

[Accueil](#) ▶ [Tous les numéros](#) ▶ [Volume 191 \(2020\)](#) ▶ [BSGF - Earth Sci. Bull., 191 \(2020\) 11](#) ▶ [HTML complet](#)
[Numéro spécial Gearchaeology](#)

Accès libre

Problème	BSGF - Earth Sci. Taureau. Volume 191, 2020 Numéro spécial Gearchaeology
Numéro de l'article	11
Nombre de pages)	16
EST CE QUE JE	<a href="https://doi.org/10.1051/bsgf/2020011">https://doi.org/10.1051/bsgf/2020011</a>
Publié en ligne	15 mai 2020

BSGF - Bulletin des sciences de la Terre 2020, 191, 11

# Les pierres du sanctuaire de Delphes - Rive nord du golfe de Corinthe - Grèce

## Les pierres du sanctuaire de Delphes, Marge nord du Golfe de Corinthe, Grèce

Marilou de Vals<sup>1 \*</sup>, Renaldo Gastineau<sup>2, 3</sup>, Amélie Perrier<sup>4, 5</sup>, Romain Rubi<sup>2, 6</sup> et  
Isabelle Moretti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Université, CNRS-INSU, ISTeP, UMR 7193, 75005 Paris, France

<sup>2</sup> Université Rennes, CNRS, Géosciences Rennes, UMR 6118, 35000 Rennes, France

<sup>3</sup> Université Grenoble Alpes, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, ISTerre, 38000 Grenoble, France

<sup>4</sup> Université d'Orléans, IRAMAT, UMR 5060 Centre Ernest-Babelon, 45100 Orléans, France

<sup>5</sup> École Française d'Athènes, 10680 Athènes, Grèce

<sup>6</sup> Université de Liège, Département de Géographie, Liège, Belgique

\* Auteur correspondant: [marilou.de\\_vals@sorbonne-universite.fr](mailto:marilou.de_vals@sorbonne-universite.fr)

Reçu: 21 décembre 2019 Accepté: 15 avril 2020

### Abstrait

Le choix des pierres par les anciens Grecs pour construire des édifices reste une question ouverte. Si l'utilisation de matériaux locaux semble généralisée, des pierres allochtone sont le plus souvent présentes mais entraînent des surcoûts évidents. Le travail actuel vise à avoir une vue exhaustive des origines des pierres utilisées dans le sanctuaire de Delphes. Situé sur la zone du Parnasse, sur le mur suspendu d'une grande faille normale liée au Rift de Corinthe, ce sanctuaire Apollo est principalement construit en calcaires, brèches, marbres, ainsi que des sédiments plus récents mal consolidés généralement appelés *pôros* dans la littérature. Pour dépasser cette vision globale, les différentes lithologies employées dans le site archéologique ont été identifiées, ainsi que les carrières locales, afin de retrouver leurs origines. Les différents calcaires sont autochtones et proviennent de la plate-forme carbonatée Jurassique supérieur - Crétacé de l'océan Téthys impliqué dans l'orogène des Hellénides. Ces calcaires du massif du Parnasse constituent la majorité du volume rocheux du site; un faciès spécifique de calcaire maastrichtien appelé «calcaire Profitis Ilias» a été utilisé pour les édifices les plus prestigieux comme le temple d'Apollon. L'ancienne carrière correspondante est située à quelques kilomètres à l'ouest du sanctuaire. Ensuite, la brèche de talus a été largement utilisée dans le sanctuaire: elle recouvre dans et autour du site et se pose au-dessus des carbonates. Finalement, les *pôros* semblent être très variables et sept faciès différents ont été

### Table des matières

#### Article

[Abstrait](#)
[HTML complet](#)
[PDF \(12,14 Mo\)](#)
[ePUB \(13,16 Mo\)](#)
[Les références](#)

#### Métrie

[Afficher les statistiques de l'article](#)

#### Prestations de service

##### Mêmes auteurs

[- Google Scholar](#)
[- Base de données EDP Sciences](#)
[- PubMed](#)
[Recommander cet article](#)
[Envoyer sur mon Kindle](#)
[Télécharger la citation](#)

#### Articles Liés

[Altération atmosphérique des monuments historiques et leurs problèmes de conservation associés](#)

MATEC Web of Conferences 149, 01009 (2018)

[Altération atmosphérique des monuments historiques et leurs problèmes de conservation associés](#)

MATEC Web of Conferences 149, 01009 (2018)

[Les processus diagénétiques peuvent-ils influencer l'évolution du comportement hydraulique à court terme d'un défaut?](#)

Science et technologie du pétrole et du gaz - Rév. IFP, Vol. 60 (2005), n° 2, pp. 213-230

[Plus](#)

#### Bookmarking


 [Services aux lecteurs](#)
 [Alerte email](#)

documentés, dont le travertin, la pierre à grains oolithiques, les carbonates marins et les grès à gros grains. Tous ces faciès récents existent sur la rive sud-est du golfe de Corinthe, bien que - à l'exception du grain de pierre - les carrières ne soient pas encore connues.

## Reprendre

Le choix des pierres de construction par les anciens Grecs reste à ce jour une question ouverte. Si l'emploi de matériaux locaux semble dominer, les faciès allochtones sont aussi présents. Ce travail propose une vue exhaustive des pierres mises en œuvre dans le sanctuaire de Delphes. Situé dans la zone du Parnasse, au pied d'une faille normale liée à l'ouverture du Golfe de Corinthe, le sanctuaire d'Apollon est majoritairement construit en calcaires, brèches et marbres. Des sédiments peu consolidés, récents, d'origine et de faciès variés appelés *pōros* dans les sources textuelles antiques, appellation souvent reprise dans la littérature moderne, sont également utilisés. L'identification des différents faciès a été menée sur le site, ainsi que dans les carrières locales, dans le but de retrouver la provenance des différents matériaux. Les calcaires sont clairement locaux et proviennent de la plaque-forme carbonatée, d'âge Jurassique Supérieur à Crétacé, de la Téthys, reprise en compression lors de la formation de la chaîne des Hellénides. Ces calcaires du Massif du Parnasse correspondant à la partie majeure du volume de roche mis en œuvre; un faciès spécifique de calcaire maastrichtien, appelé le calcaire de Saint-Élie, a été utilisé pour les édifices les plus prestigieux tels que le temple d'Apollon. La carrière antique correspondante se trouve à quelques kilomètres à l'ouest du site. Les brèches de pente ont également été largement employées: elles affleurent autour et dans le site archéologique et recouvrent les carbonates mésozoïques. Enfin, les roches appelées *pōros* correspondant à des faciès très variés; sept types ont pu être présentés dont du travertin, des grains à oolites, des carbonates marins et des grès grossiers. Tous ces faciès récents sont présents sur les côtes sud-est du Golfe de Corinthe, mais à l'exception des *grains* à oolites, les carrières d'origine n'ont pas encore été spécifiquement localisées.

**Mots clés:** Delphes / Golfe de Corinthe / archéologie / matériaux de construction

**Mots clés:** Delphes / Golfe de Corinthe / archéologie / matériaux de construction

© M. de Vals et al. , Edité par EDP Sciences 2020



Il s'agit d'un article en libre accès distribué sous les termes de la licence d'attribution Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0> ), qui permet une utilisation, une distribution et une reproduction sans restriction sur tout support, à condition que l'œuvre originale soit correctement citée.

## 1. Introduction

### 1.1 Contexte de l'étude

L'étude de l'architecture monumentale dans l'Antiquité grecque est généralement abordée d'un point de vue historique, archéologique et architectural, afin de mieux comprendre les techniques de construction et l'environnement socio-économique des chantiers. Dans cette étude, la démarche est centrée sur les matériaux de construction, qui doivent avoir été l'une des premières et clés questions pour les artisans anciens comme pour leurs sponsors. Le bois, la terre, la terre cuite et la roche sont les principaux matériaux employés; cependant, à partir du 7ème siècle avant JC, les pierres sont devenues prédominantes dans la construction monumentale (Martin, 1965 ;Lawrence, 1996 ). La question de l'origine de la roche a été au centre de nombreuses études, en Grèce et partout dans le monde; mais dans le cas de la Grèce, ces études se sont généralement concentrées sur des matériaux considérés aujourd'hui comme prestigieux, comme les marbres (Waelkens et coll. , 1992 ;Attanasio et coll. , 2000 ;Jockey et coll. , 2011 ;Antonelli et Lazzarini, 2015 ).

Cet article vise une approche plus globale de la question des matériaux de construction dans la Grèce antique, en prenant en compte l'environnement immédiat et la géologie régionale dans notre réflexion. Le fait que les lithologies locales soient prédominantes et clairement favorisées dans les constructions anciennes a déjà été remarqué par de nombreux auteurs ( Martin, 1965 ), le transport sur de longues distances présentait des difficultés évidentes et des coûts coûteux (Hansen, 2000 ).

Ce projet de recherche fait partie du programme «Les pierres de Délos et de Delphes» lancé par l'école française d'Athènes. Il vise à mieux définir ce schéma global en réalisant un aperçu exhaustif des différentes pierres utilisées dans ces deux grands sanctuaires d'Apollon. Le présent article présente les résultats de cette étude en cours dans le cas de Delphi. Après un bref cadre géologique de la région du golfe de Corinthe et un petit aperçu du contexte historique du sanctuaire, les différentes pierres trouvées seront décrites d'un point de vue macro et microscopique. Lorsqu'elle est déjà connue, la provenance des pierres sera discutée. L'utilisation relative des pierres sera synthétisée à travers une carte lithologique globale du sanctuaire Apollo.

Les billes ne seront pas mentionnées dans cette étude; ils sont de toute façon tous importés, l'affleurement de marbre le plus proche étant situé à Livadia, à 50 kilomètres de Delphes (Déroche et coll. , 1989 ); ce marbre est noir. Les principales anciennes carrières de marbre blanc sont situées dans la région d'Athènes

<a href="#">Haut</a>
<a href="#">Abstrait</a>
<a href="#">1. Introduction</a>
<a href="#">2 Matériel et méthode</a>
<a href="#">3 Résultats: le ...</a>
<a href="#">4. Discussion</a>
<a href="#">5. Conclusion</a>
<a href="#">Remerciements</a>
<a href="#">Les références</a>
<a href="#">Liste des figures</a>

ou dans les îles Cycladiques (Maniatis *et coll.*, 1988 ;Palagia et Herz, 2002 ). L'accent est mis ici sur les autres pierres, qui n'ont clairement pas été sélectionnées et utilisées au hasard par les constructeurs de Delphi.

Dans la littérature archéologique, le mot grec *pōros* désigne de nombreux faciès à forte porosité, en opposition aux roches déjà compactées, telles que les calcaires de faible porosité, les roches magmatiques et les marbres ( Martin, 1965 ). Cependant, il ne correspond pas à un faciès spécifique: il n'y a pas d'homogénéité en termes d'environnement de dépôt, de lithologie ou d'âge. *Pōros* est aussi le nom d'une île du golfe Saronique où sont présentes de la calcarénite et de l'éolianite - ces roches sont appelées de facto *pōros* par les archéologues - mais selon la localisation, elle peut correspondre à des faciès complètement différents. L'un des résultats est la liste et les caractéristiques des différents *pōros* de Delphi afin de dépasser cette terminologie imprécise.

## 1.2 Contexte géologique

L'histoire géodynamique de la région de la Méditerranée orientale a été dominée par la convergence de l'Afrique et de l'Eurasie depuis le Mésozoïque, induisant des processus de subduction, de collision et d'obduction (Şengör et Yilmaz, 1981 ;Dercourt *et coll.*, 1986 ;Ricou *et coll.*, 1986 ;Ricou, 1994 ;Menant *et coll.*, 2016 ). Dans ce contexte, le mont Parnasse, situé à 2457 mètres au-dessus de Delphes, s'est formé pendant l'orogène hellénide, depuis le Crétacé supérieur, en poussant des plates-formes de calcaire mésozoïque de la marge de Thétyes. Trois domaines structuraux différents sont présents près de Delphes: le Parnassus Nappe qui chevauche le Pindos Nappe à l'ouest et est renversé par le Pelagonian Nappe des Hellenides internes vers l'est (Fleury, 1980 ;Doutsos *et coll.*, 2006 ;Jolivet et Brun, 2010 ;Royden et Papanikolaou, 2011 ; Menant *et coll.*, 2016 ) ( Fig.1 ).

En raison des rotations dans le sens horaire de la région entre 15 et 8 Ma (Kissel et Laj, 1988 ;Morris et Anderson, 1996 ;van Hinsbergen *et coll.*, 2005 ;Brun et Sokoutis, 2007 ;Jolivet *et coll.*, 2015 ), les Hellénides sont désormais orientées dans une direction proche nord-sud. Depuis le Miocène, en conséquence de la migration de la subduction vers le sud et de la propagation vers l'ouest de la faille nord-anatolienne, les Hellénides sont affectés par une extension nord-sud localisée dans les grabens actifs de Corinthe, Evia et dans le cisaillement hellénique central. Zone (Armijo *et coll.*, 1996 ;Papanikolaou et Royden, 2007 ) ( Fig.1 ).

Le Parnassus Nappe est composé de: (1) calcaires néritiques du Trias au Crétacé supérieur; (2) les calcaires pélagiques du Campanien au Maastrichtien; (3) une pélite rouge du Paléocène et du flysch (Eocène). Quatre horizons de bauxite correspondent à l'émergence de la forme de plaque carbonatée et au hiatus ( Fleury, 1980 ;Mettos *et coll.*, 2009 ) ( figure 2A ).

La région de Corinthe est l'une des rifts les plus rapides d'Europe avec un taux d'ouverture d'environ env. 1,5 cm / an ( Moretti *et al.*, 2003 ). Son évolution est plutôt bien contrainte (Ori, 1989 ;Taylor *et coll.*, 2011 ;Ford *et coll.*, 2013 ;Nixon *et coll.*, 2016 ;Ford *et coll.*, 2017 ; Rohais et Moretti, 2017 ;Gawthorpe *et coll.*, 2018 ) et pourrait être divisée en trois phases: (1) une phase d'initiation dominée par une sédimentation continentale et lacustre de petite extension appelée le groupe inférieur; (2) une augmentation de l'activité des failles associée à une connexion des bassins conduit à une sédimentation lacustre en eau profonde à marine dénommée Groupe du Milieu; (3) depuis 1 Ma, le soulèvement du Péloponnèse a exhumé les dépôts syn-rift sur la rive sud et les systèmes deltaïques se sont déplacés vers le nord ( Fig. 2B ). Des terrasses marines du Pléistocène supérieur ont été exposées ( Fig.2C ) et, localement, des dépôts stromatolitiques quaternaires dans la péninsule de Perachora ( Fig.2D). Sur la rive nord du golfe, la sédimentation oligo-miocène est majoritairement absente et la brèche du talus quaternaire se trouve en contact discordant au sommet des calcaires du Mésozoïque et des flyschs de l'Éocène dans la majeure partie de la région (Pomoni-Papaioannou, 1994 ;Gregou *et coll.*, 1994 ;Solakius *et coll.*, 1998 ;Solakius et Kati, 2001 ).

Le sanctuaire de Delphes est situé sur la marge nord du golfe de Corinthe, à environ 600 mètres au-dessus du niveau de la mer et à 10 kilomètres de la côte. Il repose sur le mur suspendu de la faille normale majeure plongeant vers le sud, la faille Arachora - Delphi - Amphissa. Une autre grande faille normale plongeant vers le nord, borde la vallée du Pléistos, au sud de Delphes (Piccardi, 2000 ;Piccardi *et coll.*, 2008 ;Valkanotis *et coll.*, 2011 ) ( Fig.3 ).

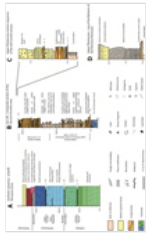
Fig. 1

À gauche: carte globale de la Grèce montrant le cadre géodynamique du golfe de Corinthe (GdC) avec les différentes nappes composant les Hellénides externes (nuances de gris) et internes (blanches). Le bleu correspond au Parnassus Nappe.



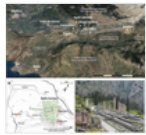
GoA: golfe d'Argolikos; GoE: golfe d'Eubée; SB: limite de subduction; NAF: North Anatolian Fault (modifié deRohais et Moretti, 2017 ). À droite: zoom sur le golfe de Corinthe, montrant les principaux emplacements mentionnés dans le texte, et les zones correspondant aux colonnes stratigraphiques (Log A, B, C et D) présentées sur la figure 2 (modifiée deMoretti *et coll.*, 2003 ).

Fig. 2



A. Colonne stratigraphique synthétique du Parnasse Nappe dans la région de Delphes (modifiée de [Fleury, 1980](#) ;[Gielisch, 1993](#) ;[Carras, 1995](#) ;[Nirta et coll. , 2018](#) ). Formations sédimentaires récentes situées sur la côte sud du golfe de Corinthe. B. Section composite de la zone Dervini-Evrostini ([Rohais et coll. , 2007](#) ). C. Bûche sédimentaire de la terrasse du Vieux Corinthe ([Collier et Thompson, 1991](#) ; [Armijo et coll. , 1996](#) ). D. Section synthétique de la péninsule de Perachora (D) ([Bouleugon, 2016](#) ). Voir la [figure 1](#) pour les emplacements.

Fig. 3



Le site archéologique de Delphes. A. Vue aérienne de la vallée du Pléistos où se trouve Delphi, avec les principales villes, carrières et toponymes, et les deux failles principales (Google Earth). B. Carte du complexe archéologique avec le sanctuaire Apollo en vert et les vestiges romains en rouge; 5 mètres entre les courbes de niveau (modifié de [Bommelaer et Laroche, 2016](#) ). C. Photo du temple d'Apollon sur le sanctuaire, debout près du mur suspendu de la faille Arachova-Delphi-Amphissa.

### 1.3 Le sanctuaire Apollo de Delphes

La majeure partie du site archéologique de Delphes a été fouillée pendant la période appelée «la Grande Fouille» entre 1892 et 1903 par l'École française d'archéologie d'Athènes. Il a libéré un complexe exceptionnel composé du sanctuaire d'Apollon, du sanctuaire d'Athéna, de deux fontaines monumentales - Castalia et Kerna -, d'un stade, d'un gymnase et de parties de la ville antique ([Fig. 3](#) ).

Les activités liées au sanctuaire d'Apollon sont attestées depuis le 7<sup>ème</sup> siècle avant JC et jusqu'au 4<sup>ème</sup> siècle après JC, mais le sanctuaire panhellénique est devenu particulièrement important entre le 6<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> siècle avant JC. Des villes grecques, des royaumes méditerranéens, des familles illustres ou des personnalités importantes sont venues consulter l'Oracle, lui consacrer des offrandes et construire des trésors en l'honneur d'Apollon ([Jacquemin, 2000](#) ). Les jeux panhelléniques, les *Pythian Games*, ont eu lieu à Delphes tous les quatre ans depuis la période archaïque, réunissant des personnes de tout le monde hellénique ainsi que des richesses pour la ville ([Bommelaer et Laroche, 2016](#) ).

Le sanctuaire a subi beaucoup de transformation et d'agrandissement au cours de son existence ([de La Coste-Messelière, 1969](#) ). Le sanctuaire Apollo a été aménagé sur plusieurs terrasses et a été modifié et agrandi, en particulier pendant les deux phases de reconstruction importantes du temple, suite à sa destruction accidentelle ([Amandry et Hansen, 2010](#) ;[Perrier, 2019](#) ). Le temple d'Apollon a brûlé en 548/7 av.J.-C. et doit être reconstruit et le peribolos, le mur entourant la zone sacrée, a été agrandi. En 373/2 av.J.-C., le temple a été détruit par un glissement de terrain. Le dernier temple (dont les vestiges sont encore visibles aujourd'hui, et appelé le Nouveau Temple par opposition à l'Ancien Temple) a été reconstruit avec un calcaire local de haute qualité, le calcaire Profitis Ilias, qui a été extrait pour la première fois sur ce occasion ([Amandry et Hansen, 2010](#) ; [Bommelaer et Laroche, 2016](#) ).

## 2 Matériel et méthode

### 2.1 À l'intérieur du site archéologique

L'objectif principal de cet article est de présenter une liste exhaustive des lithologies qui pourraient être observées dans le site archéologique de Delphes - le sanctuaire Apollo, le stade et le sanctuaire Athena Pronaia ([Fig. 3](#) ). Le gymnase, ainsi que les fontaines castaliennes, n'étaient pas accessibles pendant les travaux de terrain pour des raisons de sécurité, et la ville antique qui n'a pas encore été fouillée et cartographiée avec précision.

La description des matériaux de construction diffère de celle appliquée sur les affleurements car l'échantillonnage destructif est interdit dans les sites archéologiques protégés. Des descriptions macroscopiques systématiques ont d'abord été réalisées, prenant en compte les caractéristiques géologiques (contenu fossile, pétrologie sédimentaire, structures sédimentaires), à l'aide d'un microscope numérique portable (Dino-Lite<sup>®</sup> ). Cette méthode permet de distinguer différents types de *pôros* mais n'a pas été suffisant pour différencier les différents types de calcaire. Ces descriptions de premier ordre et la connaissance de la géologie régionale de Delphes nous ont permis de discriminer entre les matériaux extraits de la région et les matériaux importés d'ailleurs (faciès non observés dans la nappe de Parnassus). Pour les matériaux allochtone, la description microscopique des faciès sédimentaires nous a permis de faire des hypothèses sur leur provenance.

## 2.2 En dehors du site archéologique

Des prélèvements ont été effectués aux abords du site archéologique pour ajouter plus d'informations sur les faciès locaux. Deux cas différents ont été rencontrés: (1) la provenance exacte du faciès est connue (anciennes carrières); ou (2) la provenance exacte est inconnue. Dans le premier cas, des prélèvements ont été effectués à proximité de la carrière d'antiquités. Dans le second cas, des prélèvements ont été effectués au plus près du site archéologique, sur des affleurements soupçonnés d'avoir été exploités dans l'Antiquité mais qui ne présentent aucune preuve. Au total, quinze coupes minces d'échantillons ont été réalisées ainsi que quelques mesures pétrophysiques de base: la densité et la porosité ont été mesurées à l'aide d'un pycnomètre à gaz automatique (AccuPyc II 1340) au laboratoire GeoRessources de l'Université de Lorraine. Un échantillon de chaque faciès de carbonate a été analysé.

## 3 Résultats: les pierres du sanctuaire

### 3.1 Description pétrologique des pierres

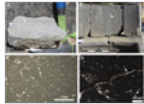
#### 3.1.1 Les calcaires

##### Calcaire Profitis Ilias ( Fig.4 )

Ce faciès a été échantillonné près des anciennes carrières de Profitis Ilias, à 5 km à l'ouest de Delphes (voir Fig. 3 pour l'emplacement de la carrière), qui a donné son nom à la pierre. Le calcaire Profitis Ilias est un wackestone massif avec des lits épais jusqu'à 2 mètres et présente de nombreuses articulations styloolithiques parallèles à la litière ( Fig.4A ), des veines calcitiques droites, généralement perpendiculaires aux articulations, et quelques nodules centimétriques de cherts. La couleur du faciès est gris clair et apparaît en surface gris foncé ou bleu foncé en raison de l'altération, ce qui le rend facilement reconnaissable ( Fig. 4B ).

Des coupes minces documentent un assemblage fossilifère marin composé de calcisphères et de foraminifères pélagiques, qui représentent 15 à 20% des grains, dans une matrice micritique. Nous avons identifié: *Globigerinas*, *Globotruncana stuarformis* (Dalbiez, 1955) et *Globotruncana arca* ( Cushman, 1926 ), qui, avec une seule quille, est attribuée au Maastrichtien ancien ( figures 4C et 4D ). Ce faciès a une densité de  $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$  et une très faible porosité de 1,15%.

Fig. 4



Calcaire Profitis Ilias. A. Échantillon de calcaire de la carrière Profitis Ilias, présentant sa couleur naturelle gris clair et ses joints styloolithiques (1). B. Blocs de calcaire Profitis Ilias utilisés dans le sanctuaire Apollo. Les joints stylolites sont toujours visibles malgré sa patine gris foncé. C. Vue microscopique montrant *Globotruncana arca* (Cushman, 1926) (2) et *Globigerina* (3) dans un ciment micritique. D. Spécimen de *Globotruncana arca* ( Cushman, 1926 ) (2), une articulation styloolithique (1), une calcisphère (4).

##### Calcaire rose ( Fig.5 )

L'affleurement de référence utilisé pour la description de ce faciès se trouve dans une carrière moderne, à 12 kilomètres à l'est de Delphes, près de la ville moderne d'Arachova ( Fig. 3 ). L'affleurement a une épaisseur de max. 10 mètres et une longueur d'env. 100 mètres avec des lits de 1 ou 2 mètres d'épaisseur. Il présente de nombreuses petites articulations styloolithiques, interdépendantes et parallèles à la litière, et des veines calcitiques jusqu'à 2 centimètres sans orientation générale ( Fig. 5A ). Sa couleur caractéristique varie du rose foncé au gris, et sa couleur d'altération est grisâtre ( Fig. 5B ).

Le calcaire rose est un wackestone avec plus de 40% de grains dans une matrice micritique. Les sections minces montrent une composition de grain de foraminifères planctoniques: *Rugoglobigerina rugosa* ( Plummer, 1927 ) ( figure 5C. ), *Globotruncanella pschadae* ( Keller, 1946 ) ( figure 5D. ), *Abathomphalus mayaroensis* ( Bolli, 1951 ) ( figure 5E. ). Ces foraminifères datent de la formation du Maastrichtien. Des gastéropodes et des foraminifères uniaxiaux à plusieurs chambres sont observés ( Fig. 5C ). Les propriétés pétrophysiques montrent une densité de  $2,68 \text{ g.cm}^{-3}$  et une très faible porosité de 0,84%.

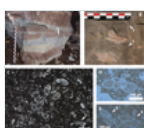


Fig. 5

Calcaire rose. A. Affleurement de la carrière moderne d'Arachova, à 12 km à l'est de Delphes ( Fig. 3 pour l'emplacement), montrant la variation de couleur de la roche; des joints styloolithiques sont également présents mais non visibles sur cette photo. B.

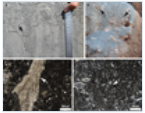
Bloc de calcaire rose utilisé dans le sanctuaire d'Apollo présentant plusieurs joints stylolitiques (1). C. Vue microscopique montrant les nombreux foraminifères en micrite. *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer, 1927) (2). D. *Globotruncanella pschadae* (Keller, 1946). E: *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli, 1951) (3); *Globotruncana ventricosa* (Blanc, 1928) (4). Les rectangles rouges, blancs et noirs sur l'échelle représentent 1 cm.

### Calcaire rudistes ( Fig. 6 )

Un calcaire sombre massif avec des lits allant jusqu'à 1 mètre jaillit juste à l'ouest et au sud du site archéologique, sous la route moderne menant à la ville moderne de Delphes ( Fig. 3 ). Deux membres principaux peuvent être observés: une pierre flottante composée de rudistes fragmentaires dans une matrice micritique, et une borne constituée de récifs rudistes, facilement reconnaissables dans les blocs employés ( Fig. 6A ). Certains rudistes observés sur les affleurements font partie des familles des *Hippuritidae* et des *Radiolitidae* ( Fig. 6B ).

Des coupes minces montrent un floatstone hautement fracturé avec des veines calcitiques: fragments de rudistes, bioclastes recristallisés et algues non identifiées dans une matrice micritique, recristallisées en partie en sparite ( Fig. 6C ). Très peu de foraminifères benthiques multi-chambres de la famille des *Miliolidae* et de foraminifères planctoniques bisériaux ont été observés ( Fig. 6D ). Ce faciès a une densité de 2,68 g.cm<sup>-3</sup> et une porosité inférieure à 1%.

Fig. 6



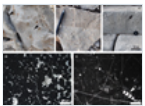
Calcaire rudiste. A. Bloc de calcaire rudiste (1) utilisé dans le sanctuaire de Delphes. B. Affleurement de calcaire massif à coquilles rudistes entières (1) et spécimen de la famille des Hippurites (2). C. Vue microscopique montrant un fragment recristallisé de rudiste (3) dans un ciment micritique. D. Vue microscopique montrant un spécimen de Miliolidae (4).

### Calcaires de Parnasse ( Fig.7 )

Cet affleurement de calcaire présente des lits jusqu'à 2 mètres et un taux de karstification important mis en évidence par de petites surfaces et des caractéristiques de dissolution à grande échelle: lapiez, microkarsts, karsts ( figures 7A - 7C ). Des échantillons sont prélevés près de la carrière du stade, située à une centaine de mètres juste au-dessus du sanctuaire, au pied de la falaise ( Fig. 3 ).

Deux sous-faces sont identifiées: l'une des sous-faces est une pierre à grains composée exclusivement d'oïdes (de taille inférieure à 0,5 mm) cimentée par la sparite ( Fig. 7D ). L'autre sous-facette est un wackestone très hétérogène et fracturé (60% des grains) composé de granulé, d'algues, de crinoïdes et d'autres restes biologiques ( Fig. 7E ). Des oncoïdes centimétriques, à cortex irrégulier, sont également observés dans l'affleurement ( Fig. 7A ). Le wackestone a une densité de 2,68 g.cm<sup>-3</sup> et une faible porosité de 0,8%.

Fig. 7



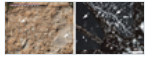
Calcaires de Parnasse. A. Affleurement observé près de la carrière du stade montrant des oncoïdes centimétriques (1) et des microkarsts (2). B. Échantillon observé près de la carrière du stade montrant les deux sous-faces observées dans le massif du Parnasse. Le stylo mesure 12 cm de long. C. Bloc de calcaire de Parnasse utilisé dans le sanctuaire d'Apollo montrant un degré élevé de karstification avec des microkarsts (2). D. Vue microscopique montrant une sous-face des calcaires du Parnasse: un grain de pierre oolithique (3). E. Vue microscopique d'une sous-face de calcaires de Parnasse: un wackestone composé de granulé et de restes biologiques dans un ciment micritique (4).

### 3.1.2 La brèche

La brèche de pente se dessine aux abords immédiats du sanctuaire. Ce faciès est défini par des clastes calcaires polygéniques angulaires allant du gravier au bloc cimenté par une matrice d'argile rougeâtre ( Fig. 8A ). Le calcaire composant la brèche présente deux sous-faciès différents qui correspondent au calcaire du Parnasse ( Fig. 8B ).

Des brèches de faille sont également présentes dans les environs de Delphes, autour du noyau de la faille d'Amphissa (voir par exemple la Fig. 3D dans Moretti *et al.*, 2003). Cependant, la brèche de faille n'est pas observée dans le sanctuaire comme matériau de construction: le manque de volume disponible par rapport à la grande masse de brèche de pente peut être une explication.

Fig. 8

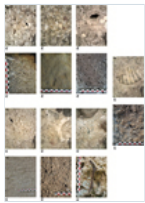


Breccia. A. Bloc de brèche utilisé dans le sanctuaire Apollo; la taille des clastes varie de quelques centimètres à 30 centimètres; des clastes des deux sous-faces des calcaires du Parnasse peuvent être observés (1 pour le wackestone, 2 pour le grain oolithique). B. Vue microscopique montrant les clastes de calcaire (1 pour le wackestone, 2 pour le grain oolithique) dans une matrice d'argile. Les rectangles rouges, blancs et noirs sur l'échelle représentent 1 cm.

### 3.1.3 Les pôros

Comme déjà mentionné, cette étude ne visait pas à créer une nouvelle définition du terme générique *pôros*, mais à présenter une liste de pierres appelées *pôros* au sein du site archéologique de Delphes. Dans ce cas, sept types de pierres ont été distingués, numérotés de P1 à P7 ( Fig. 9 ). En raison de la restriction d'échantillonnage sur le site, seules des observations macroscopiques ont été effectuées, sur des pierres de construction hors de leur contexte géologique, à l'aide d'un microscope portable. Il ne peut être exclu que la liste soit incomplète ou que deux faciès aient à peu près la même origine géographique; au contraire, deux blocs de pierre de faciès similaires peuvent également provenir de deux carrières différentes.

Fig. 9



Vues macroscopiques (A) et microscopiques (B) des différents pôros observés sur le site archéologique de Delphes. Des vues microscopiques (B) ont été obtenues à l'aide du microscope portable. Les rectangles rouges, blancs et noirs à l'échelle sont de 1 cm. P1: grainstone oolithique composé d'oolithes micrométriques (1); P2: pierre à grains bioclastique avec section de crinoïde (2); P3: grès à gros grains avec galets (3) et fragments de coquille (4); P4: grès avec quartz angulaire et feldspath; P5: travertin moderne et son éclat incrusté; P6: borne rouge; P7: floatstone marin avec empreintes de coquillages (5) et coquilles de bivalves (6).

#### P1: pierre à grain oolithique

La pierre présente un tissu supporté à grains construit par ooides bien rangés et à grains très fins ( Fig. 9 , P1, B, 1). Certains blocs montrent une stratification. Ce faciès apparaît jaune et sa couleur altérée est gris jaunâtre.

#### P2: pierre à grain bioclastique

Ce faciès montre un tissu à grain soutenu composé de petits bioclastes calcitiques. Ces fragments sont tubulaires et certaines sections de crinoïdes ( Fig. 9 , P2, B, 2) ont été observées; leur taille varie de 0,2 à 1 mm.

#### P3: Grès à gros grains

Cette roche détritique mal triée présente des galets de calcaire millimétriques à centimétriques et des coquilles de gastéropodes centimétriques ( Fig.9 , P3, A, 3 et 4) noyés dans un sable à grain moyen à gros. La couleur est orange à jaune mais l'altération laisse des dépôts oranges à la surface - cela peut indiquer la présence d'oxydes.

#### P4: Grès

Un sable détritique mal trié présente des grains angulaires majoritairement de quartz et peu de feldspaths sans matrice ( Fig.9 , P4). La pierre est massive et la granulométrie varie du grain fin au grain moyen.

#### P5: Travertin

Un travertin calcaire blanc présente des structures tubulaires, des tubes de carbonates formés par concrétion autour de la plante sont également observés. Un tesson a été observé, pris dans la concrétion (

Fig.9 , P5, A): il doit s'agir d'un gisement d'eau douce récent (moins de 10000 ans, lorsque la poterie a commencé à être produite en Grèce) formé à proximité d'un lieu d'activités humaines .

#### P6: borne rouge

Cette roche calcaire rouge présente des structures ramifiées et tubulaires montrant des couches minces ( Fig. 9 , P6) et formant des stratifications concentriques à grande échelle. Ce tissu est conforme à la caractéristique typique de la roche bioconstituée, probablement construite par la stromatolite.

#### P7: Pierre flottante marine

Cette pierre est composée de bivalves centimétriques et intacts (près de 50% de la pierre) dans une matrice micritique. Il est facilement reconnaissable dans les monuments grâce aux nombreux coquillages ( fig. 9 , P7, A, 5 et 6). La pierre n'est toujours pas encore consolidée, elle n'a donc pas subi un enterrement et / ou une diagenèse importants.

### 3.2 Provenance des pierres

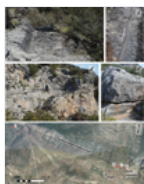
#### 3.2.1 Exploitation locale

Les pierres locales ont été extraites de différentes manières dans et autour du sanctuaire. Dans un souci d'économie et de praticité, les ouvriers ont utilisé les roches directement disponibles, principalement les calcaires du Parnasse. Les blocs tombants de la falaise présentent des marques d'extraction au-dessus d'eux ( Fig. 10B ). À l'extrémité est du stade, au-dessus du sanctuaire d'Apollon, des escaliers ont été construits directement à partir de l'affleurement de calcaire du Parnasse. Ils ont profité de la géologie et de la topographie du site.

Ensuite, des marques d'outils d'extraction ont été observées à l'est et à l'ouest du site, le long de la falaise; il suggère que les ouvriers ont extrait ponctuellement des blocs d'affleurements locaux, jusqu'à une centaine de mètres du site ( Fig. 10A ). Des calcaires mésozoïques ont été extraits - les calcaires du Parnasse principalement, cependant aucune preuve d'extraction n'a été observée pour le calcaire rudiste. Aucune grande carrière ancienne de calcaire rose n'a été localisée, mais des carrières modernes ont été observées dans les environs de Delphes, près d'Arachova. Plus près du sanctuaire, ce faciès affleure sur une branche de la faille principale, à 1500 mètres à l'est du site archéologique (juste avant la carrière de Logari, voir Fig.3 ): l'extraction est claire mais ne peut pas encore être datée, et le volume extrait est petite.

On sait que les carrières de la région ont été exploitées à l'époque antique (voir la figure 3 pour les emplacements). De petites carrières, larges de quelques mètres, qui auraient pu servir à construire un ou deux monuments, sont situées directement dans et tout autour du site. Deux d'entre eux ont été localisés (Amandry, 1981 ). La première est connue sous le nom de Stadium Quarry, située juste au-dessus du sanctuaire, au pied de la falaise ( Fig. 10C ); il semble qu'il a été utilisé pour construire le stade: le match matériel comme le stade a été construit en calcaires de Parnasse et brèche de pente. La seconde s'appelle la carrière de Logari (2 km à l'est de Delphes), où les calcaires mésozoïques du massif du Parnasse ont également été exploités. Ensuite, les plus grandes carrières sont les carrières de Profitis Ilias, où ont été extraits les calcaires utilisés pour le temple d'Apollon du 4ème siècle avant JC ( Fig. 10D ) ( Amandry 1981 ;Papageorgakis et Kolaiti 1992 ;Zambetakis-Lekkas *et al.* , 2001 ; Amandry et Hansen, 2010 ). Située à 5 km à l'ouest du site archéologique, la grande qualité de la pierre peut justifier les travaux nécessaires pour transporter les blocs.

Fig. 10



Une exploitation locale. A. Marques d'extraction observées au sommet d'un rocher tombé de la falaise au-dessus de Delphes. B. Repère de l'outil d'extraction observé au pied de la faille principale, à une centaine de mètres à l'ouest du sanctuaire Apollo. C. Stadium Quarry, situé juste au-dessus du stade. D. Les anciennes carrières de Profitis Ilias, à 5 km à l'ouest de Delphes. E. Localisation des sites d'extraction.

#### 3.2.2 Exploitation régionale

La provenance des matériaux allochtone n'est pas encore complètement définie. Cependant, l'identification et la caractérisation de sept des soi-disant *pôros* nous permettent de faire des hypothèses sur leurs origines. Une conclusion peut être tirée de la description pétrologique de chaque faciès: ils montrent tous une porosité moyenne à élevée, ce qui pourrait signifier qu'ils n'ont pas subi d'enfouissement important, de diagenèse avancée ou qu'il s'agit de formations très jeunes. Des formations sédimentaires récentes, telles



que celles des synrift - les terrasses marines, les dépôts fluviaux et lacustres - exposées par le soulèvement du Péloponnèse, doivent être prospectées (voir les [figures 1 et 2](#) pour l'emplacement).

Avant cette étude, une seule origine de faciès avait été clairement identifiée par les auteurs anciens et modernes. Dans les bâtiments, des récits du temple d'Apollon du 4ème siècle avant JC, écrits sur des calcaires ou des plaques de marbre trouvés dans le sanctuaire, ont été écrits que des pierres de Corinthe ont été utilisées pour sa construction ([Bousquet, 1942](#); [Roux, 1966](#)). Il correspond au faciès granuleux oolithique utilisé pour le tambour à colonnes du Temple actuel; ce faciès est également utilisé dans beaucoup d'autres monuments de Delphes: une hypothèse est que tout ce matériel provient à peu près du même endroit. Les faciès granuleux ont également été clairement identifiés et observés dans le site archéologique de la Corinthe antique ( [Fig. 11A](#) ) et correspondent à la lithologie exploitée dans les carrières d'Examilia ( [Collier et Thompson, 1991](#) ;[Hayward, 1996, 2003, 2013](#) ) ( [Fig.11B](#) ) (voir [Fig.1](#) pour l'emplacement d'Examilia, à l'est de Corinthe). De plus, un puits de colonne en pierre à grain oolithique a été trouvé à Kirrha, le port de Delphes ( [Fig. 1](#) ). Ce bloc semble être destiné au temple d'Apollon - il montre que les pierres transitaient par mer et par terre. Il est bien connu que la région entre Corinthe et Sicyon exportait beaucoup de matériaux vers différents chantiers ([Hellmann, 1999](#) ; [Hansen, 2000](#) ;[Lolos, 2002](#) ).

Pour les autres faciès, seules des hypothèses peuvent être faites. La marge nord du golfe de Corinthe correspond à une plate-forme carbonatée profonde, dont les calcaires ont subi au cours de l'orogénèse alpine une diagenèse avancée; nos faciès poreux ne correspondent pas à cet environnement de dépôt. De plus, la marge nord est en fait en affaissement; en opposition au Péloponnèse, qui se soulève ( [Armijo et al. , 1996](#) ;[Bell et coll. , 2009](#) ; [Rohais et Moretti, 2017](#) ). Ainsi, les dépôts sédimentaires récents du golfe de Corinthe ne sont exposés qu'à l'extérieur, à l'est et au sud du golfe. Les faciès poreux observés - les différents grès et le floatstone marin - pourraient provenir de cette région. Comme le commerce de la pierre a déjà été prouvé avec le faciès de pierre à grain oolithique, d'autres matériaux pourraient être transportés par bateau. Cependant, aucune preuve n'a été fournie à ce jour; une étude plus approfondie des dépôts sédimentaires doit être menée.

Enfin, le seul gisement stromatolitique connu dans la région est observé le long de la côte de la péninsule de Perachora, dans l'isthme de Corinthe. L'hypothèse est que les faciès sédimentaires observés dans le sanctuaire de Delphes peuvent alors provenir de cet endroit. Des gisements locaux de travertin sont également situés dans les environs de Pellene et Zemenon, à la frontière sud du golfe de Corinthe ( [Gawthorpe et al. , 2018](#) ); Pellene est situé sur la terre ferme mais il a un ancien port sur la côte (voir [Fig. 1](#) pour les emplacements des différents endroits mentionnés).

**Fig. 11**

Exploitation régionale. A. Fontaine de Glaucé, à l'ancienne Corinthe, construite directement dans la dune oolithique (5 mètres de haut); la stratification oblique peut être observée; derrière se trouve une colonne du temple Apollo de l'ancienne Corinthe, qui est un monolithe également construit dans une dune oolithique. B. Carrière d'Examilia, à l'est de Corinthe, montrant des marques d'outils d'extraction et connue pour avoir été exploitée à l'époque antique; le faciès est similaire à celui observé sur le site archéologique de l'ancienne Corinthe, la stratification est également clairement marquée. Voir la [figure 1](#) pour l'emplacement.



### 3.3 Utilisation

Sur la base des descriptions macro et microscopiques des matériaux de construction, une carte lithologique du sanctuaire d'Apollo a été produite ( [Fig. 12](#) ). Il affiche les pierres de construction restées en place - les dommages causés par le temps, les destructions ou les réinvestissements ont eu un impact sur cet instantané, et la majeure partie du volume de pierre est manquante, c'est la principale limite du document. Cette carte est de résolution relativement faible, car seule la lithologie principale utilisée dans chaque bâtiment est présentée. Par exemple, le temple d'Apollon ici est représenté comme composé uniquement de calcaire Profitis Ilias; en réalité, les fondations sont en brèche de pente, marbre et pierre à grain oolithique, le sol en pierre calcaire Profitis Ilias, les colonnes en pierre à grain oolithique - montrant son histoire complexe.

Tous les monuments mentionnés dans la description suivante, à l'exception du stade qui s'étend à l'extérieur du sanctuaire d'Apollo, sont situés sur la [figure 12](#) .

Les calcaires du Parnasse correspondent à 25% des matériaux de construction du site archéologique: ils ont été principalement utilisés pour la construction du stade et du théâtre. Ces deux monuments sont parmi les plus grands du complexe, ils représentent donc un très grand volume de matériaux. De plus, quelques fondations de calcaires de Parnasse sont éparpillées dans le sanctuaire, comme le Trésor de Siphnos. Ensuite, le calcaire rose représente le deuxième faciès de pierre principal avec une proportion également de 25%. Il a été utilisé dans de nombreuses circonstances différentes: pour le peribolos - l'enceinte sacrée du sanctuaire d'Apollon - ou le mur polygonal. Le calcaire Profitis Ilias représente 15% des pierres de Delphes et

est largement utilisé dans le temple Apollo du 4ème siècle avant JC, la niche des rois Argos et plusieurs bases de statues. Finalement,

Certaines lithologies sont presque exclusivement associées à un monument, et elles correspondent la plupart du temps au faciès allochtone. Le grès à gros grains (P3) n'est utilisé que dans le Trésor des Béotiens, et le grès bioclastique (P2) dans le Trésor X et le soi-disant Bouleuterion, deux monuments qui n'avaient rien de commun à l'origine. Le travertin moderne (P5) est observé dans les fondations du Trésor de Thèbes, et le travertin rouge (P6) uniquement dans le sanctuaire d'Athéna (non représenté sur la carte lithologique). Enfin, la pierre flottante marine (P7) est observée dans le Bastion des Mégariens (ainsi que quelques blocs solitaires éparpillés dans le sanctuaire), et du grès (P4) dans les fondations du Trésor de Sicyon, comme blocs réemployés.



Fig. 12

Carte lithologique du sanctuaire Apollo de Delphes; chaque couleur représente l'un des faciès décrits dans cet article, à l'exception de la borne rouge qui n'était pas employée dans le sanctuaire d'Apollon mais seulement dans le sanctuaire d'Athéna. Carte de base modifiée depuis [Bommelaer et Laroche, 1991](#).

## 4. Discussion

Le choix des matériaux de construction a évolué avec le temps: la transition du bois à la pierre aux 7e et 6e siècles avant JC est l'une des plus grandes réalisations de la construction monumentale ( [Lawrence, 1996](#)). Mais l'utilisation d'un type précis de pierres dans la construction est envisagée en fonction de nombreux facteurs différents qui doivent encore être mieux compris. De plus, la même pierre n'a pas été utilisée de la même manière tout au long des siècles. Il est bien connu qu'il a évolué au cours des temps, à mesure que de nouvelles carrières ont été découvertes et ouvertes, ou des technologies avancées ont permis le transport sur de plus grandes distances; mais le contexte politique et la situation financière - l'environnement social - ont également joué un rôle dans le choix des matériaux de construction. Enfin, l'aspect géotechnique des pierres - leur dureté, leurs propriétés capillaires, leur capacité à être polies, à résister à la compression ou aux intempéries - semblait être connu des anciens constructeurs.

Dans le cas du Sanctuaire de Delphes, la discussion abordera brièvement certains de ces aspects, confrontera les nouvelles données géologiques à l'histoire de Delphes et soulèvera des questions et des hypothèses à partir de ces observations. Ils semblent pertinents pour le sanctuaire Apollo car les sponsors sont venus de toute la Grèce pour construire des offrandes et des trésors dans l'un des sanctuaires les plus importants de l'époque; on peut prévoir que les limitations économiques n'étaient pas le seul facteur dans le choix de la pierre.

Les plus anciens trésors inconnus - ou *oikos* - du sanctuaire d'Apollon sont étonnamment construits en pierre à grain oolithique. Ils correspondent aux petites structures coupées par le mur polygonal (qui a été construit à la fin du 6ème siècle), les trésors du théâtre, ainsi que le trésor de Corinthe (voir [Fig.12](#) pour les emplacements) ([Laroche et Nenna, 1993](#)). Ils sont très similaires aux faciès utilisés dans le temple d'Apollon du 4ème siècle avant JC - ils peuvent donc également provenir de Corinthe. En tout cas, ils ne sont pas locaux. Seuls de petits restes des fondations de ces *oikos* ont été conservés, et presque aucune information sur l'élévation. Une hypothèse est alors que les pierres de Corinthe ont été utilisées avant le VIe siècle avant JC, très tôt dans l'histoire de Delphes.

Après la construction de l'ancien temple d'Apollon, sa destruction et le réinvestissement de ses pierres de construction pour le nouveau temple, la terrasse du mur au-dessus (l' *iskhegaon* ), et quelques autres monuments, au 4ème siècle, le faciès oolithique en pierre de grain était nettement moins employé. Ainsi, une nouvelle tendance a été notée: l'utilisation de la brèche de pente est devenue plus prédominante, car elle n'était pas du tout utilisée, ou en très petite quantité, auparavant. Par exemple, la terrasse de l'Attale a été construite au IIe siècle avant JC presque entièrement en brèche de pente. Il semble que les pierres importées étaient utilisées pour la première fois, puis les pierres locales. Il est également en contradiction avec l'idée que l'Ancien a probablement dû extraire la brèche de pente pour créer des terrasses au 5ème siècle avant JC, mais son utilisation en construction apparaît plus tard.

Concernant l'aspect géotechnique, la densité est une caractéristique cruciale pour le transport mais aussi pour la construction - intuitivement, on peut s'attendre à des pierres plus légères au deuxième étage d'un immeuble. Cependant, dans le cas des calcaires de Delphes, ils ont tous une densité très similaire - entre 2,65 et 2,68 g / cm<sup>-3</sup>. Il semble que le choix se fonde sur d'autres caractéristiques qui doivent être évaluées.

En général, il n'y a pas de lien clair entre la nature de la pierre de construction et le dédicateur du monument: les *pôros* peuvent tous provenir de la frontière sud du golfe de Corinthe, mais pas le dédicateur. Mais certains *pôros* ont été employés dans un seul bâtiment ( *par exemple* le grès à gros grains, P3, dans le Trésor

des Béotiens): l'explication la plus rationnelle est que les constructeurs ont apporté cette pierre spécifique pour la construction, comme ce fut le cas pour marbres ( [Martin, 1965](#) ).

Enfin, les observations sur le site soutiennent l'hypothèse que les carrières de Profitis Ilias ont été ouvertes pour la construction du nouveau temple Apollo ( [Amandry, 1981](#) ). Il semble que ce calcaire n'ait été utilisé que dans les monuments construits à la même époque ou après le début de la construction du temple d'Apollon (voir [Fig.12](#) pour le plan lithologique du sanctuaire: le bleu représente le calcaire de Profitis Ilias).

## 5. Conclusion

Cette étude nous a permis de mettre en évidence une diversité inattendue de matériaux de construction utilisés dans le sanctuaire de Delphes. Au total, douze faciès sédimentaires différents ont été décrits: quatre calcaires du Parnassus Nappe, une brèche de talus récente, et sept faciès dits *póros*, que l'on peut définir comme des dépôts sédimentaires poreux récents. La reconnaissance des différentes lithologies nous a permis de tirer des conclusions et des hypothèses sur leur utilisation dans le site archéologique et leur provenance.

La majorité des pierres de construction ont été extraites localement mais Delphi montre une quantité inhabituelle de matériaux importés (environ 15%). Des provenances précises sont encore à l'étude, mais les faciès poreux peuvent être liés aux dépôts sédimentaires du Pléistocène de la marge sud-est du golfe de Corinthe où les mêmes lithologies ont été observées: grain de pierre oolithique à Corinthe; formation de stromatolites à Perachora; travertin à Pellène. D'autres critères devraient être analysés pour valider ou invalider ces hypothèses, en utilisant par exemple des méthodes analytiques non intrusives et portables. Connaître l'origine des pierres peut être important pour les processus de restauration et de conservation des monuments.

Les premières étapes de cette étude soutiennent l'hypothèse que les pierres, même celles qui sont plus courantes et accessibles que les billes, doivent avoir été choisies pour des raisons précises par les constructeurs, même si l'objectif exact n'est pas encore clair - l'influence du coût, les aspects politiques et géotechniques doivent être évalués.

## Remerciements

Ce travail a été soutenu financièrement et matériellement par l'Ecole Française d'Athènes et les auteurs remercient avec gratitude l'Ephorie des Antiquités de Phokis pour l'autorisation de travailler sur le site archéologique. Nous remercions Sylvie Bourquin, Univ. Rennes, CNRS, Géosciences Rennes, qui a supervisé le travail de maître de R. Gastineau; Claire Bossennec et Yves Geraud, ENSG à Nancy, pour leur aide aux mesures pétrophysiques; Luigi Piccardi, Conseil national italien de la recherche; Lionel Fadin, topographe à l'École française d'Athènes; et tous les archéologues pour leur soutien et leur intérêt pour la géologie.

## Les références

Amandry P. 1981. Chronique delphique. *Bulletin de Correspondance Hellénique* 105 (2): 673–769.

[\[Google Scholar\]](#)

Amandry P, Hansen E. 2010. Topographie et architecture. Le temple d'Apollon du IVe siècle. de Boccard, Paris: Fouilles de Delphes. [\[Google Scholar\]](#)

Antonelli F, Lazzarini L. 2015. Une base de données de référence pétrographique et isotopique mise à jour pour les billes blanches utilisées dans l'Antiquité. *Rendiconti Lincei* 26 (4): 399–413. [\[CrossRef\]](#)

[\[Google Scholar\]](#)

Armijo R, Meyer B, King GCP, Rigo A, Papanastassiou D. 1996. L'évolution quaternaire du rift de Corinthe et ses implications pour l'évolution du Cénozoïque tardif de la mer Égée. *Geophysical Journal International* 126 (1): 11–53. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Attanasio D, Armiento G, Brilli M, Emanuele MC, Platania R, Turi B. 2000. Déterminations de provenances de marbre multi-méthodes: Les marbres de Carrare comme étude de cas pour l'utilisation combinée de données isotopiques, de résonance de spin électronique et pétrographiques. *Archéométrie* 42 (2): 257–272. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Bell RE, McNeill LC, Bull JM, Henstock TJ, Collier REL, Leeder MR. 2009. Architecture des failles, structure du bassin et évolution du golfe de Corinthe Rift, Grèce centrale. *Basin Research* 21 (6): 824–855.

[\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Bolli HM. 1951. Le genre *Globotruncana* à Trinidad. *Journal of Paleontology* 25 (2): 187-199. [\[Google Scholar\]](#)

Bommelaer JF, Laroche D. 1991. Guide de Delphes. Le Site, 1ère éd. École Française d'Athènes, Sites et monuments, 278 p. [\[Google Scholar\]](#)

Bommelaer JF, Laroche D. 2016. Guide de Delphes. Le Site, 2e éd. École Française d'Athènes, Sites et monuments, 332 p. [\[Google Scholar\]](#)

Bouleugon V. 2016. Caractéristiques et distribution des microbialites dans le golfe de Corinthe, Grèce. Mémoire de maîtrise, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 52 p. [\[Google Scholar\]](#)

Bousquet J. 1942. Delphes. Comptes du IVe siècle. *Bulletin de Correspondance Hellénique* 66 (1): 84-123. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Brun JP, Sokoutis D. 2007. Cinématique du complexe central des rhodopes du sud (Grèce du Nord). *Journal international des sciences de la terre* 96 (6): 1079-1099. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Carras N. 1995. La forme de plaque carbonatée du Parnasse au Jurrassique supérieur - Crétacé précoce: Stratigraphie et évolution de la Paléogéographie. Thèse, Université d'Athènes, 232 p. [\[Google Scholar\]](#)

Collier REL, Thompson J. 1991. Dunes transversales et linéaires dans une séquence marine du Pléistocène supérieur, Bassin de Corinthe, Grèce. *Sedimentology* 38 (6): 1021-1040. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Cushman JA. 1926. Quelques foraminifères du schiste de Mendez dans l'est du Mexique. *Contributions de la Cushman Foundation for Foraminiferal Research* 2 (1): 16-24. [\[Google Scholar\]](#)

Dalbiez F. 1955. Le genre *Globotruncana* en Tunisie. *Micropaleontology* 1 (2): 161-171. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

de La Coste-Messelière P. 1969. Topographie de Delphes. *Bulletin de Correspondance Hellénique* 93 (2): 730-758. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Dercourt J, Zonenshain LP, Ricou LE, Kazmin VG, Le Pichon X, Knipper AL, *et al.* 1986. Évolution géologique de la ceinture téthys de l'Atlantique au Pamir depuis le Lias. *Tectonophysics* 123: 241-315. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Déroche V, Mandi V, Maniatis Y, Nikolaou A. 1989. Identification de marbres antiques à Delphes. *Bulletin de Correspondance Hellénique* 113 (1): 403-416. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Doutsos T, Koukouvelas IK, Xypolias P. 2006. Un nouveau modèle orogénique pour les Hellénides Externes. *Geological Society, Londres, Publications spéciales* 260 (1): 507-520. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Le juge Fleury. 1980. Les Zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos: Grèce Continentale et Péloponnèse du Nord. Évolution d'une plaque-forme et d'un bassin dans leur cadre Alpin. Thèse, Lille 1. [\[Google Scholar\]](#)

Ford M, Rohais S, Williams EA, Bourlange S, Jousset D, Backert N, *et al.* 2013. Évolution tectono-sédimentaire du rift occidental de Corinthe (Grèce centrale). *Basin Research* 25 (1): 3-25. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Ford M, Hemelsdaël R, Mancini M, Palyvos N. 2017. Migration du rift et propagation latérale: évolution des failles normales et des systèmes d'acheminement des sédiments du rift occidental de Corinthe (Grèce). *Geological Society, Londres, Publications spéciales* 439 (1): 131-168. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Gawthorpe RL, Leeder MR, Kranis H, Skourtsos E, Andrews JE, Henstra GA, *et al.* 2018. Évolution tectono-sédimentaire du rift de Corinthe Plio-Pléistocène, Grèce. *Basin Research* 30 (3): 448–479. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Gielisch H. 1993. Séquences de carbonates de lagune à marée du Jurassique supérieur / Crétacé inférieur dans la zone corinthienne: blocs Melange de la zone Parnassus. *Bulletin de la Société géologique de Grèce* 28 (3): 662–676. [\[Google Scholar\]](#)

Gregou S, Solakius N, Pomoni-Papaioannou F. 1994. La transition carbonate-flysch (fin Maastrichtien-Paléocène tardif) dans la séquence Arachova de la zone Parnasse-Ghiona, Grèce centrale. *Geological Magazine* 131 (6): 819–836. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Hansen. 2000. Delphes et le travail de la pierre. Dans: Jacquemim A, éd. *Delphes cent et après la Grande Fouille. Essai de bilan. Actes du colloque organisé par l'EFA, 17–20 septembre, 1992*, pp. 201–213. [\[Google Scholar\]](#)

Hayward CL. 1996. Détermination de la provenance à haute résolution de la pierre de construction: étude préliminaire des carrières de calcaire oolitique corinthien à Examilia. *Geoarchaeology* 11 (3): 215–234. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Hayward CL. 2003. La géologie de Corinthe: étude d'une ressource de base. Dans: Williams CK, Bookidis N, eds. *Corinthe XX. Le centenaire, 1896–1996*, Athènes, pp. 15–42. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Hayward CL. 2013. Exploitation de la pierre corinthienne et interprétation des comptes inscrits sur les bâtiments. Dans: Kissas K, Niemeier WD, eds. *La Corinthe et le nord-est du Péloponnèse: topographie et histoire depuis la préhistoire jusqu'à la fin de l'Antiquité*. München: Hirmer Verlag, pp. 63–78. [\[Google Scholar\]](#)

Hellmann MC. 1999. Choix d'inscriptions architecturales grecques, traduites et commentées. MOM, Lyon: Travaux de la Maison de l'Orient Méditerranéen, 132 p. [\[Google Scholar\]](#)

Jacquemin A. 2000. Les Offrandes Monumentales à Delphes. De Boccard, BEFAR, 434 p. [\[Google Scholar\]](#)

Jockey P, Association pour l'étude du marbre et d'autres pierres utilisées dans l'Antiquité et Symposium international (éds). 2011. *Leukos lithos: marbres et autres roches de la Méditerranée antique: études interdisciplinaires [Etudes interdisciplinaires sur le marbre et les pierres antiques méditerranéennes]*. Editions Karthala, Maison méditerranéenne des sciences de l'homme, 998 p. [\[Google Scholar\]](#)

Jolivet L, Brun JP. 2010. Évolution géodynamique cénozoïque de la mer Égée. *Journal international des sciences de la terre* 99 (1): 109–138. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Jolivet L, Menant A, Sternai P, Rabillard A, Arbaret L, Augier R, *et al.* 2015. Signature géologique d'une déchirure de dalle sous la mer Égée. *Tectonophysics* 659: 166–182. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Keller BM. 1946. Foraminifères des dépôts du Crétacé supérieur de la région de Sotchi. *Byulletin Moskovskogo Obschestva Ispytateley Prirody, Otdel Geologicheskij* 21: 83–108. [\[Google Scholar\]](#)

Kissel C, Laj C. 1988. L'évolution géodynamique tertiaire de l'arc égéen: une reconstruction paléomagnétique. *Tectonophysics* 146 (1): 183–201. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Laroche D, Nenna MD. 1993. Études sur les trésors en poros à Delphes. *Publications de l'Institut Français d'Études Anatoliennes* 3 (1): 227–245. [\[Google Scholar\]](#)

Lawrence AW. 1996. Greek Architecture, 5e éd. Yale University Press, The Yale University Press Pelican History of Art Series, 264 p. [\[Google Scholar\]](#)

Lolos YA. 2002. Un tambour à colonne publique d'une carrière corinthienne. *Hesperia: Le Journal de l'École Américaine d'Études Classiques à Athènes* 71 (2): 201–207. [\[CrossRef\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

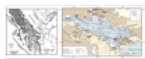
- Maniatis Y, Mandi V, Nikolaou A. 1988. Recherche de provenance des billes de Delphes avec spectroscopie ESR. Dans: Herz N, Waelkens M, eds *Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade*. Dordrecht: Springer Pays-Bas, pp. 443–452. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Martin R. 1965. Manuel d'architecture Grecque. I: Matériaux et Techniques. Paris: A. et J. Picard, 522 p. [[Google Scholar](#)]
- Menant A, Jolivet L, Vrielynck B. 2016. Reconstructions cinématiques et évolution magmatique éclairant la dynamique crustale et du manteau de la région de la Méditerranée orientale depuis le Crétacé supérieur. *Tectonophysics* 675: 103-140. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Mettos A, Rondoyanni T, Ioakim C. 2009. Reconsidération de la relation structurelle entre les zones géotectoniques Parnasse-Ghiona et Vardoussia en Grèce centrale. *Journal international des sciences de la terre* 98 (8): 1927–1934. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Moretti I, Sakellariou D, Lykousis V, Micarelli L. 2003. Le golfe de Corinthe: un demi graben actif? *Journal of Geodynamics* 36 (1): 323–340. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Morris A, Anderson M. 1996. Premiers résultats paléomagnétiques du Massif cycladique, Grèce, et leurs implications pour les directions d'extension du Miocène et les modèles tectoniques dans la mer Égée. *Lettres* 142 (3) de la *Terre et de la science planétaire*: 397–408. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Nirta G, Moratti G, Piccardi L, Montanari D, Carras N, Catanzariti R, et al. 2018. De l'obduction à la collision continentale: nouvelles données de la Grèce centrale. *Geological Magazine* 155 (2): 377–421. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Nixon CW, McNeill LC, Bull JM, Bell RE, Gawthorpe RL, Henstock TJ, et al. 2016. Variations spatio-temporelles rapides de la structure du rift pendant le développement du rift de Corinthe, Grèce centrale. *Tectonics* 35 (5): 1225-1248. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Ori GG. 1989. Histoire géologique du bassin d'extension du golfe de Corinthe (? Miocène-Pléistocène), Grèce. *Geology* 17 (10): 918–921. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Palagia O, Herz N. Enquête sur les marbres à Delphes. Dans: Herrmann N, Newman R, eds. *ASMOSIA V: Études interdisciplinaires sur les pierres anciennes*. Boston: Archetype Publications, 2002, pp. 240–249. [[Google Scholar](#)]
- Papageorgakis J, Kolaiti E. 1992. Les anciennes carrières de calcaire de Profitis Elias près de Delfi (Grèce). Dans: Waelkens M, Herz N, Moens L, eds. *Pierres anciennes: extraction, commerce et provenance. Études interdisciplinaires sur les pierres et la technologie de la pierre en Europe et au Proche-Orient de la préhistoire à la période paléochrétienne*. Leuven University Press, pp. 37–39. [[Google Scholar](#)]
- Papanikolaou DJ, Royden LH. 2007. Perturbation de l'arc hellénique: failles de détachement d'extension du Miocène tardif et failles normales pliocène-quaternaires raides - Ou que s'est-il passé à Corinthe? *Tectonique* 26 (5). [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Perrier A. 2019. La réorganisation de l'espace du sanctuaire d'Apollon à Delphes au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Dans: Montel S, Pollini A, eds. *La question de l'espace Au IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C. dans les mondes grecs et étrusco-italique: continuités, ruptures, reprises*. Presses universitaires de Franche-Comté, Institut des sciences techniques de l'Antiquité, pp. 71–91. [[Google Scholar](#)]
- Piccardi L. 2000. Faillage actif à Delphes, Grèce: remarques sismotectoniques et hypothèse pour l'environnement géologique d'un mythe. *Geology* 28 (7): 651–654. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Piccardi L, Monti C, Vaselli O, Tassi F, Gaki-Papanastassiou K, Papanastassiou D. 2008. Parfum d'un mythe: tectonique, géochimie et géomythologie à Delphes (Grèce). *Journal of the Geological Society* 165 (1): 5–18. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Plummer HJ. 1927. Foraminifères de la formation de Midway au Texas. *Bulletin de l'Université du Texas* 2644: 1–206. [[Google Scholar](#)]

- Pomoni-Papaioannou F. 1994. Reconstruction paléoenvironnementale d'une séquence de dépôt condensée de type hardground au contact Crétacé-Tertiaire dans la zone Parnasse-Ghiona, Grèce centrale. *Géologie sédimentaire* 93 (1): 7–24. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Ricou LE. 1994. Téthys reconstruit: plaques, fragments continentaux et leurs frontières depuis 260 Ma de l'Amérique centrale à l'Asie du Sud-Est. *Geodinamica Acta* 7 (4): 169–218. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Ricou LE, Dercourt J, Geyssant J, Grandjacquet C, Lepvrier C, Biju-Duval B. 1986. Contraintes géologiques sur l'évolution alpine de la Méditerranée Téthys. *Tectonophysics* 123 (1): 83-122. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Rohais S, Moretti I. 2017. Architecture structurale et stratigraphique du Rift de Corinthe (Grèce): une synthèse intégrée à l'échelle du bassin onshore à offshore. Dans: Roure F, Amin AA, Khomsi S, Al Garni MAM, eds. *Dynamique de la lithosphère et bassins sédimentaires de la plaque arabique et des zones environnantes*. Cham: Springer International Publishing, *Frontiers in Earth Sciences*, pp. 89-120. [[Google Scholar](#)]
- Rohais S, Eschard R, Ford M, Guillocheau F, Moretti I. 2007. Architecture stratigraphique du remplissage plio-pléistocène du rift de Corinthe: implications pour son évolution structurale. *Tectonophysics* 440: 5–28. DOI: [10.1016/j.tecto.2006.11.006](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.11.006). [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Roux G. 1966. Les Comptes du IV<sup>e</sup> siècle et la reconstruction du Temple d'Apollon à Delphes. *Revue Archéologique* 2: 245-296. [[Google Scholar](#)]
- Royden LH, DJ de Papanikolaou. 2011. Segmentation de la dalle et perturbation cénozoïque tardive de l'arc hellénique. *Géochimie, géophysique, géosystèmes* 12 (3). [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- şengör AMC, Yilmaz Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75 (3): 181–241. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Solakius N, Kati M. 2001. La distribution paléogéographique des stromatolites dans la zone de Parnasse, Grèce centrale, du début au moyen Paléocène. *Bulletin de la Société géologique de Grèce* 34 (2): 779–783. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Solakius N, Carras N, Mavridis A, Pomoni-Papaioannou F, Gregou S. 1998. Stratigraphie planctonique planctonique du Crétacé supérieur au paléocène précoce de la séquence d'Agios Nikolaos, zone Parnassus-Ghiona, Grèce centrale. *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας* 32 (2): 13–20. [[Google Scholar](#)]
- Taylor B, Weiss JR, Goodliffe AM, Sachpazi M, Laigle M, Hirn A. 2011. Les structures, la stratigraphie et l'évolution du rift du golfe de Corinthe, Grèce. *Geophysical Journal International* 185 (3): 1189–1219. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Valkaniotis S, Papathanasiou G, Pavlidis S. Faillage actif et rupture de pente induite par un tremblement de terre dans des sites archéologiques: étude de cas de Delphes, Grèce. Dans: Grützner C, Fernandez Steeger T, Papanikolaou I, *et al.*, eds. *Actes, 2e atelier international INQUA-IGCP567 sur la tectonique active, la géologie, l'archéologie et l'ingénierie des tremblements de terre*, 2011. [[Google Scholar](#)]
- van Hinsbergen DJJ, Hafkenscheid E, Spakman W, Meulenkamp JE, Wortel R. 2005. Empilement de nappe résultant de la subduction de la lithosphère océanique et continentale sous la Grèce. *Geology* 33 (4): 325–328. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Waelkens M, Herz N, Moens L. (éd.). 1992. *Pierres anciennes: extraction, commerce et provenance: Études interdisciplinaires sur les pierres et la technologie de la pierre en Europe et au Proche-Orient de la préhistoire à la période paléochrétienne*. Presse universitaire de Louvain. [[Google Scholar](#)]
- MP blanc. 1928. Certains index Foraminifera de la zone d'embalement de Tampico au Mexique. *Journal of Paleontology* 2 (3): 177–215. [[Google Scholar](#)]
- Zambetakis-Lekkas A, Provia C, Stamatakis M, Adamopoulou V. La contribution de la biostratigraphie à l'identification de l'origine des pierres de construction utilisées dans le passé. Un exemple des carrières

Citez cet article comme suit : de Vals M, Gastineau R, Perrier A, Rubi R, Moretti I. 2020. Les pierres du sanctuaire de Delphes - Rive nord du golfe de Corinthe - Grèce, *BSGF - Earth Sciences Bulletin* 191: 11.

## Tous les chiffres

Fig. 1



À gauche: carte globale de la Grèce montrant le cadre géodynamique du golfe de Corinthe (GdC) avec les différentes nappes composant les Hellénides externes (nuances de gris) et internes (blanches). Le bleu correspond au Parnassus Nappe. GoA: golfe d'Argolikos; GoE: golfe d'Eubée; SB: limite de subduction; NAF: North Anatolian Fault (modifié de [Rohais et Moretti, 2017](#)). À droite: zoom sur le golfe de Corinthe, montrant les principaux emplacements mentionnés dans le texte, et les zones correspondant aux colonnes stratigraphiques (Log A, B, C et D) présentées sur la [figure 2](#) (modifiée de [Moretti et coll., 2003](#)).

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 2



A. Colonne stratigraphique synthétique du Parnasse Nappe dans la région de Delphes (modifiée de [Fleury, 1980](#); [Gielisch, 1993](#); [Carras, 1995](#); [Nirta et coll., 2018](#)). Formations sédimentaires récentes situées sur la côte sud du golfe de Corinthe. B. Section composite de la zone Dervini-Evrostini ([Rohais et coll., 2007](#)). C. Bûche sédimentaire de la terrasse du Vieux Corinthe ([Collier et Thompson, 1991](#); [Armijo et coll., 1996](#)). D. Section synthétique de la péninsule de Perachora (D) ([Bouleugon, 2016](#)). Voir la [figure 1](#) pour les emplacements.

[↑ Dans le texte](#)

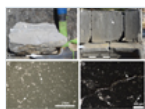
Fig. 3



Le site archéologique de Delphes. A. Vue aérienne de la vallée du Pléistos où se trouve Delphi, avec les principales villes, carrières et toponymes, et les deux failles principales (Google Earth). B. Carte du complexe archéologique avec le sanctuaire Apollo en vert et les vestiges romains en rouge; 5 mètres entre les courbes de niveau (modifié de [Bommelaer et Laroche, 2016](#)). C. Photo du temple d'Apollon sur le sanctuaire, debout près du mur suspendu de la faille Arachova-Delphi-Amphissa.

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 4

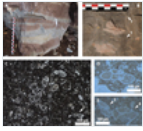


Calcaire Profitis Ilias. A. Échantillon de calcaire de la carrière Profitis Ilias, présentant sa couleur naturelle gris clair et ses joints stylolitiques (1). B. Blocs de calcaire Profitis Ilias utilisés dans le sanctuaire Apollo. Les joints stylolites sont toujours visibles malgré sa patine gris foncé. C. Vue microscopique montrant *Globotruncana arca* ([Cushman, 1926](#)) (2) et *Globigerina* (3) dans un ciment micritique. D. Spécimen de *Globotruncana arca* ([Cushman, 1926](#)) (2), une articulation stylolitique (1), une calcisphère (4).

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 5





Calcaire rose. A. Affleurement de la carrière moderne d'Arachova, à 12 km à l'est de Delphes ( Fig. 3 pour l'emplacement), montrant la variation de couleur de la roche; des joints stylolitiques sont également présents mais non visibles sur cette photo. B. Bloc de calcaire rose utilisé dans le sanctuaire d'Apollo présentant plusieurs joints stylolitiques (1). C. Vue microscopique montrant les nombreux foraminifères en micrite. *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer, 1927 ) (2). D. *Globotruncanella pschadae* (Keller, 1946 ). E: *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli, 1951 ) (3); *Globotruncana ventricosa* (Blanc, 1928 ) (4). Les rectangles rouges, blancs et noirs sur l'échelle représentent 1 cm.

[↑ Dans le texte](#)

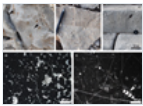
Fig. 6



Calcaire rudiste. A. Bloc de calcaire rudiste (1) utilisé dans le sanctuaire de Delphes. B. Affleurement de calcaire massif à coquilles rudistes entières (1) et spécimen de la famille des Hippurites (2). C. Vue microscopique montrant un fragment recristallisé de rudiste (3) dans un ciment micritique. D. Vue microscopique montrant un spécimen de Miliolidae (4).

[↑ Dans le texte](#)

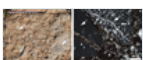
Fig. 7



Calcaires de Parnasse. A. Affleurement observé près de la carrière du stade montrant des oncoïdes centimétriques (1) et des microkarsts (2). B. Échantillon observé près de la carrière du stade montrant les deux sous-faces observées dans le massif du Parnasse. Le stylo mesure 12 cm de long. C. Bloc de calcaire de Parnasse utilisé dans le sanctuaire d'Apollo montrant un degré élevé de karstification avec des microkarsts (2). D. Vue microscopique montrant une sous-face des calcaires du Parnasse: un grain de pierre oolithique (3). E. Vue microscopique d'une sous-face de calcaires de Parnasse: un wackestone composé de granulés et de restes biologiques dans un ciment micritique (4).

[↑ Dans le texte](#)

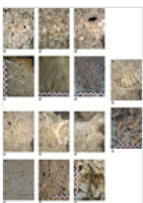
Fig. 8



Breccia. A. Bloc de brèche utilisé dans le sanctuaire Apollo; la taille des clastes varie de quelques centimètres à 30 centimètres; des clastes des deux sous-faces des calcaires du Parnasse peuvent être observés (1 pour le wackestone, 2 pour le grain oolithique). B. Vue microscopique montrant les clastes de calcaire (1 pour le wackestone, 2 pour le grain oolithique) dans une matrice d'argile. Les rectangles rouges, blancs et noirs sur l'échelle représentent 1 cm.

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 9



Vues macroscopiques (A) et microscopiques (B) des différents pôros observés sur le site archéologique de Delphes. Des vues microscopiques (B) ont été obtenues à l'aide du microscope portable. Les rectangles rouges, blancs et noirs à l'échelle sont de 1 cm. P1: grainstone oolithique composé d'oolithes micrométriques (1); P2: pierre à grains bioclastique avec section de crinoïde (2); P3: grès à gros grains avec galets (3) et fragments de coquille (4); P4: grès avec quartz angulaire et feldspath; P5: travertin moderne et son éclat incrusté; P6: borne rouge; P7: floatstone marin avec empreintes de coquillages (5) et coquilles de bivalves (6).

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 10

Une exploitation locale. A. Marques d'extraction observées au sommet d'un rocher tombé de la falaise au-dessus de Delphes. B. Repère de l'outil d'extraction observé



au pied de la faille principale, à une centaine de mètres à l'ouest du sanctuaire Apollo. C. Stadium Quarry, situé juste au-dessus du stade. D. Les anciennes carrières de Profitis Ilias, à 5 km à l'ouest de Delphes. E. Localisation des sites d'extraction.

[↑ Dans le texte](#)

Fig. 11

Exploitation régionale. A. Fontaine de Glauke, à l'ancienne Corinthe, construite directement dans la dune oolithique (5 mètres de haut); la stratification oblique peut être observée; derrière se trouve une colonne du temple Apollo de l'ancienne Corinthe, qui est un monolithe également construit dans une dune oolithique. B. Carrière d'Examilia, à l'est de Corinthe, montrant des marques d'outils d'extraction et connue pour avoir été exploitée à l'époque antique; le faciès est similaire à celui observé sur le site archéologique de l'ancienne Corinthe, la stratification est également clairement marquée. Voir la [figure 1](#) pour l'emplacement.



[↑ Dans le texte](#)

Fig. 12

Carte lithologique du sanctuaire Apollo de Delphes; chaque couleur représente l'un des faciès décrits dans cet article, à l'exception de la borne rouge qui n'était pas employée dans le sanctuaire d'Apollo mais seulement dans le sanctuaire d'Athéna. Carte de base modifiée depuis [Bommelaer et Laroche, 1991](#).



[↑ Dans le texte](#)

## BSGF - Bulletin des sciences de la Terre

Rédacteur en chef: Laurent JOLIVET - [Comité de rédaction](#)

ISSN: 0037-9409 - eISSN: 1777-5817

© SGF ( [Société Géologique de France](#) )

