

## Altération de type fantôme de roche dans les calcaires oligocènes du Médoc (France) : étude pétrographique et micromorphologique

Martine COURREGES-BLANC<sup>1</sup> & Richard MAIRE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFR STC, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3, 33607 Pessac Cedex, France. E-mail: martine.courreges@u-bordeaux3.fr

<sup>2</sup>Laboratoire ADES, Maison des Suds, CNRS-Université Bordeaux 3, 12 esplanade des Antilles, 33607, Pessac cedex, France. E-mail: rmaire@ades.cnrs.fr

**ABSTRACT. Ghost rock alteration of Oligocene limestones in Medoc, Gironde (France), petrographic and micromorphologic study.** In Gironde, the Oligocene limestone facies of Stampian are altered by ghost-rock process giving rise to caves and collapses, especially in the vineyards. In Medoc peninsula, limestone outcrops are scarce because of low relief (0-25 m) and the Pleistocene alluvial deposits of Garonne river. There are several springs and a large polje (Reysson) covered by marine deposits, but no cave is known. The underground quarry of Larrivaux (Cissac) allowed to observe the phenomenon of ghost-rock in different forms: (i) vertical and horizontal altered areas with floating rock elements in the alterite; (ii) small passages emptied of their alterite; (iii) some roof cupolas; (iv) collapse-chimneys. Large thin section (70-140 mm) were used to analyze the transition between unaltered limestone and altered rock, and also the mixture ghost rock / pedologic contamination. The ghost-rock alteration is in the form of a high dissolution porosity: small voids of 50-150  $\mu\text{m}$  especially in micrite of foraminifera and large voids of 0.3-2 mm. The penetration of iron is proportional to the degree of alteration with the probable activity of ferro-bacteria and mangano-bacteria (filaments). Because of the proximity to the surface, we observe soils infillings (clay, quartz) and iron coatings. Typical lublinitite fine crystals in the small and large voids are an indicator of a peculiar underground pedogenesis in ghost-rock alterite.

**KEYWORDS:** Oligocene, Limestone, Ghost-Rock, Petrography, Micromorphology, Lublinitite, Medoc, France.

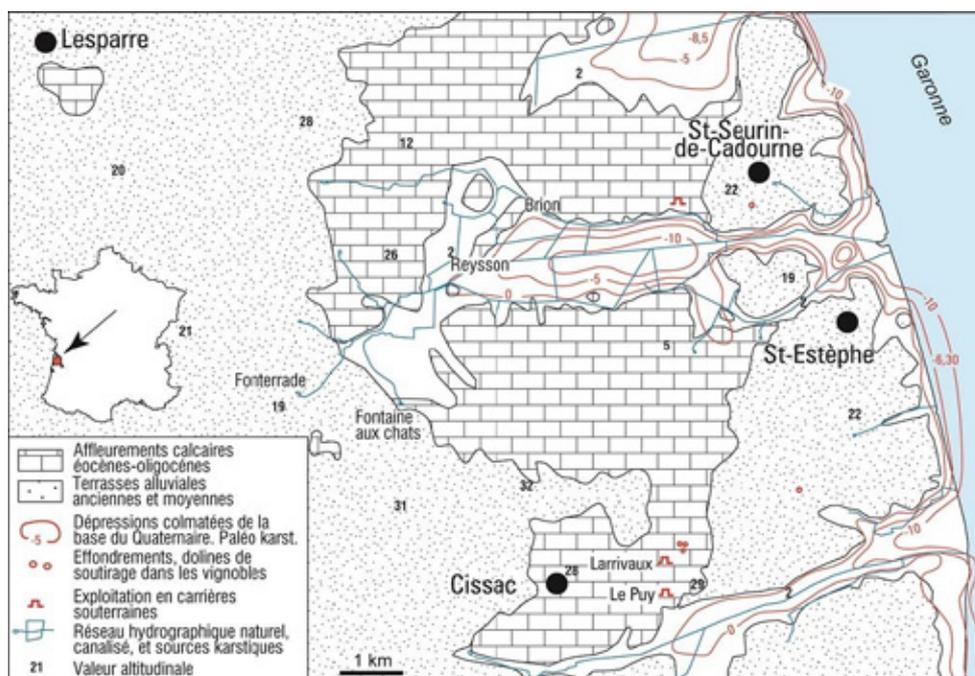
**RESUME.** En Gironde, les calcaires oligocènes du Stampien (Rupélien) présentent des faciès altérés à l'origine de grottes et d'effondrements, notamment dans les vignobles. Dans le Médoc, le calcaire affleure rarement en raison du relief faible (0-25 m) et de l'ancienne couverture fluviale de la Garonne. Il existe des émergences, mais aucune grotte n'est connue. La carrière souterraine de Larrivaux (commune de Cissac) a permis d'observer le phénomène de fantômisiation sous plusieurs formes : (i) des zones altérées verticales et horizontales présentant des éléments non altérés flottant dans l'altérite ; (ii) des petits conduits vidés en partie de leur altérite ; (iii) des coupoles de plafond ; (iv) des cheminées de soutirage (sols). Des lames minces de grandes dimensions (70 x 140 mm) ont permis d'analyser en continu le passage de la roche non altérée à la roche altérée. La fantômisiation se présente sous forme d'une porosité importante et d'une première ferruginisation. On observe localement un soutirage d'éléments provenant des sols (quartz, cutanes de goéthite, argile massive) et surtout des cristaux aciculaires de lublinitite dans les pores, indicateur d'un processus particulier de pédogenèse souterraine.

**MOTS-CLES :** Oligocène, Calcaire, Fantôme De Roche, Pétrographie, Micromorphologie, Lublinitite, Médoc, France.

### 1. Introduction

Longue de 80 km, la péninsule du Médoc est délimitée par l'estuaire de la Gironde à l'Est et par l'Océan Atlantique à l'Ouest. Cette région de basse altitude (0-40 m) présente un substratum de calcaires tertiaires dont les affleurements sont localisés sur la bordure orientale. Aussi, pour étudier le phénomène de fantômisiation du calcaire stampien, nous

avons profité des coupes remarquables situées dans la carrière souterraine de Larrivaux (Cissac) (Fig. 1). Une première recherche, sur le thème de l'altération et de la cryptokarstification (sous couverture détritique), avait été entreprise dans les années 1995-1997 (Courrèges et Maire, 1996 ; Courrèges, 1997), période à laquelle le phénomène de fantôme de roche (« ghost-rock ») et sa relation avec la spéléogenèse venaient d'être découvert dans les carrières du Hainaut en Belgique (Vergari et Quinif, 1997).



**Figure 1 :** Situation de la zone étudiée en Médoc (Gironde, France).

Nous insisterons ici sur la morphologie des altérations, sur leurs caractères pétrographiques et micromorphologiques ainsi que sur les relations entre les zones altérées et la couverture détritique et pédologique.

## 2. Cadre géo-karstologique

### 2.1. Contexte géologique

Le Médoc présente une structure monoclinale avec un très faible pendage vers le sud-ouest. La série stratigraphique repose sur un socle paléozoïque rencontré en forage entre 1700 et 2600 m de profondeur selon les lieux (Dubreuilh et al., 1973). La série secondaire est représentée par des terrains du Trias, du Jurassique et du Crétacé. Signalons que la région est émergée de la fin du Jurassique jusqu'au milieu du Cénomanien pendant plus de 45 Ma (discordance). Une autre discordance est observée au sommet du Crétacé (Fig. 2).

La série carbonatée étudiée fait partie de l'armature calcaire de l'Eocène moyen-supérieur et de l'Oligocène recouvert en grande partie par d'anciennes alluvions de la Garonne et sur la bordure ouest par le sable des Landes, tous deux d'âge pléistocène à holocène. La géologie du Tertiaire nord-aquitain est bien connue grâce aux sondages et aux affleurements décrits par plusieurs auteurs (Fabre, 1939 ; Klingebiel, 1967 ; Pratviel, 1972 ; Vigneaux et al., 1975 ; Gayet, 1985). Sur les collines du Bas et Moyen Médoc (Saint-Estèphe), on observe l'affleurement des terrains carbonatés de l'Eocène moyen-supérieur (30-70 m) ainsi que des calcaires à Astéries (8-15 m) de l'Oligocène qui sont présents aussi bien sur le plateau de l'Entre-deux-Mers qu'au niveau du substratum rocheux de la région urbaine de Bordeaux.

L'histoire paléogéographique montre une phase d'émersion à la fin de l'Eocène et une autre phase d'émersion à la fin de la sédimentation des calcaires à Astéries. La transgression miocène dépose des faluns encore présents en sondage plus à l'ouest. En revanche ils ont été érodés sur la partie la plus élevée du Médoc. Le Pliocène (marnes, sables) n'apparaît en sondage que sur la frange la plus à l'ouest. On observe donc une émigration au Miocène supérieur suivie d'une surrection au Plio-Quaternaire liée à l'épirogenèse alpine.

### 2.2. Hydrogéologie et karstologie générale

Le calcaire à Astéries est limité à sa base par une formation marneuse de 8 m d'épaisseur qui sépare généralement l'aquifère de l'Oligocène de l'aquifère de l'Eocène supérieur. Ainsi l'ensemble des reliefs de basse altitude du Médoc est drainé par des sources qui jalonnent la bordure orientale, en commençant au sud par les sources de la Jalle de Saint-Médard (hors de la zone étudiée) qui sont captées pour les besoins de la Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB). Cette émergence importante sort par des petits conduits typiques d'un exutoire en zone fantômisée

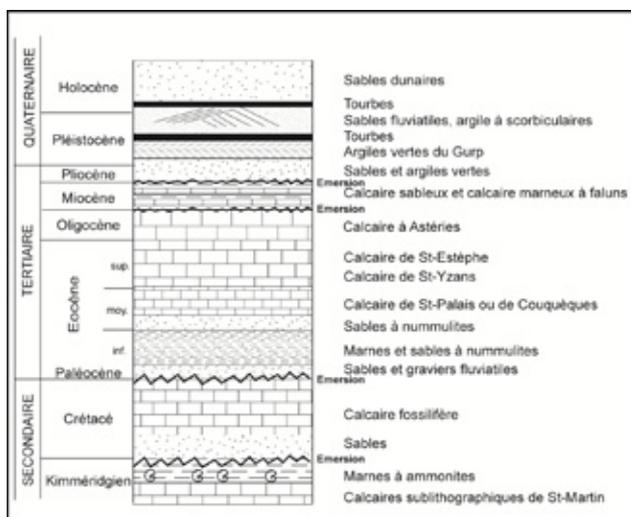


Figure 2 : Echelle stratigraphique du Médoc depuis la discordance Jurassique-Crétacé.

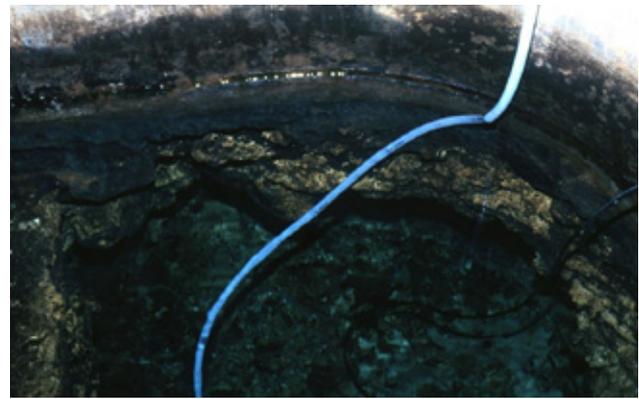


Figure 3 : Gros plan sur l'émergence captée de St-Médard (Nord Médoc). L'eau sort d'un petit conduit vidé de son fantôme de roche (calcaire à Astéries, Oligocène).

(Fig. 3). Comme la plupart du temps en Gironde, ces sources ont servi de lavoirs.

On observe deux types de fonctionnement hydrochimique (Fig. 4) : 1) des sources très tamponnées présentant un chimisme peu différencié comme Fonterrade ; 2) des sources comme la Fontaine aux Chats présentant un chimisme classique avec un TH maximum en basses eaux (été) et un TH minimum en hautes eaux (automne-hiver). Le premier type suggère un aquifère assez important et peu karstifié alors que le second type est typique d'un aquifère mieux karstifié, de subsurface, qui peut s'assécher en période de basses eaux.

Rappelons que le Médoc est soumis à un climat tempéré océanique avec des précipitations moyennes de 939 mm/an et une température moyenne de 13°C (Courrèges, 1997).

Il n'existe pas de grottes connues en Médoc. Les seuls embryons de cavités sont situés par exemple au niveau du captage de la source de St-Médard ou dans des carrières souterraines recoupant des vides liés à l'évacuation de l'altérite. Les reliefs karstiques sont rares. Signalons le cas particulier du Marais de Reysson qui occupe une sorte de poljé remblayé par les sédiments

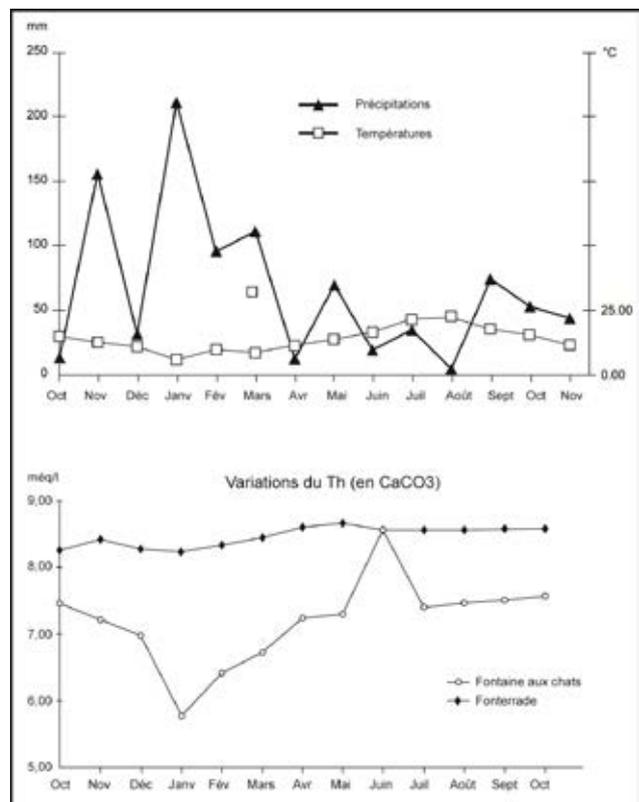
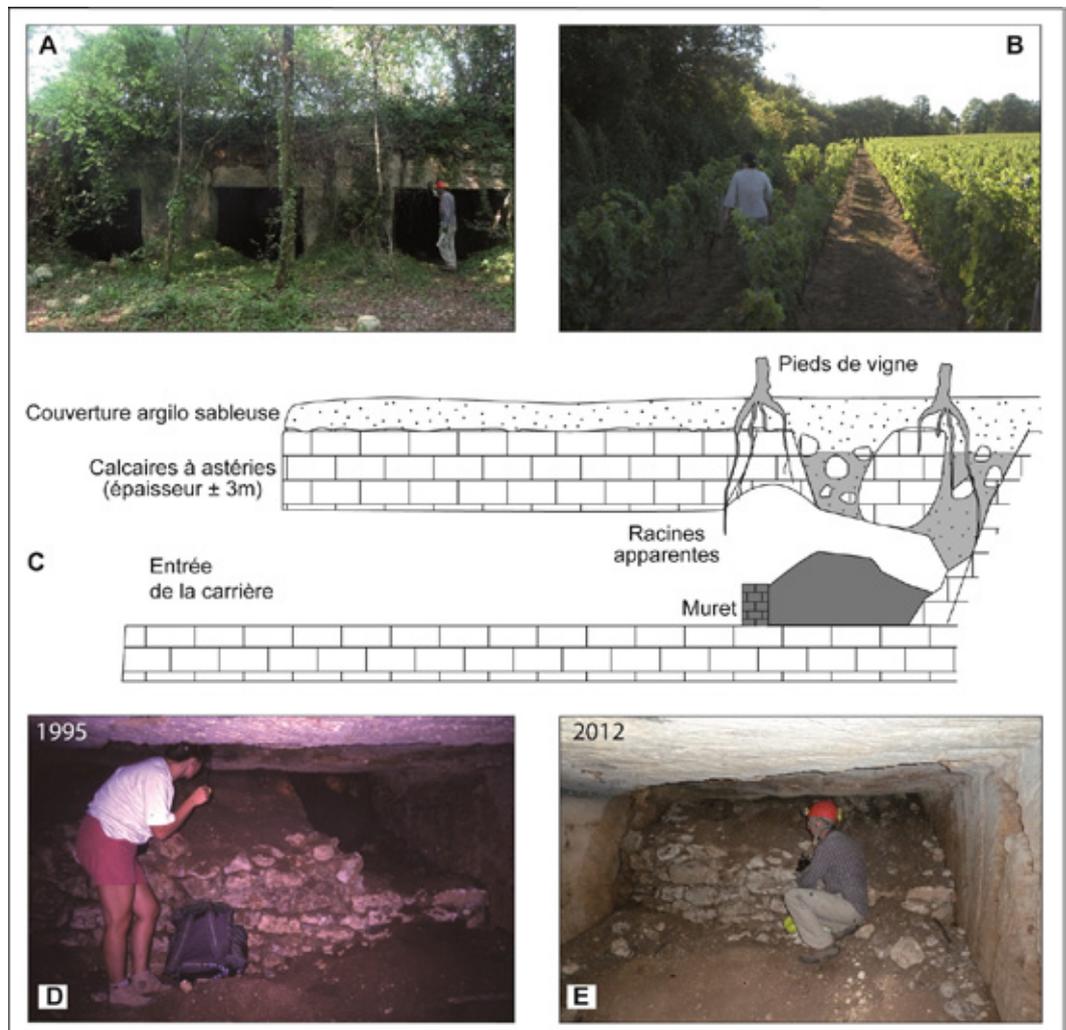


Figure 4 : Régime hydrochimique des émergences en fonction des variations climatiques mensuelles (d'après Courrèges, 1997).

**Figure 5** : Coupe de la carrière souterraine de Larrivaux (Quissac) et relations avec la surface (brèche de collapse terminal). (A) Entrée de la carrière. (B) Vignoble au dessus de la carrière. (D et E) Effondrement de la galerie A dans la carrière et évolution de 1995 à 2012.



holocènes. Les sondages ont révélé l'existence d'une vaste dépression fermée située entre 10 et 15 m sous le niveau marin actuel (Fig. 1). Au fond, le site archéologique de Brion avec son amphithéâtre romain était accessible par bateau. Cette grande dépression colmatée de Reysson est encadrée à la base par une série de sources qui apparaissent à la faveur de fractures dans les calcaires oligocènes, la zone d'alimentation à l'ouest étant recouverte par la formation des "Sables des Landes", ici de faible épaisseur. Au sud, dans le secteur de Saint-Laurent-Médoc, J.-M. Soule (1967) a répertorié 25 émergences issues de la nappe contenue dans les mêmes calcaires altérés.

### 3. La carrière de Larrivaux et les phénomènes de fantômisations (Figs 5 et 6)

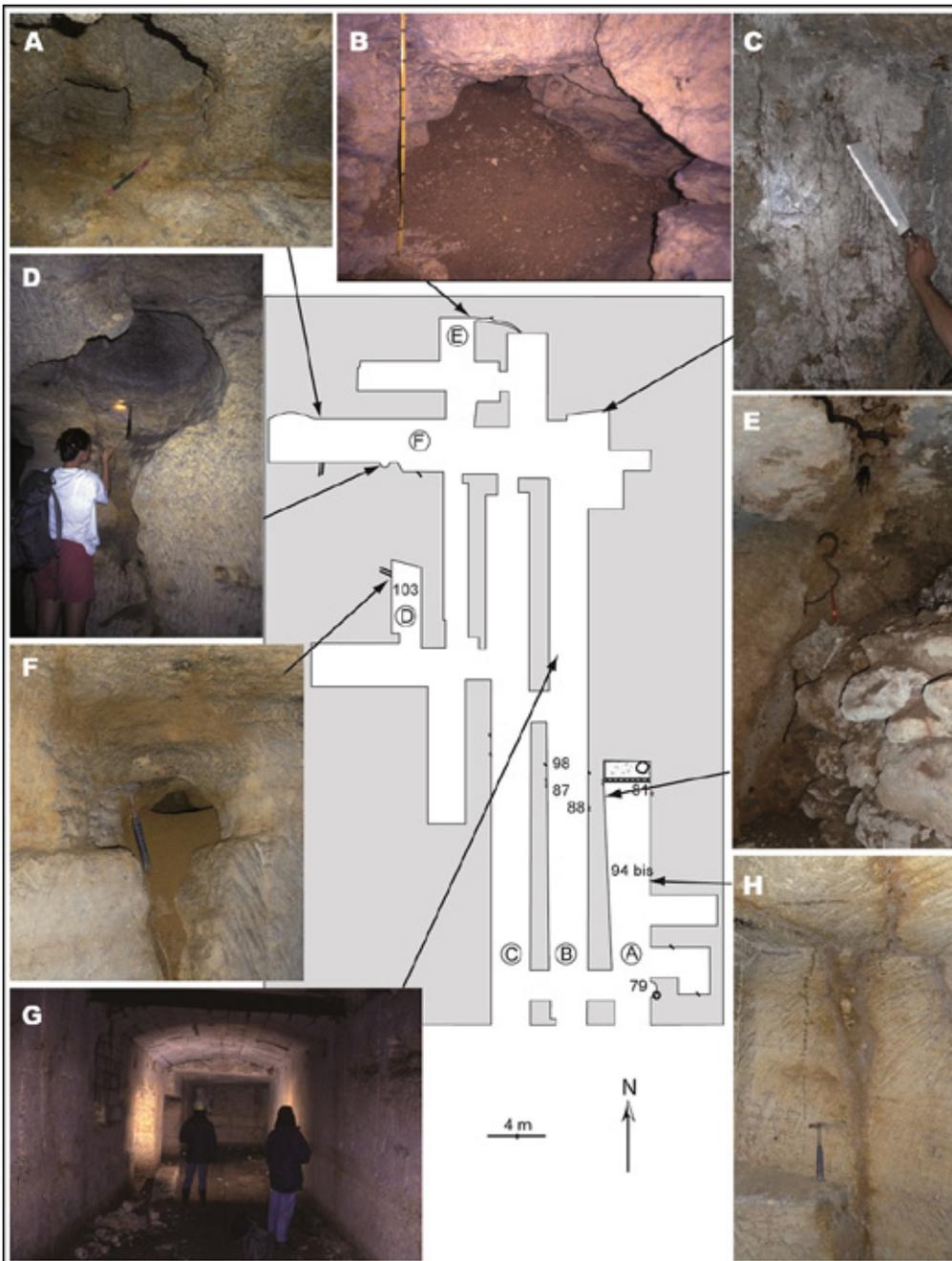
Située sur la commune de Cissac, 1 km à l'est du village, la carrière de Larrivaux n'est plus en activité depuis la fin du 19ème siècle. Elle est constituée par une partie à ciel ouvert et une partie souterraine. La carrière externe présente encore des murs de 4 à 7 m de haut sur son bord ouest. Le calcaire est constitué par des faciès grossiers à sableux (Astéries, Mélobésiés, Mollusques...) disposés en bancs de 40 à 50 cm d'épaisseur. Comme en Entre-deux-Mers, dans la carrière de Piquepoche (Dubois et al., 2011), on discerne des niveaux altérés subhorizontaux et verticaux avec vidange locale du fantôme de roche donnant des amorces de cavités.

La carrière souterraine a la particularité de se développer 2 à 3 m à peine sous les vignes du Château Larrivaux, un vignoble médocain célèbre car il est exploité par la même famille depuis trois siècles. Elle s'ouvre par trois entrées et présente un petit réseau de galeries rectilignes totalisant moins de 250 m de développement. Les galeries mesurent 3 à 5 m de large et 2,5 m de haut. Le plafond a été localement renforcé par des poutres métalliques et par une voûte maçonnée. Cette carrière a servi d'exemple avec d'autres en Gironde (Latresne) pour des

expérimentations de détection de cavités à faible profondeur par sismique réflexion (Frappa et al., 1977).

Les parois et le plafond sont sillonnés par des fissures altérées et irrégulières sur 5 à 20 cm de large et de teinte brunâtre. Ces fissures présentent parfois des éléments calcaires flottant dans la masse et des graviers quartzes infiltrés. On observe également des zones plus larges qui sont vidées partiellement ou totalement de leur altérite. L'exemple le plus remarquable est une pseudo-coupole de fantômisations de 60 cm de diamètre liée au dégagement de la roche altérée par les carriers (Fig. 6 D). On observe également des petites cavités qui ont une morphologie typique de vidange du fantôme de roche. Ces conduits irréguliers et anastomosés de plusieurs mètres de développement sont plus ou moins colmatés par un remplissage composé d'éléments calcaires dans une matrice argileuse ocre. Certains ont été vidés lors de l'exploitation de la carrière ou par le passage d'animaux et peuvent être explorés sur quelques mètres pour les plus spacieux.

On retrouve également dans certaines cavités non complètement vidées des argiles brunes compactes et dessiquées qui chapeautent l'altérite. Ce type de remplissage argileux a été rencontré presque systématiquement dans toutes les cavités incipientes de la région : en Entre-deux-Mers comme en Charente (Dandurand, 2011). Il correspond à une phase précoce de sédimentation interne liée à une fluctuation de la nappe phréatique au moment du dénoisement de la plate-forme et provoquant un premier tassement des zones fantômées. Les relations avec la surface sont évidentes : présence de racines dans les zones altérées, contamination pédologique brune dans les fissures, cheminée de collapse mêlant blocs et argiles brunes comme à l'extrémité de la galerie A (Fig. 5 D, E), graviers de quartz au plafond, emballés dans une matrice indurée, issus de la couverture quaternaire des « graves » de la Garonne.



**Figure 6 :** Plan de la carrière de Larrivaux et physionomie des parois. (A) Petites coupoles d'altération de plafond. (B) Petite cavité vidée de son altérite. (C) Petites racines. (D) Grande coupole d'altération de plafond. (E) Racine de vigne. (F) Fantôme de roche vidé. (G) Galerie avec voûte maçonnée. (H) Fissure fantômisée.

#### 4. Pétrographie, micromorphologie des altérations

Plusieurs grandes lames minces (67 x 138 mm) ont été fabriquées afin d'examiner le passage de la roche saine à la roche fantômisée, mais également les remplissages complexes observés au sein des zones altérées.

##### 4.1. Passage roche saine / fantôme de roche / argile

###### 4.1.1. Echantillon et lame mince 103 (Fig. 7)

Cet exemple se situe à la base d'une cavité montrant le passage de la roche peu altérée (éponte), à la roche fantômisée, puis à un dépôt argileux brun (Munsell : 7,5 YR 5/4) formant une couche compacte ou dissociée en petits polyèdres de dessiccation. Une grande lame mince montre de bas en haut le passage de la roche relativement saine à un calcaire altéré, poreux, pénétré par des oxydes de fer. On observe successivement depuis la base (Fig. 7 A) :

- un calcaire beige, relativement peu altéré (porosité de 10 %), avec des pores de corrosion de 150-100 à 500  $\mu\text{m}$  ;
- une transition nette du calcaire beige à un calcaire rougeâtre très altéré teinté par des oxydes de fer sous forme de ferranes allongées (infiltrations) et d'imprégnations diffuses entre les cristaux sparitiques ;

- un horizon plus sombre constitué essentiellement par des argilanes et ferranes (goethite) dans lesquelles des grains de calcaire altéré sont piégés (Fig. 7 C et D) ;

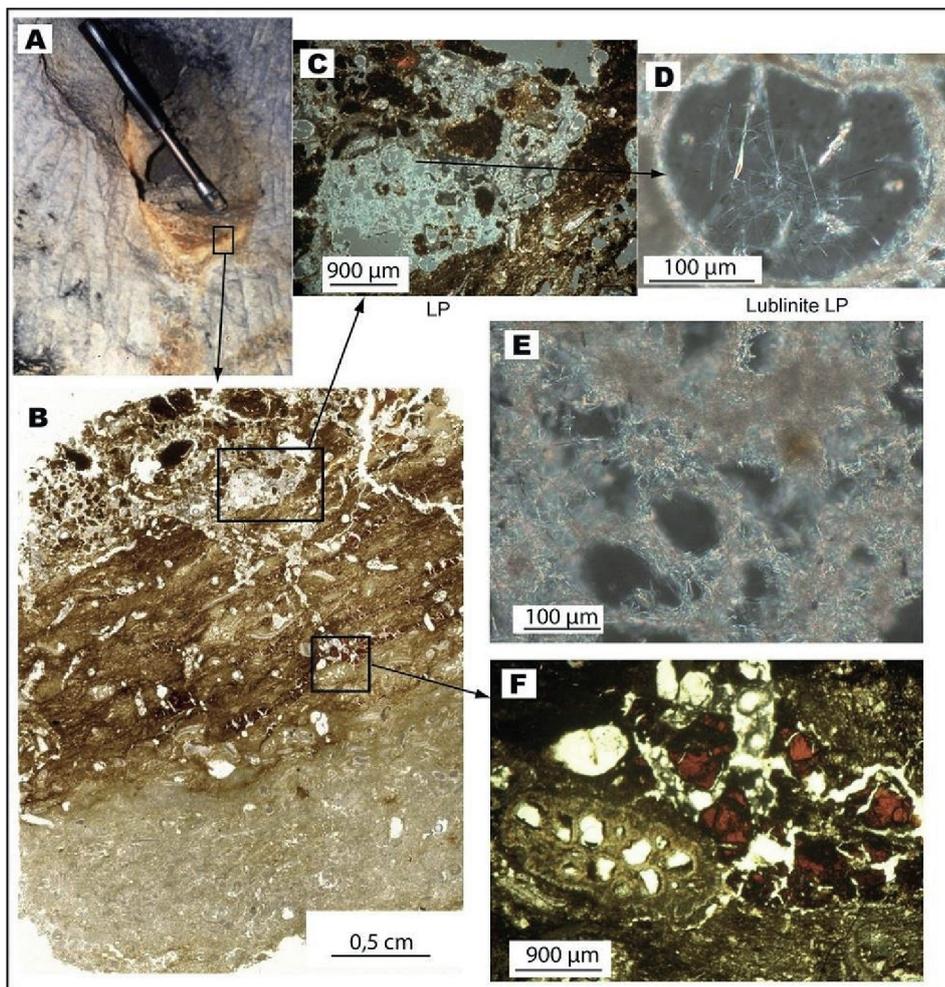
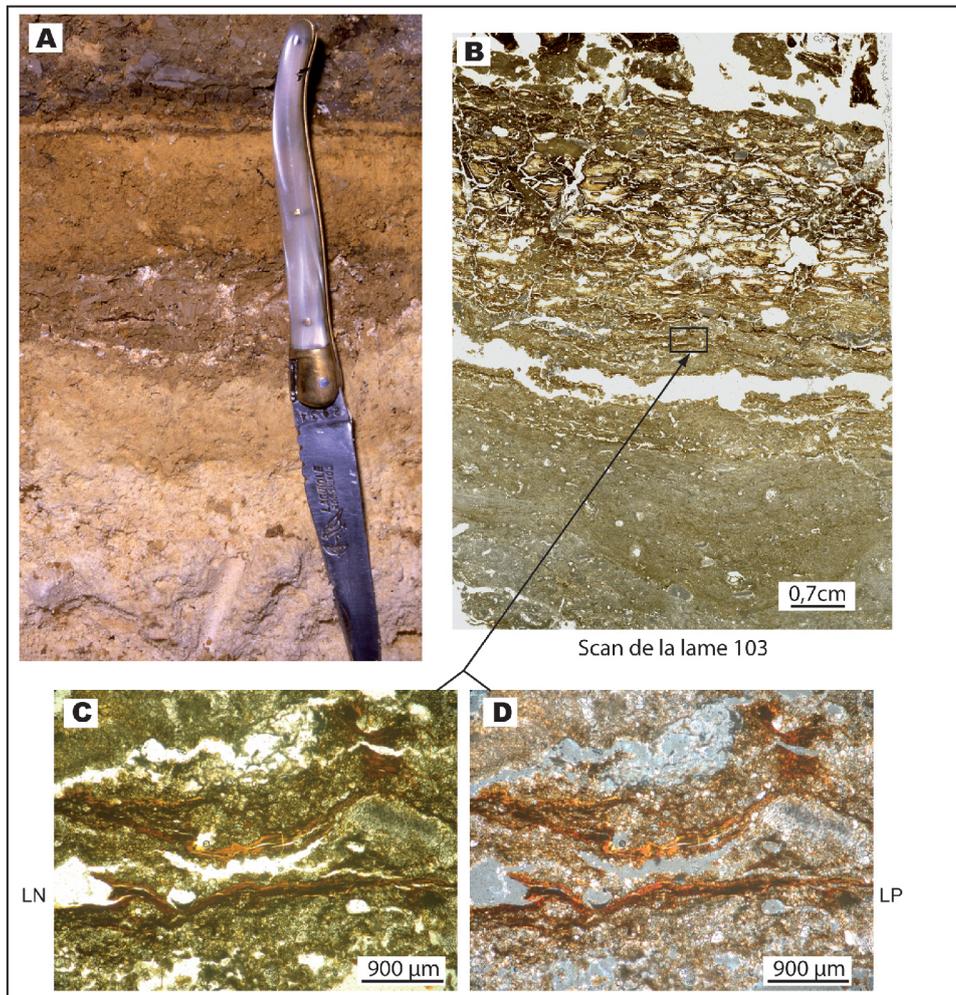
- un niveau mixte avec des polyèdres rouge sombre d'argiles ferrugineuses  $\pm$  laminées (cutanes de goethite) emballant des micrograins de calcite sparitique (poussières de fantôme de roche), des éléments plus grossiers de calcaire altéré et de la lublinité.

###### 4.1.2. Echantillon et lame mince 88 (Fig. 8)

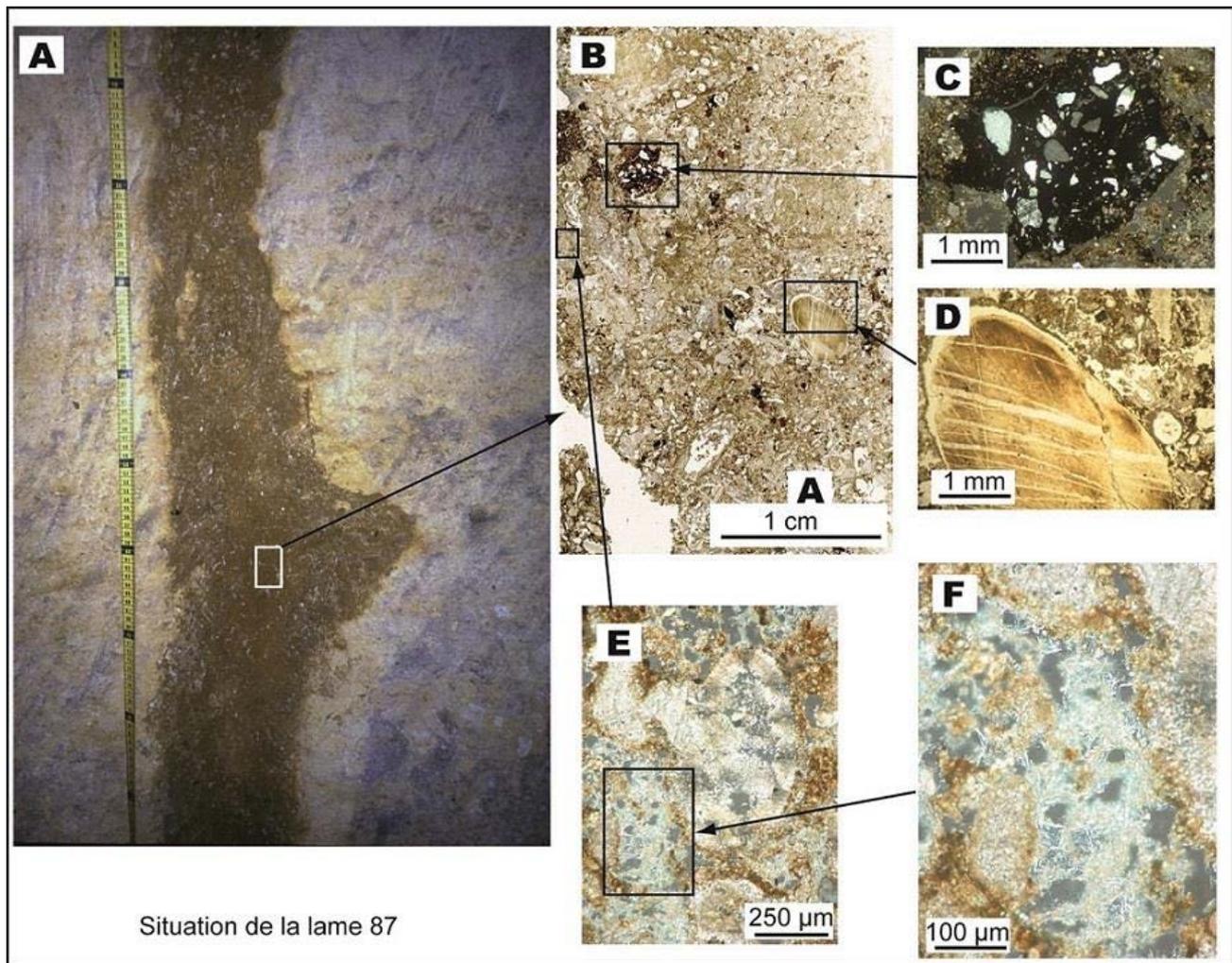
Ce second exemple est du même type et provient de la base d'une petite cavité de 12 cm de large montrant également le passage de la roche saine à la roche altérée. Sur la petite lame 88, on observe de bas en haut (Fig. 8 B) :

- un horizon de calcaire altéré de teinte jaune-beige présentant de nombreux pores (50-800  $\mu\text{m}$ ), soit au sein du ciment, soit au niveau des loges des microfossiles ;
- une transition nette entre le calcaire altéré et le calcaire très altéré rougeâtre (pores plus abondants) très fortement ferruginisé dans sa masse ou sous forme de plages de goethite et de cutanes d'oxydes de fer (ferranes) ;
- une transition entre le calcaire ferruginisé et l'horizon supérieur présentant un mélange d'éléments fantômés, d'argiles ferrugineuses et de plages de goethite. La très forte porosité a

**Figure 7 :** Analyse pétrographique du fantôme de roche (calcaire oligocène) et de la contamination pédologique (échantillon 103). (A) Zone analysée (contact éponte-roche altérée-argile). (B) Scan de la grande lame mince. (C) Cutanes argilo-ferrugineuses (goethite) infiltrant le fantôme de roche (LPNA). (D) Idem C en LPA.



**Figure 8 :** Autre exemple de contact éponte / roche altérée et ferruginisée (échantillon 88). (A) Petite cavité vidée du fantôme de roche. (B) Scan de la lame mince. (C) (D) (E) Calcite aciculaire de type lublinité dans la partie contaminée par les infiltrations argilo-ferrugineuses. (F) Contact en roche altérée et infiltration pédologique (néogénèse de goéthite).



**Figure 9** : Exemple de fissure fantômisée (A) et contaminée par des éléments exogènes. (B) Scan de la lame mince (échantillon 87). (C) Grain de cuirasse ferrugineuse avec quartz. (D) Petit gravier roulé (alluvions anciennes de la Garonne). (E) et (F) Lublinité occupant des pores d'altération au sein de la roche fantômisée.

servi de site de recristallisation du  $\text{CaCO}_3$  dissous selon un dense réseau de calcite fibreuse ou lublinité.

#### 4.2. Cœur des fissures altérées

##### 4.2.1. Echantillon et lame mince 87 (Fig. 9)

L'échantillon a été prélevé au cœur de la zone altérée d'une fissure fantômisée large de 10 à 25 cm. La teinte est jaune-rouge (Munsell : 7,5 YR 7/8). Cette altérite est composée de 50 % de  $\text{CaCO}_3$  (débris de calcaire altéré), 42% d'argile pédologique et 8 % de sables (quartz). Au niveau macroscopique, on observe des fragments de calcaires flottants et des alluvions infiltrées. Au microscope, on observe un squelette complexe formé par des grains calcaires altérés (de 50-100  $\mu\text{m}$  à plusieurs mm), des grains de cuirasses ferrugineuses associant des quartz, enfin des sables et graviers siliceux (quartz, quartzite). Ces éléments sont noyés dans une matrice également complexe formée par de la poussière de calcite sparitique (roche altérée), des argiles ferrugineuses et des amas de fines aiguilles de calcite secondaire de type lublinité.

##### 4.2.2. Echantillon et lame mince 94bis (Fig. 10)

Cet exemple illustre la partie interne d'une fissure altérée présentant un morceau de calcaire « flottant » dans la roche très altérée. Une grande lame mince montre le contact entre la roche et l'altérite sombre. L'élément « flottant » est lui-même altéré et présente une forte porosité (> 30 %), notamment au niveau des loges d'aspect micritique, mais également dans les zones sparitiques du ciment. Certains microfossiles de foraminifères ne conservent que leur périphérie. Le ciment sparitique est un peu plus résistant. L'examen pétrographique confirme l'existence d'une contamination externe de la zone fantômisée sous la forme de petits graviers siliceux arrondis et de grains de quartz emballés

dans un mélange de grains calcaires altérés et ferruginisés, d'oxydes de fer (goéthite) et d'argile. Les cutanes et plages de goéthite sont importantes : elles infiltrent une roche fantômisée en partie désagrégée. De nombreux pores d'altération et vides interargileux-goéthite sont colonisés par des cristaux de lublinité.

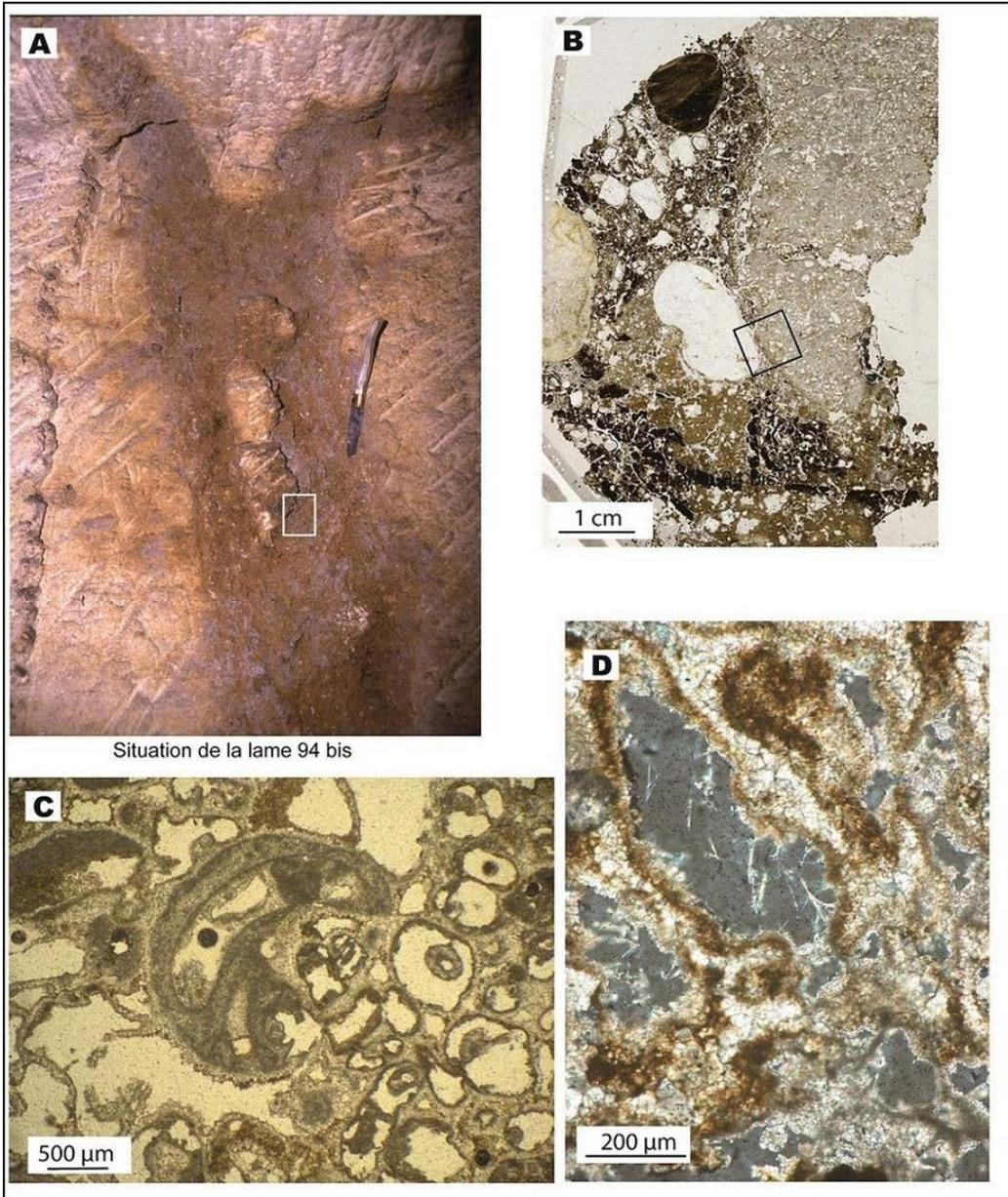
##### 4.3. Remplissage argileux terminal (lame 92) (Fig. 11)

Ce type de dépôt présente une micromorphologie très originale. Il s'agit d'une argile brune (Munsell : 7,5 YR 5/4)  $\pm$  ferrugineuse, massive, sans laminations, présentant de fines fentes de dessiccation vides ou minéralisées (fer), avec localement des réseaux de craquelures à l'intérieur des polyèdres argileux. Dans la masse, on observe aussi des amas de poussières sparitiques et des petits grains de calcaire altérés. Les grains, de 5 à 100  $\mu\text{m}$  de diamètre, correspondent à du fantôme de roche désagrégé. On observe aussi des cutanes de goéthite et quelques quartz.

## 5. Interprétation et chronologie

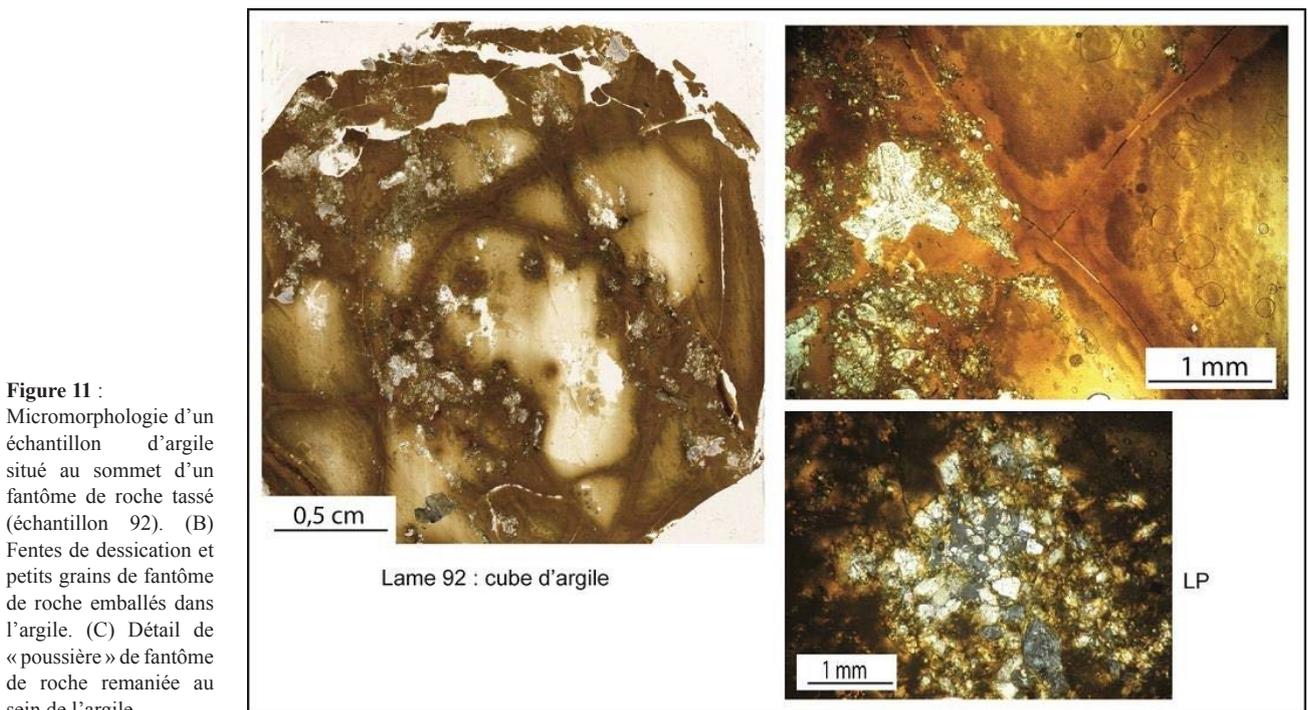
### 5.1. Fantômisation des calcaires oligocènes

L'étude macroscopique des affleurements (coupes de carrière, physiologie des zones altérées) et l'analyse pétrographique indiquent une évolution complexe depuis la sédimentation carbonatée à l'Oligocène inférieur jusqu'à la situation actuelle. La phase de fantômisation du calcaire à Astéries est attribuée en Médoc comme dans l'ensemble de la Gironde à la phase continentale qui a marqué la fin de l'Oligocène. La région s'est retrouvée émergée, mais avec un niveau de base très proche permettant une altération biochimique en condition phréatique. Les fissures d'altération observées dans la carrière souterraine montre une pénétration verticale et oblique des racines d'altération dans la partie sommitale la plus massive.



**Figure 10 :**  
 Autre exemple de fissure fantômisée et contaminée (A) avec situation de l'échantillon 94bis. (B) Scan de la lame mince. (C) Forte porosité de fantômisation. (D) Lublinité à l'intérieur des pores de corrosion.

Situation de la lame 94 bis



**Figure 11 :**  
 Micromorphologie d'un échantillon d'argile situé au sommet d'un fantôme de roche tassé (échantillon 92). (B) Fentes de dessiccation et petits grains de fantôme de roche emballés dans l'argile. (C) Détail de « poussière » de fantôme de roche remaniée au sein de l'argile.

Lame 92 : cube d'argile

LP

Au-dessous, au niveau des affleurements externes, les niveaux subhorizontaux altérés sont plus abondants. La porosité, jusqu'à 50 %, est présente aussi bien dans les loges des foraminifères que dans le ciment sparitique.

Brève à l'échelle géologique, la régression fini-oligocène a cependant duré quelques centaines de millénaires au minimum, période suffisante pour engendrer une altération de type fantôme de roche qui a été bien reconnue dans les cavités et carrières de l'Entre-deux-Mers (Lans et al., 2006 ; Dubois et al., 2011). Cet épisode continental précède une nouvelle transgression au Miocène qui donne des dépôts coquilliers (faluns). Puis la région est à nouveau émergée à partir du Miocène supérieur permettant probablement une poursuite de l'altération jusqu'à la phase de surrection plio-quaternaire.

### 5.2. Evolution néogène et pléistocène du fantôme de roche

L'observation macroscopique et pétrographique montre que les zones fantômées dans la carrière de Larrivaux sont contaminées par des éléments exogènes : cutanes de fer et d'argile (ferri-argilanes avec goethite) et graviers de quartz provenant de la couverture des anciennes alluvions de la Garonne. D'un point de vue micromorphologique, on observe pour la première fois des remplissages de lublinité (calcite aciculaire) à la fois dans les pores d'altération et dans les vides inter-cutanes de fer. La calcite microfibreuse de type lublinité est typique d'une précipitation du CaCO<sub>3</sub> en phase pédogénétique (Bullock et al., 1985). Ce phénomène s'explique par la proximité de la surface, ici entre 2 et 5 m. En grotte, la lublinité ne s'observe que dans les spéléothèmes altérés de type mondmilch (Hill et Forti, 1997). Les fantômes de roche de Larrivaux ont donc été soumis à une pédogenèse souterraine tardive que l'on peut situer au cours du Pléistocène, voire à l'Holocène. En revanche, la présence de petits remplissages argileux au sommet de fantômes de roche indique un processus classique qui se produit lors du tassement de la roche altérée après émergence (baisse de la nappe phréatique). Ces argiles, issues de l'extérieur, ont sédimenté probablement lors de phases de battement de la nappe. Cette période n'est pas datée, mais pourrait se placer soit à la limite Oligocène/Miocène, soit au Mio-Pliocène, avant la phase de surrection pléistocène (Vigneaux et al., 1975). Les argiles reconnues dans ces prémices de cavités en Médoc comme en Entre-deux-Mers, pourraient représenter les seuls témoins de cette période.

### 5.3. Les autres phases d'altération reconnues dans la colonne sédimentaire

Les sondages ont montré que le Crétacé supérieur (Maastrichtien marno-crayeux et Yprésien sableux) reposent en discordance sur les calcaires kimméridgiens du Jurassique supérieur (Fig. 2), ce qui suggère une importante phase d'altération-karstification dans les terrains jurassiques comme sur le bassin de la Touvre en Charente (Dandurand, 2011). Il en est de même pour le sommet du Crétacé supérieur qui a connu une longue phase d'altération-karstification entre la fin du Crétacé et de l'Eocène (Platel, 1987). A la fin de l'Eocène, on observe une autre phase d'émergence qui est responsable d'une phase d'altération qui a été reconnue en Médoc, par exemple sur le site de Brion, en bordure du Marais de Reysson. Au microscope, on observe une porosité dans la micrite et entre les foraminifères. Les preuves de cette altération sont à vérifier également dans l'analyse des aquifères de l'Eocène et dans les forages.

## 6. Conclusion

La péninsule du Médoc demeure méconnue au niveau de l'état de sa karstification. L'absence de grottes accessibles explique d'abord le désintérêt des spéléologues pour cette région calcaire de basse altitude. Cette absence de karst souterrain développé se retrouve dans le fonctionnement hydrologique tamponné des émergences et trouve son explication dans le processus de fantômisation qui a transformé le calcaire à Astéries en réservoirs poreux. La proximité des affleurements de calcaires éocènes indique une autre direction de recherche pour comparer l'état d'altération et de karstification de ces deux aquifères et leurs relations éventuelles. Pour le calcaire oligocène, les analyses micromorphologiques ont démontré la contamination des zones fantômées par les racines

pédologiques quaternaires dans la tranche de 0 à 5 m. Grâce à la carrière de subsurface de Larrivaux, on constate que les racines de vigne utilisent ces zones fantômées ± contaminées par les sols pour puiser l'eau et les minéraux. Il serait utile de vérifier ce phénomène dans le plateau de l'Entre-deux-Mers.

## 7. Bibliographie

- Assor, R., 1972. Interprétation paléogéographique des terrains sédimentaires de la presqu'île du Médoc (zone du Verdon). Son intérêt d'une étude géotectonique. Thèse Géologie, Université Bordeaux I, 2 tomes.
- Bailly, B., 1988. Impact de l'environnement naturel et urbain sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques d'un système hydrographique au cours d'un cycle hydrogéologique particulier. Application à la Jalle de Saint-Médard et à son bassin versant, rivière au Nord du territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux (France). Thèse Océanologie, Université Bordeaux I, 298 p.
- Bailly, B. & Alvinerie, J., 1992. Les phénomènes de karstification au Nord-Ouest de Bordeaux et les pertes de rivières associées. Cinquième colloque d'hydrologie en pays calcaire et en milieu fissuré, Annales Scientifiques de l'Université de Besançon. Géologie, Mém. hors série n°11, 17-24.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T., & Babel, U., 1985. Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152 p.
- Courrèges, M., 1997. Le crypto-karst de la péninsule du Médoc : crypto-altération, dissolution, karst sous-marin et évolution quaternaire. Quaternaire, 8, 2-3, 289-304.
- Courrèges, M. & Maire, R., 1996. Karst et vignobles en Bordelais. in Actes du colloque commun de la Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) et l'Association Française de Karstologie (AFK). Vol. 8, Ed. Monbaron & Fierz, Fribourg, 9-22.
- Dandurand, G., 2011. Cavités et remplissages de la nappe karstique de Charente (Bassin de la Touvre, La Rochefoucauld). Spéléogénèse par fantômisation, archives pléistocène et holocène, rôle de l'effet de site. Thèse Géographie physique, CNRS-Université Bordeaux 3, 318 p.
- Dubois, C., Lans, B., Kaufmann, O., Maire, R. & Quinif, Y., 2011. Karstification de type fantômes de roche en Entre-deux-Mers. Implications en karstogénèse et morphologie karstique. Karstologia, 57, 19-27.
- Dubreuilh, J. & Marionnaud, J.-M., 1973. Lesparre-Médoc-Le Junca. B.R.G.M., Carte géologique, Notice explicative, 1/50 000, n°754.
- Fabre A., 1939. Description Géologique des terrains tertiaires du Médoc. Ed. Drouillard, 533 p.
- Frappa, M., Horn, R., Muraour, P. & Peragallo, J., 1977. Contribution à la technique par sismique réflexion des cavités souterraines de faible profondeur. Bull. Liaison lab. Phys. et Chim., 92, 59-65.
- Gayet, J., 1985. L'ensemble des environnements oligocènes nord aquitain : un modèle de plate-forme marine stable à sédimentation carbonatée. Thèse Géologie, Université Bordeaux I, Mém. IGBA, 2 tomes, 571 p.
- Hill, C. & Forti, P., 1997. Cave minerals of the world. 2nd edition, National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, 463 p.
- Klingebiel, A., 1967. Etude sédimentologique du Paléogène nord-aquitain : interprétation lithostratigraphique et paléogéographique. Thèse Géologie, Université de Bordeaux, in Bull. IGBA, 2, 290 p.
- Lans, B., Maire, R., Perrette, Y., Ortega, R., Deves, G., Plaisir, C. & Quinif, Y., 2006. Les stalagmites du réseau du trou Noir (Gironde) : rôle de l'effet de site dans l'enregistrement du signal climatique et environnemental. Karstologia, 48, 1-22.
- Platel, J.P., 1987. Le Crétacé supérieur de la plate-forme septentrionale du bassin d'Aquitaine. Stratigraphie et évolution géodynamique. Thèse d'Etat ès-Sciences, Université Bordeaux III, Documents BRGM, 164 (1989), 573 p.
- Pratviel, L., 1972. Essai de cartographie structurale et faciologique du bassin sédimentaire ouest aquitain pendant l'Oligocène. Thèse Université de Bordeaux I, 2 tomes, 632 p.
- Soule J.-M., 1967. Étude hydrologique de la nappe phréatique de la région de Saint-Laurent - Médoc. Thèse Géologie, Université Bordeaux I, 160 p.
- Vergari A. et Quinif Y., 1997. Les paléokarsts du Hainault (Belgique). Geodinamica acta, 10, 175-187.
- Vigneaux M., 1975. Aquitaine occidentale. Guides géologiques régionaux. Paris, Masson, 223 p.