstic system of La Rochefoucauld (Touvre, France): speleogenesis by phantomization (ghost-rock models). The "La Rochefoucauld" low plateau karstic system is characterized by a sinkhole/spring functioning whose main outlet is the Touvre springs, 2nd emergence in France (13 m³/s). The caves, essentially developed sub-horizontally, form maze networks, but often presenting a little global development. In spite of this, the Touvre springs give access to very deep (>180m) submerged shafts. It must be insisted on the fact that, in this case, the ducts of the resurgence were formed in the deep karst. No marine regression can explain the phenomenon. In order to understand the origin of the maze caves associated with a single outlet constituted by a very deep shaft of emergence, various hypotheses have been put forward. Since 2010, important discoveries in caves and quarries have established that the genesis of the cavities of the La Rochefoucauld karst depends on epigenetic phantomization phenomena (ghost-rock) of which many witnesses have been found. But the hydrogeological characteristics here invite us to reconsider the ghost-rock model based on the formation of thermo-hydrodynamic convection loops. We must also consider a deep hypogenous ghostrock type speleogenesis from the beginning, initiated by bathyphreatic convection loops within a huge aquifer reservoir.

1. Introduction

L'origine des sources karstiques vaclusiennes est étudiée par de nombreux auteurs. Deux modèles explicatifs sont avancés : le karst barré et les oscillations eustatiques. Si pour le bassin méditerranéen, la régression marine messinienne avec un abaissement de l'ordre de 1 500 m est mise en avant pour expliquer la présence de conduits noyés profonds (≥ 150 m), il en est différemment pour le bassin atlantique dont le niveau marin n'a jamais connu une pareille chute (-125 m lors de dernière régression connue au pic du dernier âge glaciaire à - 20 000 ans). Un autre modèle de spéléogénèse est la formation de conduits profonds, de type thermo-hydrodynamique, issu de cellules de convection.

Afin d'expliquer la mise en place et les relations hydrauliques entre les cavités labyrinthiques de subsurface si particulières et l'unique exutoire constitué par un puits

profond, plusieurs hypothèses sont émises : BIGOT (2009) évoque la possibilité d'une spéléogénèse épigène par engorgement des pertes, AUDRA *et al.* (2010) proposent une origine hypogène par remontée des eaux profondes, le long de grandes fractures qui s'enracinent dans le socle cristallin.

Depuis 2010, deux découvertes importantes permettent de montrer que d'autres phénomènes interviennent dans la genèse de ces cavités, comme la crypto-altération et la fantômisatation. La vidange des fantômes par un processus hydraulique gravitaire (battement de nappe, perte) a été reconnue et analysée notamment dans la grotte de La Fuie (DANDURAND *et al.*, 2014). Par ailleurs, compte tenu d'un certain nombre de points communs entre l'aquifère du Hainaut et celui de la Touvre (épaisseur de la série

karstifiable, émergence profonde unique, vaste bassin d'alimentation, tectonique en distension), l'hypothèse d'une karstification profonde, générée sous forme de fantômisation grâce à l'établissement de circulations

bathyphréatiques engendrées par cellules de convection thermique au sein de l'aquifère, pourrait expliquer l'origine et l'évolution de cet énorme puits noyé (DANDURAND *et al.*, 2019).

2. Matériels et méthodes

Les observations de terrain se sont concentrées sur l'étude de la relation entre altération de la masse carbonatée et formation des grottes. Trois carrières ont d'abord été étudiées : Combe Brune, Artenac, Peusec. Le choix des sites a été déterminé en fonction de leur répartition dans le bassin karstique de la Touvre (Fig. 1). L'étude systématique des forages réalisés par le BRGM et des carottages réalisés par le Centre d'étude Technique de Bordeaux nous a fourni une importante base de données. Une dizaine de cavités a été prospectée, dont deux ont fait l'objet de relevés

morpho-sédimentaires et d'analyses pétrographiques et sédimentologiques plus précises : la grotte du Bois du Clos et celle de La Fuie, cette dernière étant prise comme exemple dans cet article. Ces observations ont été complétées par diverses analyses de laboratoire comprenant des analyses de densité, de minéralogie des éléments lourds et des argiles et de micromorphologie. Enfin, la découverte, l'exploration et le monitoring de la grotte de La Fuie ont permis l'étude des fluctuations de la nappe enregistrées par un « luoigraphe » (MOREL, 1996).

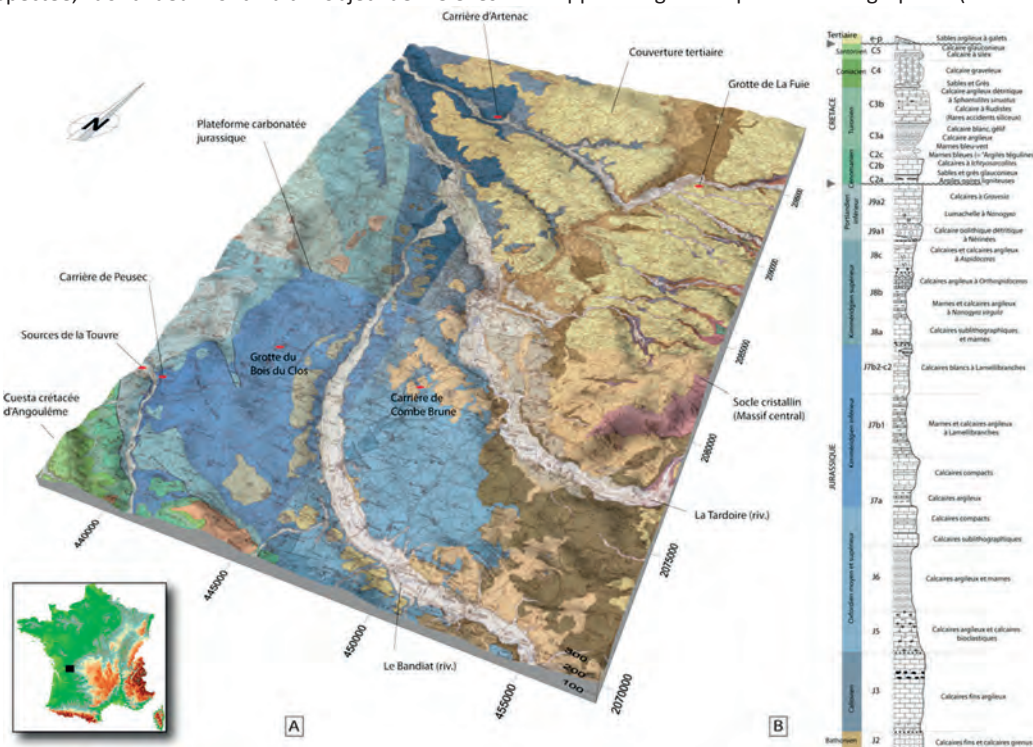


Figure 1: (A) Diagramme 3D montrant les contextes géologique et géomorphologique du secteur karstique de La Rochefoucauld. (B) Colonne lithostratigraphique. Les deux flèches grises indiquent les principales discordances durant lesquelles la fantômisation a pu s'opérer.

3. Résultats

3.1 Les caractéristiques de l'altération

L'observation des fronts de taille révèle un profil d'altération qui progresse le long des joints stratigraphiques et des fractures et qui recoupe les différents faciès de dépôt jurassique. Le front d'altération se marque également par la formation d'anneaux de Liesegang qui sont généralement développés dans un contexte vadose avec les processus d'oxydoréduction. Nous remarquons aussi que les couloirs d'altération sont souvent associés à des brèches d'effondrement collatérales en lien avec la réactivation du fantôme de roche (Fig. 2). Les résultats des analyses de

densité réalisées sur 12 échantillons prélevés en carrières donnent des pertes de 30 à 40 % (densité < 2 g/cm³) par rapport à la roche-mère saine (densité 2,68 g/cm³). Les résultats des échantillons prélevés en grottes donnent des pertes de 25 à 30 %. L'analyse pétrophysique montre un gradient depuis la roche complètement altérée au centre du phénomène à une roche très peu atteinte aux parois des galeries ou des épontes des couloirs (porosité 15 %). L'étude microscopique en lames minces d'échantillons prélevés dans les trois carrières et dans les cavités montre des similitudes micromorphologiques. La porosité résulte d'une attaque de structures microsparitiques inter-oolites qui progresse également dans les oolites micritiques. L'origine

de cette attaque est peut-être liée à des bactéries chimolithotrophes, représentées par des amas de ferrobactéries, qui utilisent les minéraux de la roche pour leur énergie.

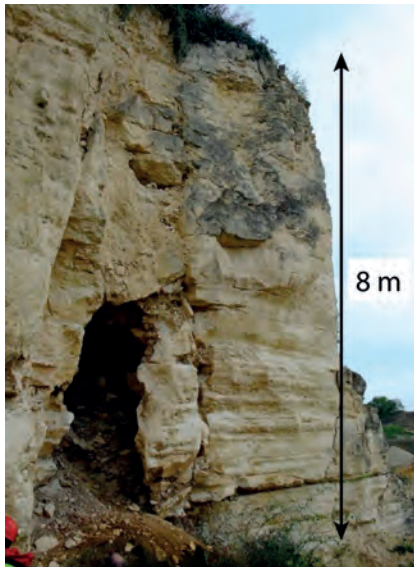


Figure 2 : Grotte recoupée par la carrière de Peusec. Notez le lien entre le fantôme à l'intérieur du couloir vertical, la fracture dans le calcaire jurassique et la brèche d'effondrement (photo : B. Lossou, 18 septembre 2011).

Mais l'altérite n'est pas partout conservée. En effet, certains conduits karstiques reconnus à Peusec notamment ne contiennent plus de fantômes de roche. Ils sont remplis par des dépôts variés, attribués au Cénomanién inférieur (ROUILLER, 1987). Ces formations sont venues se substituer

4. Discussions

Certaines grottes présentes dans le karst de La Rochefoucauld dériveraient de la vidange partielle de l'altérite résiduelle. La couverture tertiaire a joué un rôle important dans la crypto-corrosion et la conservation des fantômes de roche en place. Le recul de la couverture tertiaire par érosion régressive, qui a été provoquée par l'encaissement du réseau hydrographique durant le Quaternaire, expliquerait la formation de certaines cavités situées en bordure occidentale du bassin karstique. La grotte de La Fuie (Fig. 3), dans la partie amont du système, a permis de démontrer son origine et son évolution (DANDURAND *et al.*, 2014). À partir d'un pseudo-endokarst, situé à quelques dizaines de mètres sous la surface, certains corridors recoupés par le versant ou positionnés dans la zone épiphréatique se seraient vidés partiellement de leur altérite résiduelle par les battements de la nappe aquifère. Mais la comparaison de l'aquifère de la Touvre avec d'autres aquifères géothermiques suggère que l'initiation de la karstogenèse pourrait être également due à la géothermie, comme le suggèrent AUDRA *et al.* (2010). La différence de température existant entre le mur et le toit de l'aquifère permettrait la formation de boucles de convection thermo-hydrodynamique. Cette circulation lente, durant plusieurs millions d'années (notamment durant l'émersion du Crétacé

aux altérites résiduelles dès le début de la transgression du Crétacé supérieur.

3.2. Un fonctionnement karstique complexe

Les forages profonds révèlent l'existence de vides recoupés à -210 m NGF à Brie, à -282 m NGF à Chamarande, à -183 m NGF à Bouex et à -155 m NGF à La Rochefoucauld (BICHOT *et al.*, 2003). Ainsi, à l'instar des conduits explorés en plongée aux sources de la Touvre (>180 m), ils attestent de l'existence de drains qui indiquent une karstification en profondeur très évoluée.

Parallèlement, les résultats fournis par l'enregistrement continu du « lurographe » dans la grotte de La Fuie vont dans le sens d'un réservoir très capacitif. La dynamique hydrologique se caractérise par des battements saisonniers du niveau épinoyé de plusieurs mètres. Ces résultats confortent l'étude hydrogéologique des sources de la Touvre (LAROCQUE, 1997). Ainsi le développement de zones transmissives à grande profondeur n'interdit pas des circulations plus lentes probablement à travers les couloirs d'altérites poreuses. En effet, plusieurs de ces forages ont recoupé des conduits karstiques plus ou moins colmatés par des dépôts argilo-sableux. Les carottages réalisés sous la couverture tertiaire argileuse à cherts dans le secteur où s'ouvre la grotte de La Fuie, ont traversé des couloirs altérés entre 11 et 18 m de profondeur, niveau auquel la grotte de La Fuie a été recoupée.

L'essentiel de la porosité de l'aquifère serait constitué de fantômes de roche encore en place, l'altérite résiduelle étant suffisamment poreuse pour laisser circuler l'eau.

inférieur pendant 52 Ma), a pu karstifier l'aquifère lors de phases de tectonique en extension, permettant une circulation privilégiée par certaines familles de fissures, reconnues notamment au niveau de la Touvre.

Ainsi deux types de fantômisations sont distingués associés chacun à deux phases géologiques successives. Le premier type de fantômisations correspond à une fantômisations de type épigène, attesté à la grotte de La Fuie, dont l'origine est en lien avec des phénomènes de crypto-corrosion sous la couverture tertiaire et dont les produits d'altération ont été dégagés par recul de cette même couverture. Ce type d'altération suppose des conditions particulières biostasiques (faible potentiel hydrodynamique, peu de relief, abondante et dense couverture végétale).

Le second type de fantômisations correspond à un modèle « hypogène ». Ces circulations profondes peuvent être liées soit à des boucles de convections thermiques profondes dans l'aquifère, du même type que dans le Hainaut, ou bien des remontées de fluides le long des failles profondément enracinées dans le socle cristallin, ou encore des expulsions latérales des fluides en périphérie du bassin sédimentaire sous des contraintes de surcharge sédimentaire et tectoniques.



Figure 3 : Haut niveau de nappe dans la grotte de La Fuie (photo : D. Doucet, 23 mars 2007)

Si l'on replace ces deux types de spéléogénèse dans l'histoire géologique du Bassin aquitain, on identifie deux périodes. D'abord, entre la fin du Kimméridgien (152 Ma) et le début du Cénomaniens (100 Ma), la plate-forme était faiblement émergée et le gradient hydraulique quasi inexistant. Ensuite, après l'émersion fini-crétacée, la plate-forme a évolué sous la formation d'une épaisse couverture détritique continentale.

Ces deux phases d'émersion sont à l'origine de divers phénomènes de fantômisations. La phase de transgression et de sédimentation des calcaires argileux du Crétacé supérieur pourrait avoir favorisé la mise en place de cellules

de convection thermique profondes dans la zone saturée. La régression fini-crétacée et l'émersion au Tertiaire, quant à elles, laissent place à une longue période continentale, qui est marquée par la formation d'un épais manteau d'altérites. Compte tenu du contexte d'évolution biostatique sous climat tropical humide, les conditions sont alors réunies pour permettre une lente et profonde altération biochimique de la roche, depuis la surface, suivant les principales fractures en distension.

Enfin, la dernière étape de karstification se manifeste par l'érosion de cette couverture à partir de l'incision du réseau hydrographique, combinée à la surrection plio-quadernaire du Massif central. L'infiltration des eaux de surface, rendue possible par le décapage de cette couverture, a permis l'apparition d'un potentiel hydraulique et une augmentation des circulations, favorisant le tassement et/ou l'érosion mécanique des altérites souterraines. La spéléogénèse proprement dite (formation des grottes pénétrables) se produit par érosion mécanique de l'altérite. Les vastes conduits noyés de la Touvre résulteraient alors de l'érosion mécanique régressive de l'altérite résiduelle depuis les émergences - là où la concentration des écoulements conduit à une énergie hydrodynamique importante - vers les pertes en amont, situées principalement dans les vallées du Bandiat et de la Tardoire. Le tassement de l'altérite résiduelle se poursuit en périphérie du bassin karstique par les fluctuations de la surface piézométrique (modèle de la grotte de La Fuie).

5. Conclusion

Le rôle de deux types de fantômisations, épi- et hypogène, pendant deux longues phases d'émersion de la plateforme carbonatée jurassique du Bassin aquitain a été mis en évidence par l'étude de trois carrières, de forages et de la grotte de La Fuie. Les examens morphologiques de surface et les analyses microscopiques ont précisé les processus d'altération et leur relation avec la karstogénèse. Ces deux modèles de fantômisations expliquent à la fois la genèse de

grottes labyrinthiques et aussi la complexité du fonctionnement de l'aquifère de la Touvre qui approvisionne la ville d'Angoulême. Le modèle de cellule de convection thermique invite à repenser le fonctionnement des réservoirs et l'évolution des puits noyés très profonds, lorsque leur origine ne trouve aucune autre explication tectonique ou eustatique satisfaisante.

Références

- AUDRA P., NOBÉCOURT J.-C. and BIGOT J.-Y. (2010) Hypogenic caves in France. Speleogenesis and morphology of the cave systems. *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 181(4), p. 327-335.
- BIGOT J.-Y. (2009) Les grottes-labyrinthes du karst de La Rochefoucauld (Charente). *Actes de la 19^e Rencontre d'Octobre*, Saint-Laurent-en-Royans, p. 29-34.
- BICHOT F., KARNAY G. et LAVIE J. (2003) *Les sources de La Touvre – Synthèse des Connaissances*. Rapport BRGM RP-52738-FR, 54 p.
- DANDURAND G., MAIRE R., DUBOIS C. and QUINIF Y. (2014) The Charente karst basin of the Touvre: alteration of the Jurassic series and speleogenesis by ghost-rock process. *Geologica Belgica*, 17, p. 27-32.
- DANDURAND G., QUINIF Y., GUENDON J.-L. et GRUNEISEN A. (2019) Sources vauclusiennes et fantômes de roche. *Karstologia*, 74, p. 31-46.
- LAROCQUE M. (1997) *Intégration d'approches quantitatives de caractérisation et de simulation des aquifères calcaires fissurés. Application à l'aquifère karstique de La Rochefoucauld (Charente, France)*. Thèse, Univ. Poitiers, 247 p.
- MOREL L. (1996) Le Lurographe : étude de la crue du 22 avril 1995. *Karstologia*, 27, p. 20-26.
- ROUILLER D. (1987) *Étude des systèmes karstiques de la Touvre et de la Lèche (Angoulême, Charente)*. *Géologie, hydrodynamique, hydrochimie*. Thèse de 3^e cycle, Fac. Sc. Avignon, 263 p.