

APPROCHE GÉNÉRALE DU SITE

Situation

Situé dans le département du Lot, le Gouffre de Padirac est classé premier site du patrimoine souterrain français. Il est considéré comme l'une des plus grandes curiosités géologiques de France. C'est une cavité naturelle d'un diamètre moyen de 35 m, d'une profondeur de 75 m, au fond de laquelle coule, à 103 m de profondeur, une rivière souterraine.

DOC 1 Localisation de Padirac

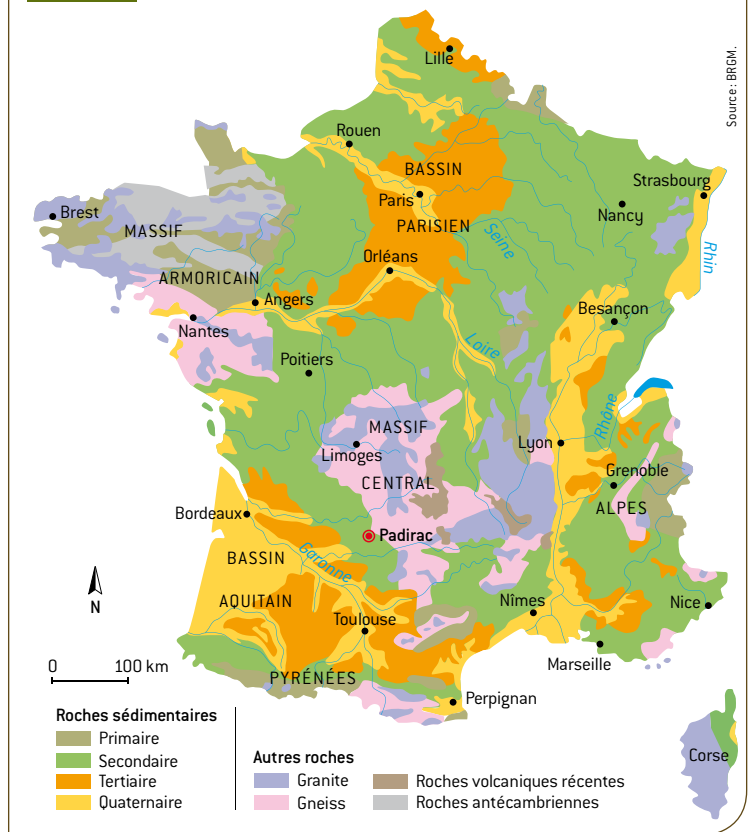


DOC 3 Échelle stratigraphique simplifiée

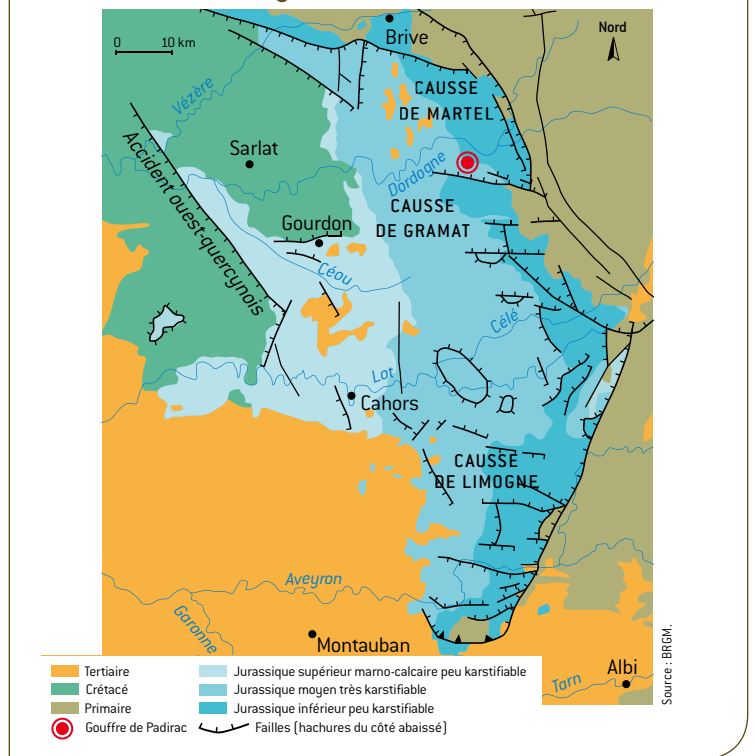
Ère	Période	Époque	Étage	Âge (en Ma)	
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène	Supérieur	-0,01	
			Moyen	-0,13	
		Pléistocène	Calabrien	-0,78	
			Gélasien	-1,8	
	Tertiaire	Néogène	Pliocène	Sup.	-2,6
				Inf.	-3,6
			Miocène	Sup.	-5,3
				Inf.	-11,6
		Paléogène	Oligocène	Sup.	-7,2
				Moy.	-11,6
				Inf.	-13,8
			Éocène	Sup.	-16
				Moy.	-20,4
				Inf.	-23
	Mésozoïque ou secondaire	Crétacé	Supérieur	Chattien	-27,8
				Rupélien	-33,9
				Priabonien	-37,8
				Bartonien	-41,2
				Lutézien	-47,8
			Inférieur	Yprésien	-56
Thanétien				-59,2	
Sélandien				-61,6	
Danien				-66	
Maastrichtien				-72,1	
Jurassique	Supérieur	Campanien	-83,6		
		Santonien	-86,3		
		Coniacien	-89,8		
		Turonien	-93,9		
		Cénomaniens	-100,5		
	Moyen	Albien	-113		
		Aptien	-125		
		Barrémien	-129,4		
		Hauterivien	-132,9		
		Valanginien	-139,8		
Inférieur	Berriasien	-145			
	Tithonien	-152,1			
	Kimméridgien	-157,3			
	Oxfordien	-163,5			
	Callovien	-166,1			
Trias	Supérieur	Bathonien	-168,3		
		Bajocien	-170,3		
		Aalénien	-174,1		
	Moyen	Toarcien	-182,7		
		Pliensbachien	-190,8		
Inférieur	Sinemurien	-199,3			
	Hettangien	-201,3			
	Rhétien	-208,5			
Moyen	Supérieur	Norien	-227		
		Carnien	-237		
		Ladinien	-242		
	Moyen	Anisien	-247,2		
		Olénésien	-251,2		
Induen	-251,9				

[source : ICS, 2017]

DOC 2 Carte géologique simplifiée de la France



DOC 4 Carte géologique simplifiée des Causses du Quercy et situation du Gouffre de Padirac

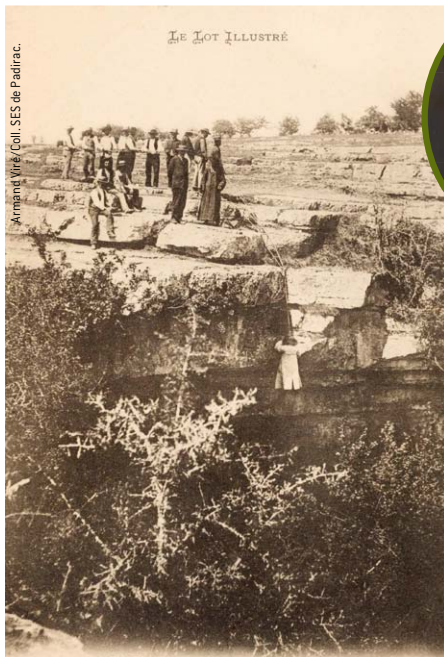


Question

En vous aidant des 4 documents fournis, présenter brièvement la situation géographique et géologique du Gouffre de Padirac.

DÉCOUVERTE DU SITE ET DE SA RIVIÈRE

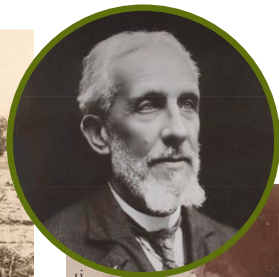
DOC 1 — La première descente



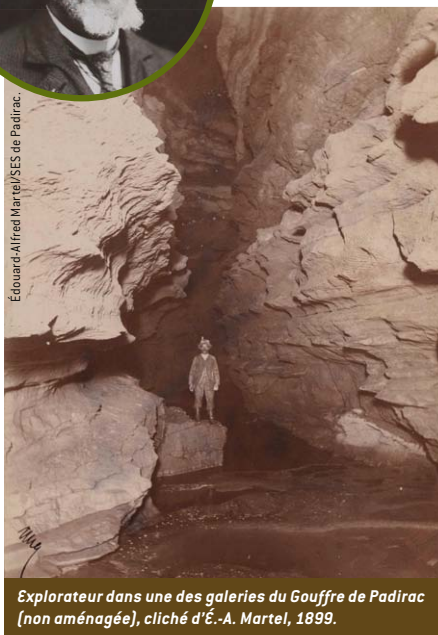
PADIRAC. - La Première descente dans le gouffre

Cl. A. Viré - Phototypie Baudel, St-Céré (Lot)

Première descente dans le Gouffre de Padirac, cliché d'A. Viré, 1889.



Édouard-Alfred Martel/SES de Padirac



Explorateur dans une des galeries du Gouffre de Padirac (non aménagée), cliché d'É.-A. Martel, 1899.

C'est le 9 juillet 1889 qu'Édouard-Alfred Martel (1859-1938), assisté de 3 compagnons et de 6 hommes de manœuvre, effectue la première descente au fond du Gouffre de Padirac.

Édouard-Alfred Martel, avocat de formation, est considéré comme le père fondateur de la spéléologie moderne. Il consacre tous ses loisirs et son temps à la recherche souterraine et au développement du tourisme en France et à l'étranger. Au cours de ses descentes dans différentes cavités, il accumule les découvertes. Ses travaux sur l'hygiène des sources et la propagation des épidémies sont à l'origine de la loi « Martel » du 15 février 1902 interdisant les jets de bêtes mortes dans les cavités naturelles calcaires.

En avril 1898, les travaux d'aménagement du site débutent, notamment sous la direction d'Armand Viré. Les premières visites touristiques ont eu lieu le 1^{er} novembre 1898, mais l'inauguration officielle ne fut organisée que le 10 avril 1899. Aujourd'hui seul 1,1 km de galeries sur les 42 km explorés peuvent être visités. On descend dans le gouffre par 3 ascenseurs ou, pour les plus courageux, par un escalier d'inspiration Eiffel totalisant 207 marches sur les 543 qu'ils s'apprentent à parcourir.

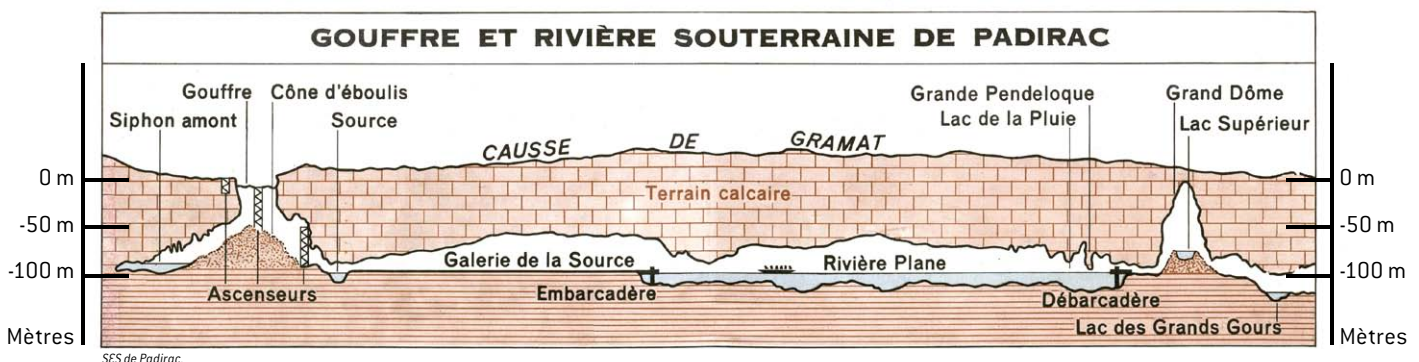
DOC 2 — Topographie des galeries

Entre 1889 et 1900, les expéditions d'Édouard-Alfred Martel ont permis de parcourir et de topographier 2 750 m de galeries dont 2 300 m pour la principale.

Les expéditions reprendront en 1937 sous la houlette notamment de Guy de Lavour, dans le but de poursuivre l'exploration de la cavité et de déterminer le trajet de la rivière souterraine et de ses affluents. Afin de préciser l'issue de la rivière souterraine (résurgence), des expériences de coloration des eaux sont réalisées (coloration à la fluorescéine, substance chimique dont la couleur est visible même à faible dose). Voici ce qu'écrivit Guy de Lavour [extrait de *Le Gouffre et la rivière souterraine de Padirac*, 1950] :

« À plusieurs reprises, É.-A. Martel a cherché à déterminer la résurgence des eaux de Padirac en y jetant quelques centaines de grammes de fluorescéine. Ces expériences sont restées sans résultat. En 1938, j'ai versé, sans plus de succès, un peu au-delà de la galerie du Fuseau, 4 kg de fluorescéine qui m'avaient été obligeamment fournis par la Société du Puits de Padirac. En 1947, la Commission de spéléologie du Centre national de la recherche scientifique ayant bien voulu mettre à ma disposition 75 kg de fluorescéine (150 kg de solution concentrée à 50 pour 100), j'ai pu procéder, le 22 juillet, à un essai de coloration massif. Le 4 novembre, à la suite de plusieurs journées de pluie, la couleur verte caractéristique est apparue à la source du Lombard, située dans le cirque de

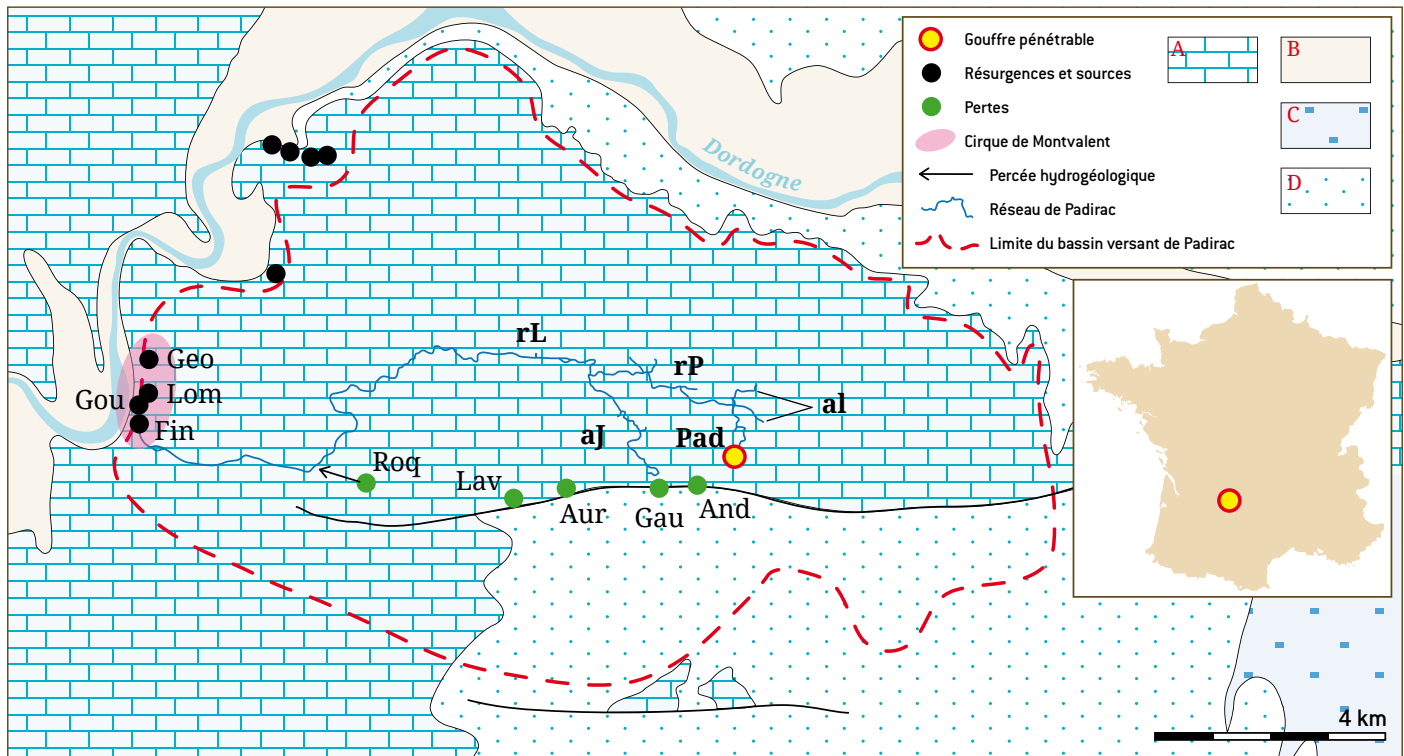
Montvalent par 103 m d'altitude. À 780 m au nord, l'importante résurgence de Saint-Georges, située à la cote 104, ne débite pas et l'eau de son bassin n'est pas colorée. Dans Padirac, à la même date, le courant est sensiblement nul et la coloration du lac des Grands Gours est encore visible. Dans la matinée du 11 novembre, la fluorescéine devient visible sous la surface de l'eau de la vasque de la fontaine de Saint-Georges, et à une profondeur de 4 à 5 m environ, bien que le débit de cette source soit toujours nul. Le 14 novembre, alors qu'il n'a pas plu depuis le 4, Saint-Georges coule très légèrement. La coloration s'est élevée dans la vasque jusqu'à environ 3 m de la surface. Au Lombard l'eau est toujours verte, mais le débit a considérablement diminué. »



SES de Padirac.

DÉCOUVERTE DU SITE ET DE SA RIVIÈRE

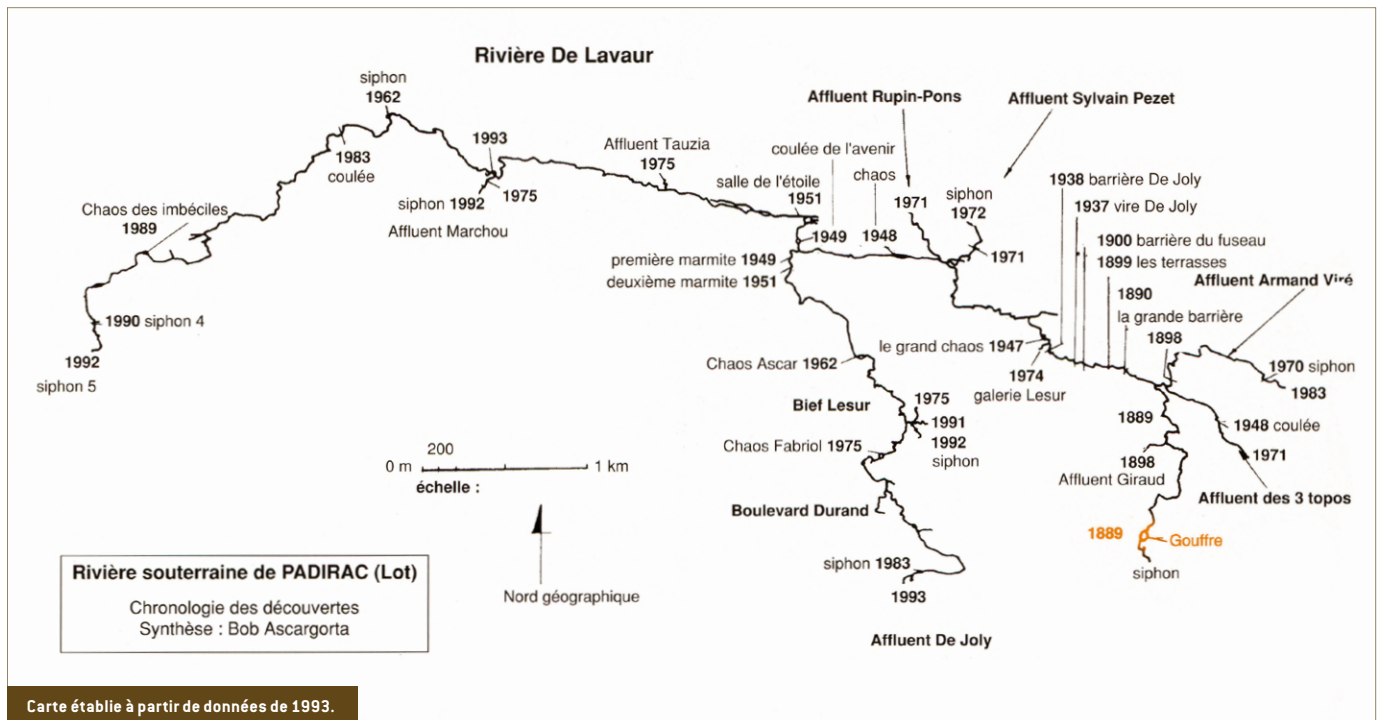
DOC 3 — La rivière souterraine de Padirac



Bassin hydrogéologique de Padirac, modifié d'après Collignon [1994].

A. Calcaires jurassiques. **B.** Alluvions de la Dordogne. **C.** Trias et socle cristallin. **D.** Marnes et calcaires liassiques.
And. perte d'Andrieu, **Aur.** perte d'Auru, **Fin.** fontaine de La Finou, **Gau.** perte de Gaubert, **Geo.** fontaine Saint-Georges, **Gou.** fontaine du Gourget, **Lav.** perte de Lavalade, **Lom.** fontaine du Lombart, **Pad.** Gouffre de Padirac, **Roq.** perte de Roque-de-Cor, **rL** rivière De Lavaur, **rP** rivière de Padirac, **aj** affluent De Joly, **al** affluents des 3 Topos et du Viré.

Source : rapport de l'expédition Lesur - 2005.



Rivière souterraine de PADIRAC (Lot)
Chronologie des découvertes
Synthèse : Bob Ascargorta

Carte établie à partir de données de 1993.

Tous droits réservés pour les agants droit que nous n'avons pu contacter. Source : Loure Padirac, speleologie, karstologie, paléontologie et préhistoire, dans 'Afluent Robert de Joly' - une création de la Fédération Française de Spéléologie et du Muséum de Lyon.

La longueur de la rivière souterraine est de 20 km pour son axe principal et sa profondeur varie de 50 cm à 6 m sur la partie visitée. La température de l'eau est constante à 12 °C (alors que celle de la grotte est toujours de 13 °C).

Questions

- A** → Expliquer la température constante de l'eau et de l'air dans la grotte.
- B** → Qu'a réussi à montrer Guy de Lavaur avec ses expériences de coloration de l'eau à la fluoescéine ?

APPROCHE GÉOLOGIQUE DU SITE

DOC 1 — Présentation du Causse de Padirac



atmospheric / Fotolia.



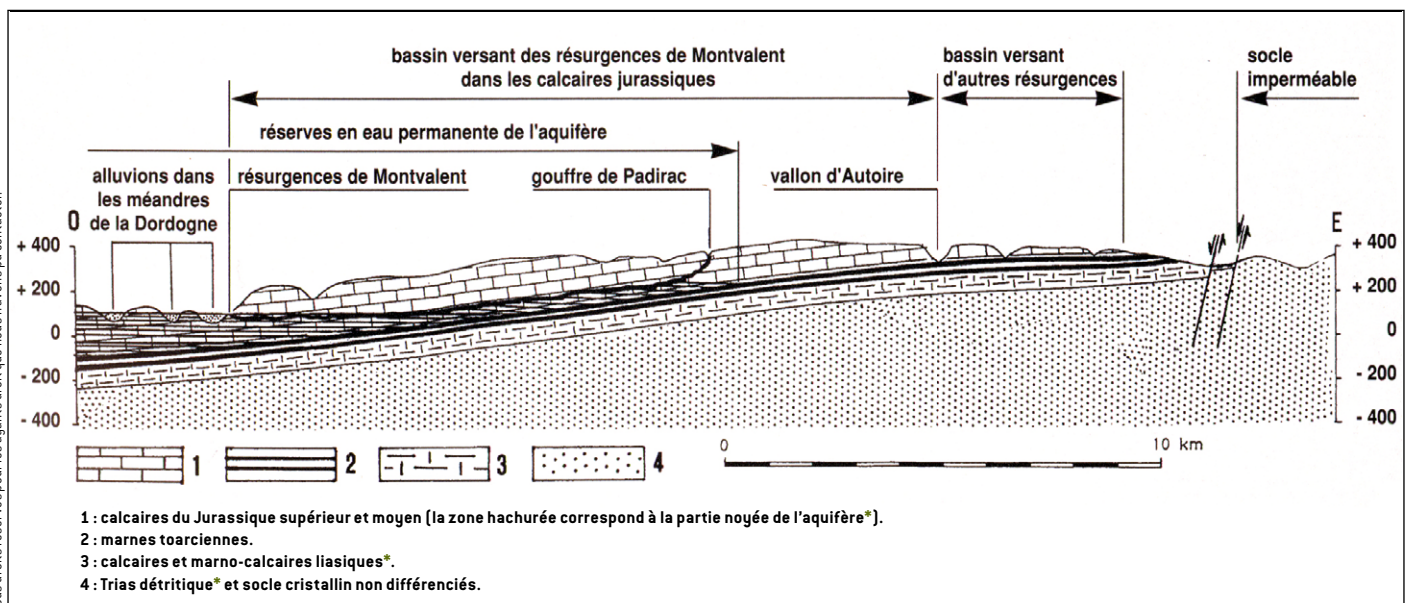
atmospheric / Fotolia.

Le Causse de Padirac appartient aux Causse du Quercy qui comprennent toute une série de plateaux calcaires jurassiques adossés aux vieux terrains métamorphiques du Limousin et du Rouergue. Il a été le plus souvent rattaché (peut-être à tort) au Causse de Gramat, mais il forme une entité bien à part. Il est limité :

- au nord et à l'ouest par un vaste coude d'ensemble que dessinent les vallées de la Dordogne et de son affluent la Bave, et qui le sépare du Causse de Martel ;
- au sud par la structure faillée de Padirac au-delà de laquelle s'étend la région marno-calcaire liasique de Miers-Alvignac qui le sépare en grande partie du Causse de Gramat ;
- à l'est par la profonde incision de la vallée d'Autoire qui le sépare du petit Causse de Presque.

Le Causse de Padirac s'apparente à une petite dalle calcaire (Jurassique moyen), de forme triangulaire, de 150 à 200 m d'épaisseur, faiblement inclinée vers le sud-ouest et reposant sur une assise marno-calcaire liasique*. Sa superficie avoisine les 80 km².

DOC 2 — Coupe géologique le long de la rivière souterraine de Padirac



* On appelle « aquifère » une formation géologique contenant de l'eau (que ce soit de façon temporaire ou permanente). Cet aquifère peut être libre (comme l'aquifère de Padirac) ou fermé (cas d'une nappe captive).

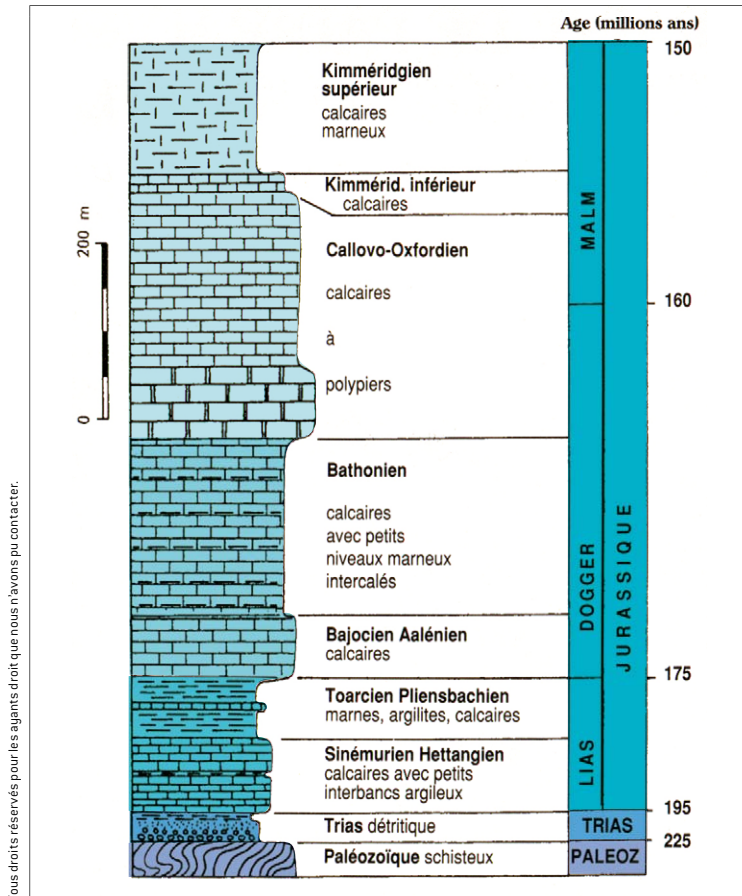
* Liasique (on peut aussi dire Liassique) : adjectif se rapportant au Lias qui est une période géologique. C'est l'autre nom du Jurassique inférieur daté de -201 à -174 Ma.

* Trias détritique : sédiments, provenant de l'érosion de roches continentales, qui se sont déposés au Trias daté de -252 à -201 Ma.

APPROCHE GÉOLOGIQUE DU SITE

DOC 3

Colonne lithostratigraphique type dans le Causse de Gramat (d'après Astruc et al., 1977, modifié)



Tous droits réservés pour les ayants droit que nous n'avons pu contacter.

Source : L'autre Padirac, spéléologie, karstologie, paléontologie et préhistoire, dans l'affluent Robert de Joly - une coédition de la Fédération Française de Spéléologie et du Muséum de Lyon.

- Le Bajocien Aalénien est formé d'une alternance de calcaires oolithiques* et de calcaires riches en oncolithes*.
- Le Bathonien comprend des alternances de calcaires oolithiques très fins et de marnes*.

* **Oolit(h)ique** : se dit d'un calcaire composé d'oolithes (ou oolites) qui sont de petites sphères formées par un débris (grain de quartz ou fragment de coquille) entourées de minces couches le plus souvent calcaires. Les oolites se forment dans des eaux agitées en milieu marin ou saumâtre (voire lacustre).

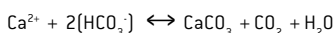
* **Oncolit(h)e** : concrétion calcaire formée en milieu marin ou lacustre par des encroûtements algaires.

* **Marne** : roche sédimentaire à grains fins constituée d'un mélange de calcaire et d'argile.

DOC 4 Formation des calcaires

Les calcaires sont des roches sédimentaires. Ils sont composés principalement de carbonate de calcium (CaCO₃). Le calcium provient de l'altération d'autres roches comme le basalte ou le gneiss. Les carbonates (dissous sous forme d'ions bicarbonates HCO₃⁻) sont présents dans les solutions qui ont dissous du dioxyde de carbone gazeux de l'atmosphère.

Le carbonate de calcium résulte de la précipitation d'ions dissous selon la réaction suivante :



La diversité des calcaires (nature et aspect) provient des conditions dans lesquelles ils se sont déposés, des êtres vivants fossilisés qui les composent mais aussi de l'origine chimique ou biologique des dépôts.

1. Les dépôts d'origine chimique

• Lorsque l'eau contient du calcaire dissous en très grande quantité, il peut précipiter lorsque le dioxyde de carbone s'échappe. Les particules de calcaire deviennent alors insolubles.

• Les calcaires oolithiques sont presque entièrement composés de matériaux qui proviennent de la précipitation chimique du calcaire. Leurs conditions de formation sont très particulières. Dans une mer chaude (27 à 28 °C), très peu profonde (moins de 10 m), agitée et riche en calcaire dissous, le carbonate de calcium précipite. Il se dépose autour d'un grain central qu'il enrobe, formant de petites sphères (appelées oolithes). Les oolithes grossissent puis tombent au fond de la mer. Le sable oolithique finit par chasser l'eau et par se cimenter. Dans le sous-sol des

bassins sédimentaires, les géologues ont retrouvé d'importantes formations de calcaires oolithiques. On peut actuellement observer la formation de ce type de calcaire sur la plate-forme des Bahamas dans l'océan Atlantique.

2. Les dépôts d'origine biologique

De nombreux animaux et végétaux qui vivent dans l'eau utilisent le calcaire dissous pour fabriquer leur propre squelette. Lorsqu'ils meurent, les squelettes calcaires qu'ils ont produits s'accumulent dans les dépôts sédimentaires. Les fossiles ainsi formés peuvent constituer la presque totalité de la roche calcaire.

Questions

- Colorer l'aquifère de Padirac sur le document 2 et donner les conditions nécessaires à la formation d'un aquifère.
- Évaluer l'épaisseur des calcaires Bajocien-Aalénien-Bathonien (-175 à -166 Ma) à l'aide du document 3, puis évaluer la vitesse de formation de ces couches calcaires.
- À l'aide des informations des divers documents, expliquer l'origine des calcaires dans lesquels se trouvent le gouffre et la rivière de Padirac.

LA FORMATION DU GOUFFRE DE PADIRAC

DOC 1 — Le relief karstique



Jimlag / Fotolia.

Le Causse de Padirac et le Quercy dans son ensemble appartiennent à la plate-forme rigide Nord-Pyrénéenne soumise à une tectonique de compression lors de la formation de la chaîne pyrénéenne à l'Éocène-Oligocène (-56 Ma à -23 Ma). La proximité du Massif central confère cependant à cette région un style particulier du fait des antécédents tectoniques du socle.

Il a été démontré (F. Arthaud et P. Choukroune, 1972) que la tectonique pyrénéenne se traduisait par un raccourcissement général nord-sud compensé par un allongement est-ouest. Cette tectonique active crée des fissures ouvertes qui vont contribuer à l'infiltration des eaux de surface, ce qui va aboutir à un relief particulier appelé relief karstique.

Ce type de relief est caractérisé :

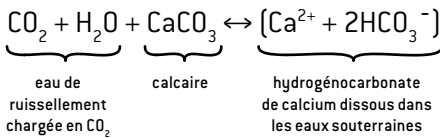
- en surface, par des avens, dolines, chaos ruiniformes, lapiès, pertes et résurgences ;
 - en profondeur, par des stalactites, stalagmites, colonnes, coulées, draperies, cavités, galeries...
- En effet, l'eau qui s'infiltré (à l'origine de rivières et de lacs souterrains) va dissoudre les roches qu'elle traverse avant de redéposer ces éléments dissous en formant ces structures particulières.

Le Gouffre de Padirac (aven) s'est formé par l'effondrement de la voûte d'une cavité souterraine formée par dissolution du calcaire au cours du temps.

(Source : *Padirac* 79, p. 99-100)

DOC 2 — La formation des concrétions

Lorsque les eaux de ruissellement traversent les roches calcaires (carbonate de calcium CaCO_3), le CO_2 réagit avec le carbonate de calcium pour former de l'hydrogénocarbonate de calcium ($\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$) qui est soluble dans l'eau, contrairement au carbonate de calcium.



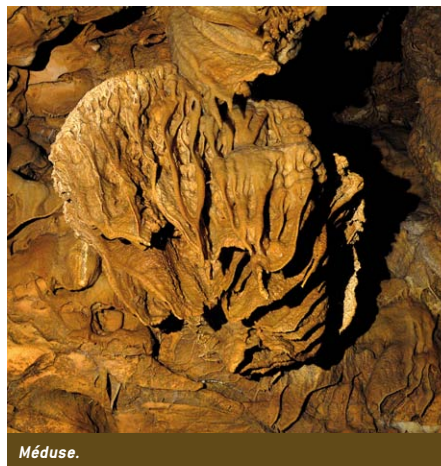
- Au sein de la roche, l'eau est chargée de dioxyde de carbone sous pression. Lorsque cette eau chargée d'hydrogénocarbonate de calcium perle au plafond de la cavité, la pression diminue et le dioxyde de carbone s'échappe. Cela provoque un déséquilibre dans l'équation ci-dessus. Les ions CO_3^{2-} réagissent alors avec les ions calcium Ca^{2+} dissous pour donner du carbonate de calcium CaCO_3 qui précipite. C'est ainsi que se forment les stalactites ou les draperies.
- Lorsqu'une goutte tombe sur le sol, le choc provoque un nouveau départ de dioxyde de carbone, ce qui entraîne le même déséquilibre chimique et donc une nouvelle précipitation de carbonate de calcium. C'est ainsi que se forment les stalagmites.
- Des mesures ont montré que la vitesse de formation des stalactites et des stalagmites est très variable au cours du temps. En effet, la croissance est parfois très rapide (de l'ordre du mm/an), parfois très lente, mais surtout, dans nos régions, il existe de très nombreuses interruptions. En moyenne, à long terme et compte tenu de ces aléas, on peut estimer avoir une augmentation de longueur des concrétions de 1 mm par siècle.



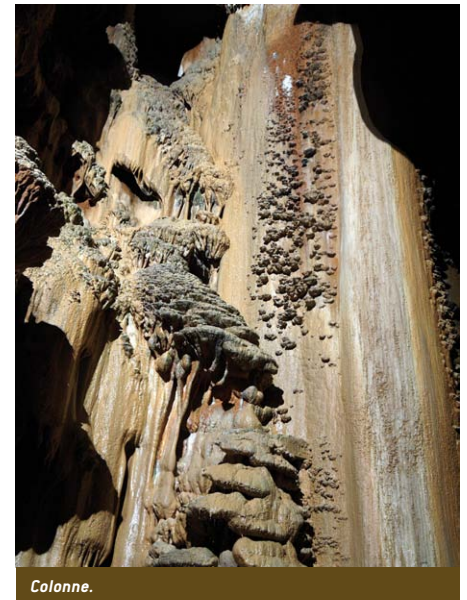
Stalactites.



Stalagmites.



Méduse.



Colonne.

Questions

- En prenant une stalactite de 5 m de longueur, évaluer le temps nécessaire à sa formation (en tenant compte de la vitesse estimée actuellement).
- Expliquer comment peut se former une colonne et évaluer le temps nécessaire à la formation d'une colonne de 10 m de longueur.
- Expliquer la formation de la salle du Grand Dôme (dont la voûte domine la rivière souterraine de 90 m et n'est séparée de la surface du sol que par une dizaine de mètres de calcaire) et envisager son évolution possible dans le temps.

DES DÉCOUVERTES PALÉONTOLOGIQUES ET PRÉHISTORIQUES

Contexte

Au cours de l'expédition de 1975, l'équipe du spéléologue Serge Dayma, partie pour topographier la rivière de Joly, un des affluents de la rivière souterraine de Padirac, découvre une dent de mammouth. En 1983, les spéléologues lotois font de nouvelles découvertes. Après avoir franchi un chaos en se fauillant entre les blocs, ils remontent une rivière sur près de 2 km avec, sur les berges, d'innombrables ossements pris dans les remplissages. Par la suite, en 1984, 1985 et 1989, se déroulent trois importantes expéditions scientifiques avec le paléontologue Michel Philippe et deux préhistoriens.

Photo François Rouzaud.



Cette belle pointe de défense de mammouth était trop longue (près de 1 m) et trop lourde (environ 40 kg) pour être acheminée vers la sortie. Elle se trouve encore dans le locus 20.

DOC 1 – Un travail de titan !

Les paléontologues vont se trouver confrontés à de nombreuses difficultés :

- des ossements et des outils en plus ou moins bon état,
- l'impossibilité de remonter toutes les découvertes,
- la nécessité d'imaginer des moyens de transport adaptés pour les remonter à la surface dans le même état,
- un travail de cartographie des découvertes.

L'expédition « Padirac 1984 » permettra néanmoins de remonter 400 ossements. C'est le jeudi 12 avril que Michel Philippe et ses collaborateurs découvrent le premier silex taillé, un biface moustérien. Padirac devient alors non seulement un gisement paléontologique mais aussi un gisement préhistorique.

Les 3 campagnes scientifiques suivantes permettront d'extraire et de remonter 218 pièces préhistoriques.



Photo Jean-Claude Collette.

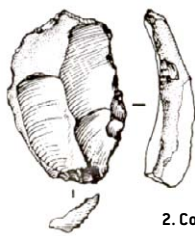
Montage du moule en PVC destiné à l'emballage des ossements les plus fragiles dans de la mousse de polyuréthane.

DOC 2 – Un gisement fructueux

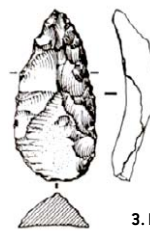
Dans leur laboratoire, les paléontologues étudient les pièces sorties par les spéléologues sous la direction de Michel Philippe : des ossements de carnivores (ursidés, canidés, félidés), de mammouths, d'équidés, de ruminants (cervidés, bovidés), de rhinocéros, de sangliers et une faible présence de microfaune composée de micromammifères, d'oiseaux et d'amphibiens. Les pièces préhistoriques (outils, bifaces, galets, racloirs, nucléus) permettront de parfaire les connaissances sur l'industrie du Paléolithique inférieur (-1 Ma à -0,3 Ma) et moyen (-0,3 Ma à -0,03 Ma) du Quercy.



1. Nucléus.



2. Couteau.



3. Racloir.



4. Pointe moustérienne.

Source photos et dessins : L'autre Padirac, spéléologie, karstologie, paléontologie et préhistoire, dans l'affluent Robert de Joly - une coédition de la Fédération Française de Spéléologie et du Muséum de Lyon.

Questions

- A** → Proposer une ou des hypothèses sur l'origine possible des ossements et des outils trouvés, sachant qu'ils ont été trouvés à une dizaine de kilomètres de l'entrée du gouffre en suivant la rivière souterraine (le long de l'affluent de Joly).
- B** → Les études faites sur les ossements des mammifères herbivores de Padirac ont montré que ceux-ci se répartissaient en 3 groupes : 42 % appartiennent à un groupe d'espèces caractéristiques d'un milieu arctique, 50 % appartiennent à un milieu ouvert non arctique et 8 % appartiennent à un milieu boisé.
À partir de ces informations, imaginer le paysage et le climat possibles à l'époque où vivaient les mammifères de Padirac.

LA FAUNE SOUTERRAINE DU GOUFFRE DE PADIRAC

Un peu d'histoire



Armand Viré, né en 1869, mort en 1951, est un célèbre biologiste et spéléologue français. Il fut l'adjoint d'É.-A. Martel et le premier à faire le recensement de la faune souterraine du gouffre entre 1899 et 1904. C'est l'un des fondateurs de la biospéologie.

Voici ce qu'il écrit dans une communication à l'Académie des sciences le 5 décembre 1904 :

« Depuis une dizaine d'années, nous nous sommes adonnés à l'étude de la faune actuelle des cavernes.

(...) Les espèces souterraines proviennent toutes d'animaux de la surface du sol, entraînées involontairement par les eaux sauvages et les rivières qui s'engouffrent sous terre, ou entrées volontairement par les larges ouvertures de certaines cavernes. Presque tous les grands groupes d'animaux y sont représentés. Tous présentent des modifications adaptatives remarquables. »

Parmi les animaux observés par Armand Viré à Padirac, on trouve *Niphargus virei*, *Bythinella padiraci* et *Stenasellus virei*.

DOC 1 - *Niphargus virei*



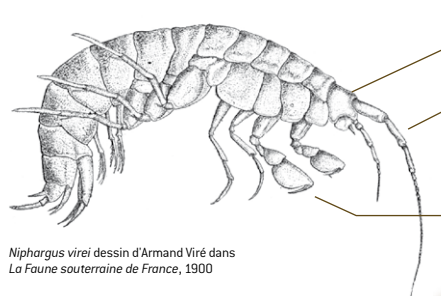
Niphargus virei (taille 3 mm).

Niphargus virei, parfois appelé crevette, est une espèce hypogée (exclusivement cavernicole) voisine du gammar.

Parfois appelé crevette d'eau douce, le gammar (*Gammarus pulex*), est une espèce épigée (présente à la surface du sol).

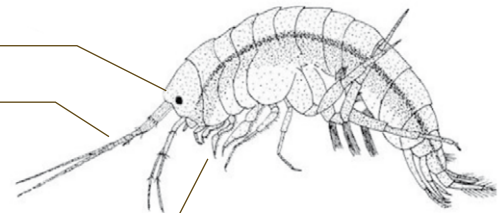


Gammarus sp. (taille 20 mm environ).



Niphargus virei dessin d'Armand Viré dans La Faune souterraine de France, 1900

- Œil
- Antenne
- Pigmentation
- Appendice



Questions

- A** En comparant les photos et les schémas de *Niphargus* et de *Gammarus*, retrouver les modifications adaptatives découvertes par Armand Viré.
- B** Sur les schémas, à côté de chaque caractère noté (œil, antenne, pigmentation, appendice), indiquer par un signe « + » ou « - » l'état des caractères considérés pour les deux espèces :
« + » : caractère présent ou comparativement plus développé
« - » : caractère absent ou comparativement moins développé.

D'INFOS

À côté de modifications morphologiques et anatomiques, les organismes hypogés présentent des modifications biologiques (ralentissement du cycle de vie, abaissement du métabolisme respiratoire de base, fécondité très faible, augmentation de la taille de l'œuf...) et comportementales (disparition des rythmes d'activité jour-nuit).

DOC 2 - *Stenasellus virei*



Stenasellus virei (taille 10 mm).

Stenasellus virei est un crustacé isopode décrit par Armand Viré. On le trouve aussi dans d'autres rivières souterraines.

DOC 3 - *Bythinella padiraci*



Bythinella padiraci (taille 3 mm).

Bythinella padiraci est un petit mollusque gastéropode spécifique du Gouffre de Padirac.

Les explorations successives du Gouffre de Padirac ont permis de recenser un grand nombre d'espèces à corps mou (autrefois appelées « invertébrées »), qu'elles soient terrestres ou aquatiques. On y a recensé aussi 10 espèces de chauves-souris (parmi les 33 que compte la France), des oiseaux et des amphibiens vivant à proximité de l'entrée du gouffre.

Question

- C** Il existe d'autres espèces de bythinelles principalement cavernicoles, proche de *Bythinella padiraci*. Comment expliquer que *Bythinella padiraci* ne se trouve qu'à Padirac ?

LE GOUFFRE DE PADIRAC, UN ÉCOSYSTÈME PARTICULIER

Un écosystème particulier

Les caractéristiques physiques principales des cavernes en milieu karstique sont : l'absence de lumière, une humidité élevée et relativement constante (98 %), une température presque invariable (13 °C).

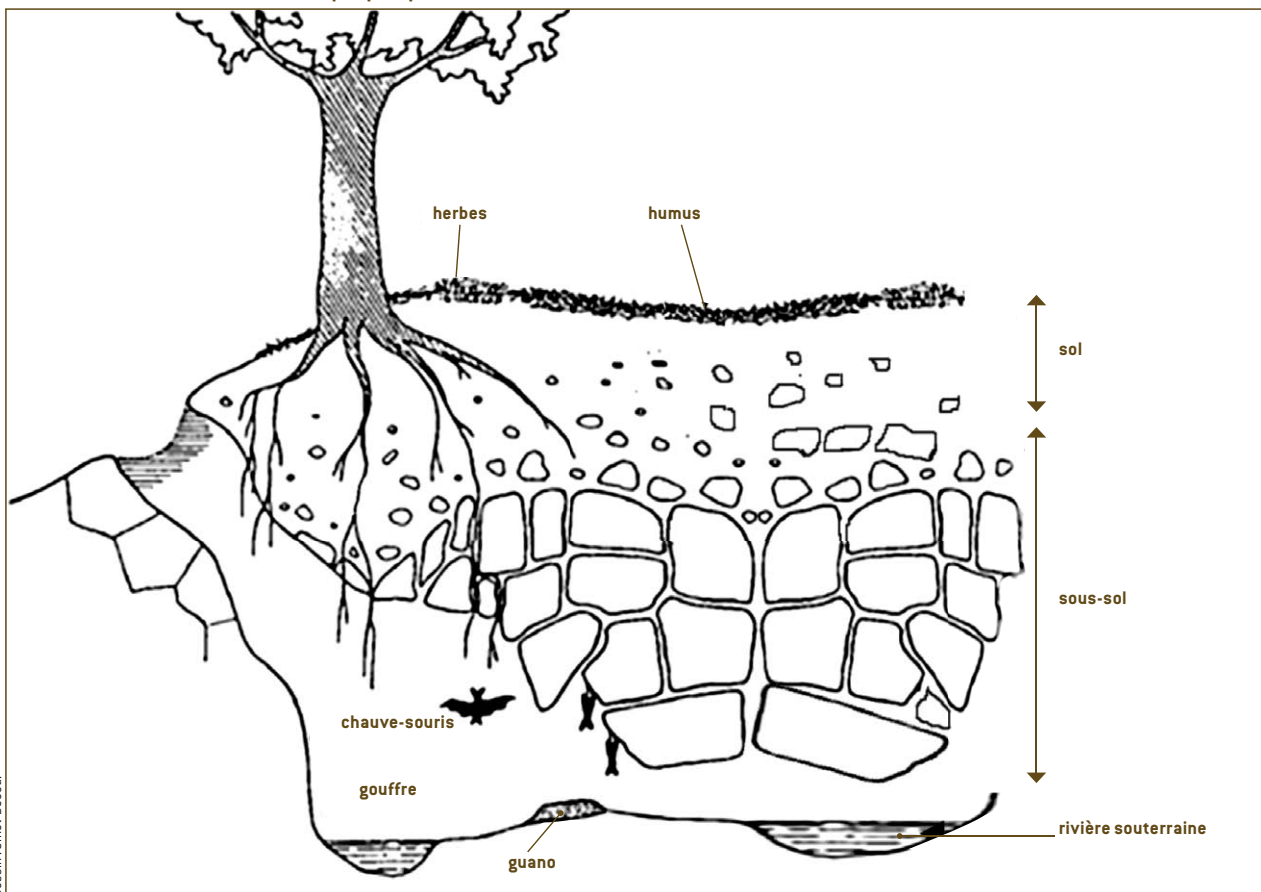
• L'obscurité absolue entraîne automatiquement l'absence complète de végétaux verts capables de photosynthèse. En conséquence, les consommateurs primaires (herbivores stricts) sont absents, et presque toutes les sources de nourriture doivent provenir du milieu épigé (de surface). Certains micro-organismes (bactéries) sont cependant capables d'effectuer des synthèses organiques dans l'obscurité : ils peuvent ainsi intervenir dans l'alimentation des formes cavernicoles jeunes (*Niphargus*, par exemple), qui extraient la matière organique contenue dans l'argile.

• La biomasse totale existant dans les milieux souterrains est généralement faible. Presque toute l'énergie disponible provient de deux sources extérieures. Un premier apport, très important, est constitué de débris végétaux et d'organismes de petite taille entraînés par les eaux souterraines. Le second apport provient de l'entrée régulière d'organismes extérieurs (organismes troglodytes) qui viennent peupler l'écosystème. L'exemple le plus frappant est celui des chauves-souris qui vont se nourrir d'insectes au-dehors, mais dont le guano libéré dans les grottes est source de nourriture pour toute une faune. Des insectes, visiteurs occasionnels du gouffre, sont également à la base de chaînes alimentaires particulières où les consommateurs sont constitués par les animaux cavernicoles.

• Une étude systématique d'un milieu relativement simple comme l'écosystème souterrain permet de mettre en évidence les relations et les échanges qui existent au sein d'une communauté et, surtout, d'apprécier les mécanismes de régulation qui maintiennent le système en équilibre malgré les variations importantes des apports énergétiques. On peut ainsi supposer que les capacités de résistance au jeûne de diverses formes cavernicoles (troglodytes) aquatiques ou non (poissons, crustacés, gastéropodes, insectes) constituent un élément important de stabilisation des populations. De même, les capacités très larges des troglodytes de s'adapter à des sources de nourriture diverses constituent aussi un facteur non négligeable de régulation.

(D'après *Les Animaux cavernicoles / La biospéologie* de Raymond Tercafs, www.pragmasoft.be/prs/carnets/bio/animcav/tercafs.htm)

Le milieu souterrain : un réseau trophique* particulier.



* **Trophique** : qui se rapporte à l'alimentation. Par exemple, le réseau trophique correspond à l'ensemble des relations alimentaires qui relient les différents individus d'un écosystème.

? Questions

- A** → Dans un écosystème classique, la lumière solaire permet, grâce à la photosynthèse réalisée par les végétaux chlorophylliens, l'entrée de matières minérales et d'énergie dans la biosphère. Au niveau du Gouffre de Padirac (écosystème particulier), montrer comment les animaux cavernicoles peuvent subvenir à leurs besoins énergétiques.
- B** → En utilisant des flèches montrant les transferts d'énergie à partir d'une énergie primitive, schématiser quelques relations trophiques entre les êtres vivants de cet écosystème (Gouffre de Padirac).

LE GOUFFRE DE PADIRAC, UN ENVIRONNEMENT FRAGILE ET UN ÉCOSYSTÈME PROTÉGÉ

DOC 1 — Protection des eaux de surface et de ruissellement

Le 14 juillet 1891, É.-A. Martel est fortement intoxiqué après avoir bu de l'eau de source, dans le gouffre de Laberrie, à Catus dans le Lot. Un cadavre de veau en décomposition avait pollué l'eau qu'il avait bue à la résurgence : la source de Graudenc à 250 m au sud à vol d'oiseau. Il adressa un courrier au préfet du Lot au sujet de cet « empoisonnement ».

En 1894, É.-A. Martel démontre que « la présence de matière en décomposition au fond d'un gouffre (peut) contaminer une source distante de quelques centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres ». Dans ses écrits, l'ancien avocat n'a de cesse de dénoncer la pollution des eaux par les cadavres d'animaux. Le 30 janvier 1899, il fait même plaider sa cause à la Chambre des députés.

Grâce à l'action conjointe de Martel et du professeur Eugène Fournier, l'article 28 fut introduit dans la loi relative à la santé publique du 15 février 1902. Il interdisait le jet de cadavres d'animaux et de débris putrescibles* dans les grottes. Ce texte officiel est plus connu sous le nom de loi Martel. Elle fut par la suite abrogée et remplacée par d'autres textes de loi.

*Putrescible : qui peut pourrir.

DOC 2 — Padirac, zone d'intérêt écologique

Aujourd'hui, Padirac fait partie d'une Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) en raison de la présence d'espèces végétales ou animales rares et menacées (la bythinelle de Padirac, 10 espèces de chauves-souris parmi les 33 présentes en France, le niphargus, etc.).

Découverte en 1903, la bythinelle de Padirac, minuscule gastéropode spécifique du gouffre, a disparu de l'amont de la rivière de Padirac. Selon Jean-Michel Bichain (du Muséum d'histoire naturelle

de Paris), « on ne peut exclure l'hypothèse de contaminations chimiques de la rivière souterraine par des eaux polluées provenant de la surface ». En revanche on trouve la bythinelle dans la « source » de la rivière de Padirac, mais aussi plus en aval à 7 000 m de l'entrée du gouffre. Et surtout, la bythinelle, comme le niphargus, est de nouveau bien présente dans les parties aménagées.

La bythinelle, classée par les experts dans la catégorie des espèces menacées, est donc un bon indicateur de la santé du gouffre. Voilà un argument supplémentaire pour justifier que la partie visitable

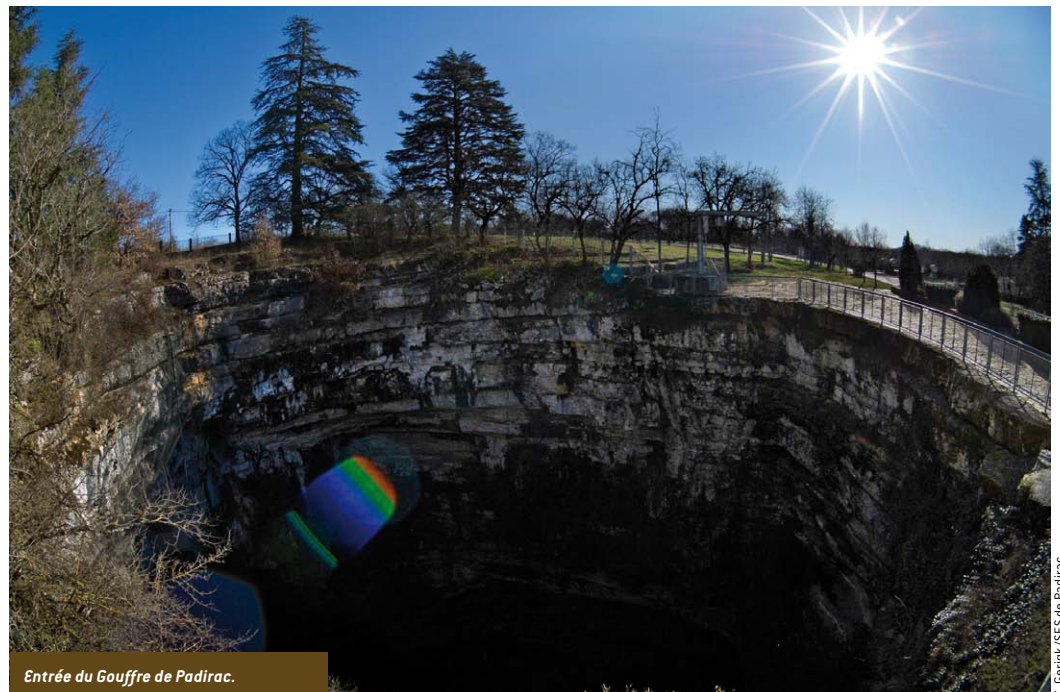
du gouffre (1,1 km) ne représente qu'une petite partie d'un immense réseau de près de 40 km : la partie non aménagée permet de préserver l'écosystème souterrain et ses espèces particulières. Pour préserver la présence des bythinelles dans la partie aménagée du gouffre, de nombreuses mesures de précaution ont été prises afin de limiter les sources de pollution : par exemple, depuis quelques années les barques n'ont plus de peinture sur l'extérieur pour ne pas risquer de polluer la rivière. Enfin, des analyses sont effectuées régulièrement.



Bythinelle de Padirac.



Rhinolophe euryale (chauve-souris très présente dans le gouffre).



Entrée du Gouffre de Padirac.

? Questions

- A → À partir de l'étude de ces 2 documents, indiquer les sources possibles de pollution du gouffre.
- B → Montrer que, malgré la fréquentation touristique à Padirac, on a su concilier découverte d'une merveille de la nature et sauvegarde de l'environnement et de la biodiversité.