



ORGON - MUSÉE URAGONIA

Collection *Les Itinéraires Géologiques du Musée Urgonia*



# Géotourisme et découvertes géologiques

dans les  
**ALPILLES**

## Les Canonnettes

Itinéraire

3

Durée : 3h

Distance : 6km

Balises : Jaune

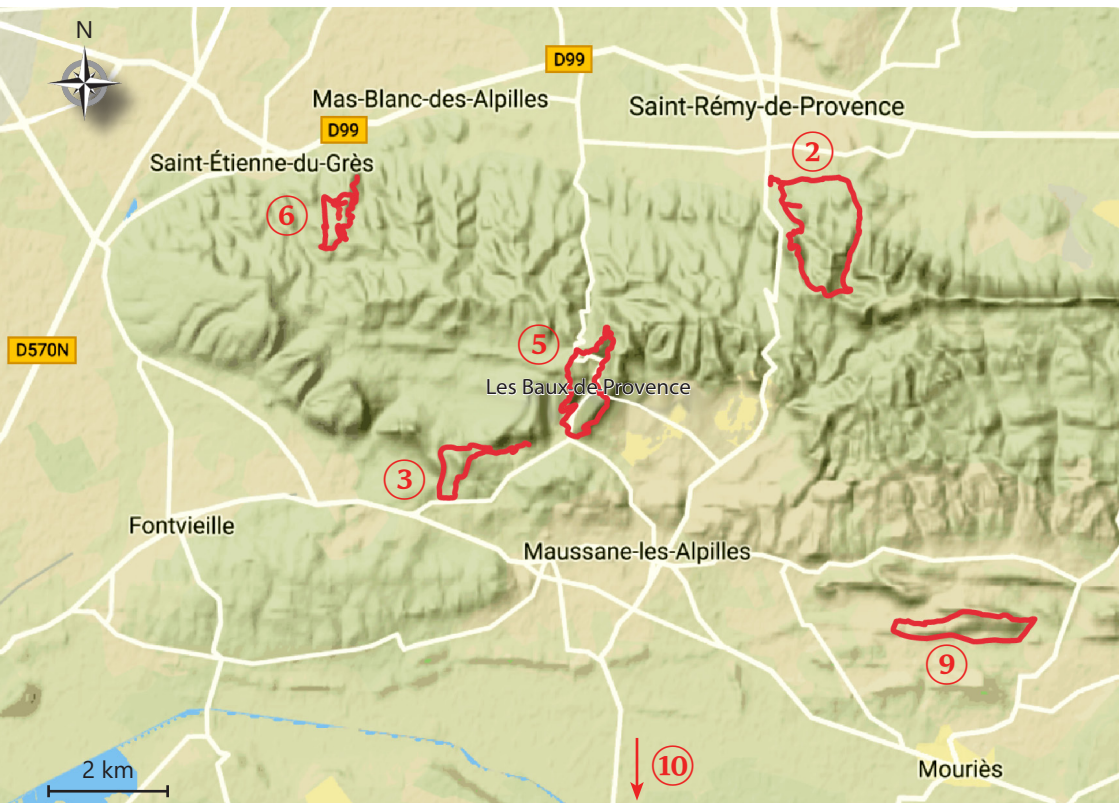
Difficulté : Facile

Accès réglementé en période estivale



Projet financé avec le concours de l'Union Européenne avec le Fonds Européen Agricole pour le Développement Durable

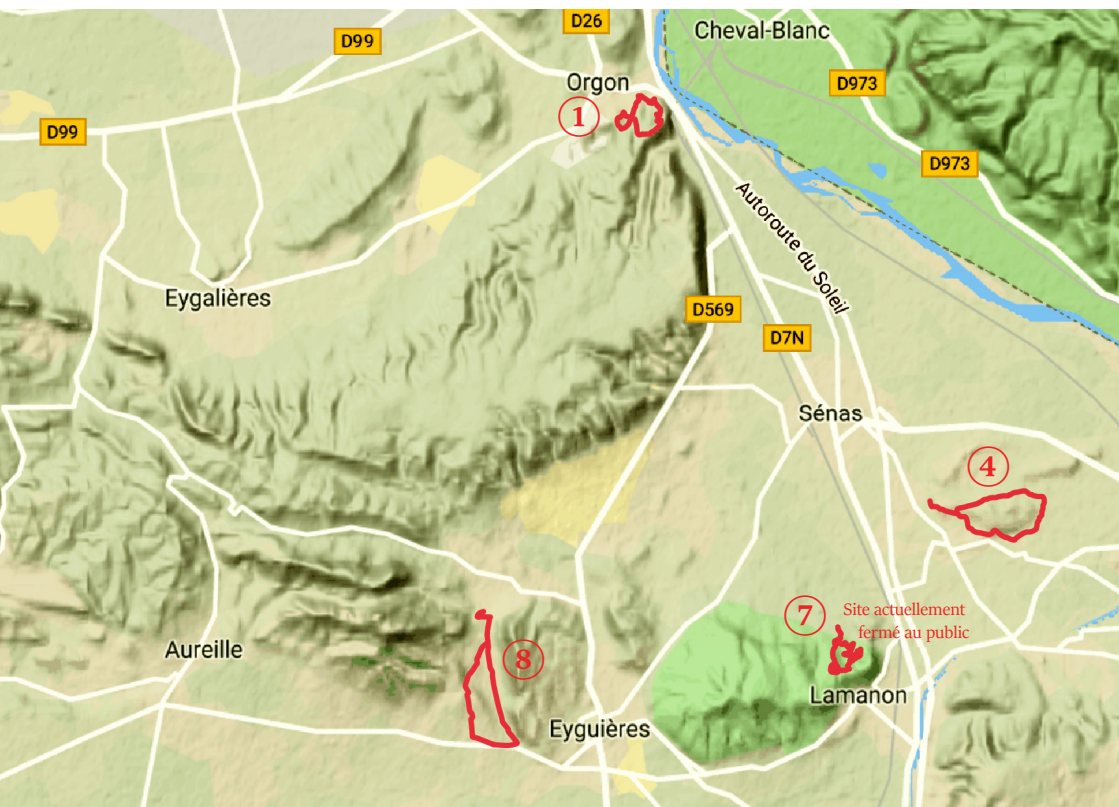
# Les circuits



Ce livret a été réalisé par le musée Urgonia dans le cadre d'un projet Européen LEADER subventionné à hauteur de 48% par le FEADER (Fonds Européen d'Aide au Développement Rural), 32 % par le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur et 20% par la municipalité d'Orgon. Le Pays d'Arles, Terre de Provence Agglomération et le Parc Naturel Régional des Alpilles soutiennent ce projet. La société Omya est partenaire de l'opération.

Le musée Urgonia œuvre afin de vous faire découvrir le patrimoine géologique des Alpilles. Il offre au visiteur une approche globale des relations qui lient l'être humain à son environnement passé et actuel à travers ses collections paléontologiques et archéologiques, ses expositions permanentes et temporaires. En complément, plusieurs circuits « découverte », accompagnés de descriptifs réalisés en partenariat avec des géologues, sont proposés. Ce livret compose une collection de neuf itinéraires. Retrouvez l'ensemble des parcours sur [www.musee-urgonia.fr](http://www.musee-urgonia.fr) ou à l'accueil du Musée Urgonia, Orgon.

**En aucun cas, les auteurs des contenus de ces livrets ne sauraient être tenus pour responsables de problèmes ou d'accidents sur les itinéraires cités.**



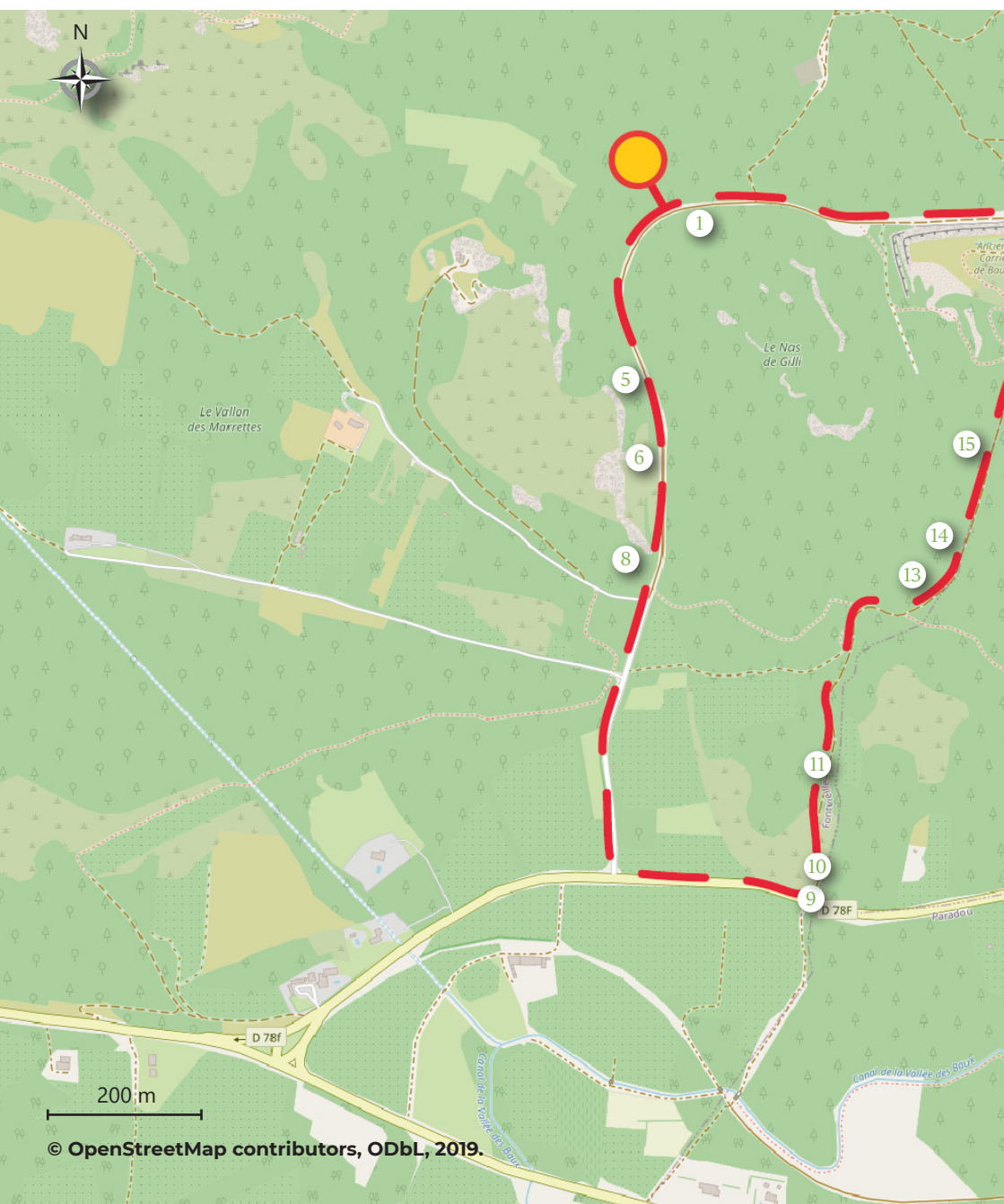
**Entre le 1<sup>er</sup> juin et le 30 septembre l'accès aux massifs forestiers est réglementé quotidiennement** par arrêté préfectoral et/ou municipal. Pour votre sécurité, restez informé !

↔ **0811 20 13 13**

↔ <https://www.myprovence.fr/enviedebalade>

- L'été, les incendies représentent un réel danger. Les feux et cigarettes sont à proscrire.
- La nature appartient à tous mais les itinéraires peuvent traverser des propriétés privées. Pensez-y, soyez respectueux.
- Tout comme vous, les animaux apprécient le calme. Respectez leur tranquillité.
- Afin de préserver la végétation, il est recommandé de ne pas couper les plantes et de ne pas sortir des sentiers et des chemins de randonnée.
- Les déchets n'ont pas leur place dans la nature. Ils doivent être triés et déposés dans les sites appropriés.
- L'activité de la chasse est pratiquée dans le massif. Ne vous promenez pas dans un site lorsque qu'une battue est en cours.

# Le circuit en entier





# Le circuit pas à pas

## Extrait de l'échelle des temps géologiques

Les dates sont exprimées en millions d'années (Ma).  
© International Commission on Stratigraphy, Mars 2020.

Èon	Ère	Système Période	Série Époque	Étage	Datation		
Phanérozoïque	Cénozoïque	Quaternaire	Holocène		0.0117		
			Pléistocène	Supérieur	0.129		
				Chibanien	0.774		
				Calabrien	1.80		
				Gélasien	2.58		
		Néogène	Pliocène	Plaisancien	3.600		
				Zancléen	5.333		
			Miocène	Messinien	7.246		
				Tortonien	11.63		
				Serravallien	13.82		
				Langhien	15.97		
				Burdigalien	20.44		
				Aquitainien	23.03		
				Paléogène	Oligocène	Chattien	27.82
						Rupélien	33.9
		Eocène	Priabonien		37.71		
			Bartonien		42.2		
			Lutétien		47.8		
		Paléocène		Yprésien	56.0		
				Thanétien	59.2		
	Sélandien			61.6			
	Danien			66.0			
	Mésozoïque			Crétacé	Supérieur	Maastrichtien	72.1 ± 0.2
		Campanien	83.6 ± 0.2				
		Santonien	86.3 ± 0.5				
		Coniacien	89.8 ± 0.3				
		Turonien	93.5				
		Cénomaniens	100.5				
		Inférieur	Albien		~ 113.0		
			Aptien		~ 125.0		
Barrémien			~ 129.4				
Hauterivien			~ 132.6				
Valanginien	~ 139.8						
Berriasien	~ 145.0						
Jurassique	Supérieur	Tithonien	152.1 ± 0.9				
		Kimméridgien	157.3 ± 1.0				
		Oxfordien	163.5 ± 1.0				

➤ Cet itinéraire constitue, avec ceux du Mont Gaussier (n°2) et de la colline de la Pécoule (n°4), un circuit consacré à l'épisode de formation de la Bauxite dans les Alpes.

➤ Accéder au point de départ par la route départementale D78f qui permet de se rendre à Fontvieille depuis les Baux-de-Provence. 500 mètres avant l'intersection avec la route départementale D17, emprunter à droite, la petite route bitumée et monter jusqu'à une zone de stationnement située avant l'entrée de l'ancienne exploitation minière.

➤ Observer les roches qui affleurent en bordure de cette ancienne voie d'accès (1). Ce sont des calcaires gréseux riches en cailloutis et petits galets quartzeux (2). Certains niveaux contiennent également des débris de coquilles fossiles identifiables. Ce sont principalement de petites coquilles bivalves du genre *Chlamys* qui ressemblent à des coquilles Saint-Jacques ou des pétoncles. Leur présence est précieuse car elle indique que ce secteur était occupé par un milieu marin lorsque ces animaux étaient vivants (3). Les fossiles d'animaux et de végétaux sont très importants dans la reconstitution des environnements anciens (= paléoenvironnements). À l'image des écosystèmes actuels, ils apportent des renseignements qui permettent de se faire une idée assez précise du milieu qu'ils occupaient (= biotope) et, dans certains cas, du climat qui



régnait par le passé sur un territoire. Certaines espèces ou groupe d'espèces ont vécu sur des durées limitées durant lesquelles elles étaient abondantes, si bien que la présence de leurs fossiles dans les roches marque un intervalle de temps précis de l'histoire de la Terre. Les terrains peuvent ainsi être datés dès lors qu'ils contiennent ces fossiles qualifiés de marqueurs stratigraphiques.



➤ Les espèces de *Chlamys* présentes dans cette roche sont caractéristiques d'un niveau correspondant à l'intervalle de temps nommé Burdigalien (20 - 16 Ma = millions d'années) qui appartient à la période Miocène (23 - 5 Ma), elle-même incluse dans le Cénozoïque (intervalle de temps regroupant le Tertiaire et le Quaternaire). Leur présence signale donc l'existence d'un milieu marin sur le site durant cette époque.

➤ Vous pouvez observer l'effet des phénomènes d'altérations qui varient en fonction des couches (altération différentielle). On entend par altération des roches, toutes modifications de ces dernières par les agents atmosphériques (ce sera le cas dans ce texte), par les eaux souterraines ou encore thermales. Ces modifications peuvent aller d'un simple ameublissement et désagrégation superficielle et localisée, comme on l'observe ici sur les molasses miocènes, jusqu'à de profondes et totales transformations de la roche, comme nous le verrons avec les bauxites. Les niveaux de roches les moins résistants s'érodent plus rapidement, ce qui entraîne la formation de dépressions longitudinales sur toute la longueur du banc (4). Il peut alors, au fil du temps, se former des « baumes » qui ont pu être utilisées comme abris-sous-roche ou sépultures lors de la Préhistoire.

➤ Descendre par le chemin bitumé afin de regagner la route départementale par le vallon de Courtézon que vous venez d'emprunter pour atteindre la zone de stationnement. Sur la droite, le calcaire burdigalien affleure largement et constitue un bel escarpement (5) au pied duquel des blocs éboulés s'observent au sein de la végétation. D'un point de vue géologique, ce calcaire qualifié de biodétritique ou bioclastique est composé majoritairement de débris (clastes) de coquilles et autres vestiges d'organismes vivants (bio). En Provence, il est souvent appelé calcaire molassique ou molasse. Ce terme désigne des sédiments détritiques qui se sont accumulés dans des bassins marins plus ou moins profonds en bordure de zones où des reliefs montagneux sont en formation.

➤ Sur l'un des blocs apparaissent de nombreuses alvéoles (6-7) formées également sous l'action de phénomènes d'altérations différentielles.









8

► En poursuivant la descente, vous pouvez apercevoir à la base de la falaise, une zone assez fortement altérée qui permet de comprendre le mécanisme qui conduit à l'éboulement de blocs de plusieurs dizaines de tonnes (8). Les niveaux inférieurs, moins résistants que les calcaires sus-jacents, s'érodent plus vite, ce qui entraîne une mise en surplomb des calcaires supérieurs. Ces derniers, sous l'effet de leur poids, finissent par se fissurer jusqu'à se détacher de la paroi et tomber. Le danger présenté par ces escarpements ne doit donc pas être sous-estimé. Trois éboulements importants se sont produits autour du village des Baux-de-Provence depuis les années 70.

► Au débouché sur la départementale D78f, tourner à gauche et longer le bord de la route afin de rejoindre un chemin balisé en jaune. Avant d'emprunter ce dernier, observer les roches qui affleurent à droite de la route (9). Ce sont des calcaires connus pour avoir livré des fossiles de mollusques d'eau douce. Cela signifie que lorsque ces animaux étaient vivants, ce secteur était occupé par un milieu lacustre. Dans le cas présent, les fossiles trouvés correspondent à l'étage géologique appelé Maastrichtien (72 – 66 Ma) qui correspond à l'intervalle de temps qui marque la fin de la période du Crétacé supérieur et de l'ère Mésozoïque (Secondaire). Plus précisément, il s'agit du faciès rognacien qui regroupe un ensemble de dépôts continentaux et lacustres bien développés dans la région de Rognac, ville située à proximité de l'étang de Berre au nord-ouest de Marseille.

► Emprunter le chemin balisé en jaune en direction du massif (10). De part et d'autre, la végétation particulièrement dense accentue le sentiment de pleine nature mais n'apporte pas, dans ce cas précis, beaucoup d'aide au géologue dans sa quête d'indices lui permettant d'étudier les terrains. À noter cependant que la végétation peut renseigner sur la nature, chimique notamment, du substratum. Certaines plantes se développent par exemple sur des terrains siliceux et non calcaires. Elles sont dites silicicoles ou calcifuges. C'est le cas de certaines bruyères ou des châtaigniers notamment. Donc, en



dehors d'affleurements rocheux, le couvert végétal peut s'avérer utile pour le géologue. Les nombreux exemples indiquant des relations étroites entre la biodiversité végétale et la composante géologique d'un milieu ont conduit à la création d'une discipline nommée Géobotanique. Actuellement, plus d'une centaine de plantes sont répertoriées comme indicatrices de minéralisations ou de métaux.

➤ Seul le chemin permet d'observer la roche sur cette partie de l'itinéraire. Il faut donc être particulièrement attentif et tenter de trouver les zones où affleurent les roches en place, ce qui constitue un exercice pas toujours facile.





► Sur le chemin, qui monte en direction du nord, de très nombreux « cailloux » de taille variable et de forme plus ou moins arrondie jonchent le sol (11). Leur aspect est banal. Leur forme plus ou moins arrondie rappelle celle de roches ayant subi un transport sous l'action de l'eau comme les galets. Nous venons de voir que, de l'autre côté de la route, affleurent des calcaires lacustres. Une interprétation rapide pourrait conclure que l'on est en présence d'un paléoenvironnement où un cours d'eau se déversait dans un lac. La géologie est une science fondée sur des observations objectives vérifiables. Toute hypothèse doit être étayée d'un faisceau d'indices concordants. Le géologue dispose, pour ses recherches, de tout un arsenal scientifique lui permettant des études de plus en plus précises en fonction des progrès techniques (analyse microscopiques, géochimiques, études tectoniques, paléontologiques, *etc.*). Dans le cas présent, une simple observation visuelle attentive de ces formes arrondies indique qu'il ne s'agit pas de galets (12). L'analyse microscopique révèle quant à elle l'existence d'une structure organisée d'origine organique. Il s'agit en fait d'algues rouges marines. Elles appartiennent à la famille des mélobésiées qui ont la faculté d'incruster du calcaire dans leur appareil végétatif (= le thalle). Ces « boules » sont donc des fossiles d'organismes qui vivaient dans un environnement marin peu profond.

► Dans la région, ces calcaires riches en algues de ce type sont bien connus des géologues. Ils sont caractéristiques d'un niveau appartenant au Burdigalien. Le contact entre les calcaires du Crétacé supérieur et du Miocène, masqué ici par la végétation et la terre, ainsi qu'une observation trop hâtive peuvent donc conduire, comme nous venons de le voir, à des erreurs d'interprétations. Afin d'éviter cela, il est indispensable de consacrer du temps pour effectuer des relevés géologiques à l'échelle d'un territoire. Sur d'autres sites, la géomorphologie permet d'observer la zone de contact entre ces deux séries sédimentaires (*cf.* itinéraire n° 5).



13

► La progression sur le chemin révèle des zones ravinées par l'eau de pluie. Les roches mises à nu permettent de constater des changements dans leur nature. Les calcaires contenant les fossiles d'algues rouges disparaissent, laissant place à des sables et cailloutis à petits galets quartzeux (13). Certains niveaux contiennent des morceaux de calcaires anguleux plus gros noyés dans le grès (14). Ces roches sédimentaires composées de débris d'autres roches signalent l'existence de reliefs proches en cours d'érosion à cette époque.



14

➤ Ces observations apportent des informations paléoenvironnementales qui peuvent être mises en relation avec les nombreuses études effectuées sur le Miocène du bassin rhodano-provençal depuis le XIX<sup>e</sup> siècle. Trois phases principales d'immersion de la région par la mer durant le Miocène sont reconnues (début de l'Aquitaniens, début du Burdigalien et Langhien). Ces avancées de la mer sur les terres, à la suite de phénomènes tectoniques (affaissements des zones continentales) et/ou eustatique (montée du niveau de la mer) correspondent à des transgressions. À l'inverse, le retrait de la mer entre ces phases transgressives correspond à des régressions marines. Ces modifications ont entraîné d'importants changements dans les sédiments qui se sont déposés. Logiquement on pourrait penser que la nature lithologique du substrat sur lequel une transgression s'effectue influe directement sur celle des sédiments. Dans le cas d'une transgression sur une région où les calcaires affleurent, les dépôts seraient majoritairement constitués de débris d'organismes (= bioclastes). C'est le cas des calcaires à algues rouges. Dans le cas d'une transgression sur des sables et des grès, les dépôts seraient alors plutôt constitués d'un mélange dominé par des sables quartzeux.

➤ D'après les études, la première transgression miocène qui atteint le territoire des Alpilles correspond à celle du Burdigalien inférieur. La présence de cailloutis à petits galets quartzeux conduit à penser que cette transgression se serait produite plutôt sur des grès. Cependant, les terrains mésozoïques et cénozoïques antérieurs à cet épisode transgressif qui subsistent sur le secteur sont des dépôts marins, lacustres et continentaux composés majoritairement de calcaires et d'argiles. L'origine de ces cailloutis pourrait donc ne pas être locale. Les résultats des travaux de D. Besson sur le Miocène rhodano-provençal (2005) révèlent l'existence d'une paléovallée dans le secteur des Baux, ennoyée lors de la transgression du Burdigalien inférieur : « *Un réseau de moindre importance a également été reconnu à l'ouest de la Camargue. Il drainait le secteur nîmois et les Alpilles : il correspond au débouché des rias d'Uzès, de Sommières et des Baux-de-Provence* ». L'existence d'un réseau fluvial pourrait expliquer la présence de petits galets quartzeux apportés depuis une autre région mais, en l'état actuel des connaissances, il est impossible de le certifier.

➤ Des études complémentaires se révèlent donc indispensables afin de connaître l'origine de ces petits galets quartzeux ce qui nous amène à faire une parenthèse. La somme des études géologiques menées sur la Provence depuis le XIX<sup>e</sup> siècle a permis une avancée fort considérable sur la connaissance de l'histoire géologique régionale. Cependant, la quantité de questions en attente de réponses reste à ce jour très importante. Ce modeste exemple en est un parmi tant d'autres. La formation de géologues est indispensable afin que les travaux de recherches fondamentales soient poursuivis et apportent une meilleure connaissance de l'histoire géologique. Les enseignements tirés du passé nous permettront de nous adapter d'autant mieux aux futurs changements liés à l'évolution de notre Terre. Depuis 4 600 000 000 années que la Terre existe, elle a enregistré une multitude d'informations sur sa formation et son évolution. Ces enregistrements constituent ce

que l'on appelle des archives géologiques et sont donc un géopatrimoine fondamental. L'ampleur et l'extrême complexité de ces archives doivent nous amener à observer une certaine humilité devant la masse infinie d'inconnus qu'il nous reste à décrypter.

► Apparaît ensuite sur le chemin un calcaire gris, juste avant d'atteindre le sommet de la montée (15). On retrouve les calcaires du Crétacé supérieur. Là encore, la zone de contact avec le Burdigalien est masquée.



► Le chemin entame ensuite une descente en direction de l'ancienne exploitation de la Société Aluminium Péchiney des Canonnettes. Des merlons de part et d'autre du chemin témoignent de l'intense activité minière qui a occupé le site. Débutée en 1971 par des travaux à ciel ouvert, cette exploitation s'est essentiellement développée à partir de 1974 en galeries souterraines. Avec 2 389 835 tonnes de minerai, ce site a été le plus productif des Alpilles. Son activité a cessé en 1990. Historiquement, l'exploitation de ce gisement a débuté à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Il s'agissait alors de petites galeries qui ont livré quelques dizaines de milliers de tonnes de minerai jusqu'à la seconde Guerre Mondiale.

➤ Quelle était la roche exploitée sur ce site ? Sur le sol du chemin apparaissent quelques morceaux de roches rouges qui annoncent la couleur (16-17).

➤ Mais tout d'abord, observons les calcaires gris et compacts qui affleurent sur la droite. Ils appartiennent à l'Hauterivien (133-130 millions d'années), étage de l'ère Mésozoïque (Secondaire), de la période Crétacé inférieur. Ils affleurent largement au centre du massif et constituent l'axe du pli anticlinal principal orienté est-ouest qui forme l'essentiel de la chaîne des Alpilles. Ce pli est qualifié d'anticlinal car les couches de roches qui le constituent sont convexes vers le haut. Les fossiles, fréquents dans cette roche, sont de petits oursins fouisseurs, du genre *Toxaster*, dont la forme en cœur est caractéristique. Ces derniers témoignent d'un milieu marin principalement vaseux et de profondeur moyenne à cette époque du Crétacé inférieur.







► On atteint ensuite une zone où la couche de roche rouge affleure à gauche et sur le chemin même (18-19). Cette roche sédimentaire constitue le minerai à partir duquel l'aluminium est extrait. Dénommée bauxite, son nom dérive de celui du village des Baux-de-Provence. Vous vous trouvez donc sur un des deux sites éponymes de formations géologiques présents dans les Alpilles, l'autre étant Orgon avec le calcaire urgonien (à découvrir au musée Urgania et sur le sentier de la Pierre à Orgon – cf. itinéraire n°1). Le massif recèle donc un géopatrimoine exceptionnel et unique au monde, puisque par définition il ne peut y avoir qu'un seul lieu qui donne son nom à une roche.



► Pierre Berthier, minéralogiste français né en 1782 à Nemours en Seine-et-Marne, fut le principal acteur de la découverte de la bauxite. En 1821, alors qu'il était chef de laboratoire et professeur à l'École des mines de Paris, il reçut des échantillons de roche provenant d'un lieu dénommé « colline des Beaux » en Provence. Il constata après analyse, que les échantillons étaient principalement constitués d'un mélange d'aluminium hydraté et d'oxyde de fer. Il nomma cette roche « beauxite », nom qui fut transformé en « bauxite » en 1861 par le chimiste français Henri Saint-Claire Deville.

► Cette découverte eut un écho assez limité dans le milieu scientifique. Ce n'est qu'après la disparition de P. Berthier, 42 ans plus tard, que les gisements de ce minerai ont commencé à être étudiés. En 1865, Pierre Théodore Virlet d'Aoust, ingénieur civil des mines, publia une note dans le bulletin de la *Société Géologique de France* dans lequel il traite du « *minerai de fer alumineux pisolithique de Mourières* ». Connaissant la teneur en hydrate d'alumine de cette roche, sa réflexion porte sur l'utilisation de cette dernière comme minerai de fer. Il signale notamment qu'il s'agit d'un « *minerai de fer assez pauvre* » qui pourrait « *peut-être s'utiliser plus avantageusement pour la fabrication de l'aluminium que pour celle du fer* ». Les réserves qu'il prend la peine d'exprimer soulignent la méconnaissance qui existait encore à cette date sur la bauxite des Alpilles. Autre extrait intéressant dans cette note :

*« C'est à travers les déchirements curieux de ces montagnes entièrement dénudées et dépourvues de végétation arborescente, que circule une très bonne route conduisant à la célèbre ville des Baux, aujourd'hui réduite à l'état de misérable bourgade ».*

Cette phrase, qui décrit une image des Alpilles et des Baux inenvisageable pour notre société actuelle, est très intéressante. Elle montre d'une part, qu'actuellement l'homme n'exerce pas que des effets dévastateurs sur les milieux puisque force est de constater que le massif aujourd'hui est fortement boisé et, d'autre part, que la notion de sauvegarde du patrimoine est relativement récente et forte dans notre société, le village des Baux étant devenu l'un des plus beaux villages de France. Autant d'éléments de réflexions optimistes, hors contexte géologique, mais tout aussi intéressants.

► Après cette parenthèse, revenons à la présentation de cette roche. La première publication qui décrit de manière détaillée les bauxites des Alpilles fut réalisée par le géologue français Henri Coquand en 1871.

► Aux Canonnettes, cette couche, d'une épaisseur moyenne de 7 à 8 mètres, peut localement atteindre 15 mètres. Sa teneur élevée en hydrates d'alumine (AlO(OH)) a justifié son exploitation. Ce minerai contient également, comme nous venons de le voir, des oxydes et hydroxydes de fer à l'origine de sa couleur rouge ainsi que des minéraux argileux comme la kaolinite.

► Les études menées depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par de nombreux géologues ont amené diverses hypothèses âprement discutées mais qui ont permis peu à peu de préciser les

conditions de formation de cette roche, sans pour autant résoudre toutes les questions. On peut trouver un abondant résumé de ces divers travaux et controverses dans l'ouvrage de J. Philip (2012) cité en référence à la fin de ce livret.

► Aujourd'hui, la présence de bauxite sur un site donné, au-delà de son intérêt économique, constitue un élément important dans les reconstitutions paléogéographiques et paléoclimatiques. En effet, ce minerai est considéré comme le résidu d'une roche préexistante ayant été soumise à des processus complexes d'altérations dans des conditions climatiques particulières. Pour être plus précis, la bauxite résulte de la concentration (relative) des éléments chimiques les moins solubles contenus dans une roche initiale (appelée roche mère), suite à l'élimination (exportation, lessivage) des éléments les plus solubles (les moins stables) par l'action de l'eau de pluie sous un climat chaud et humide (c'est ce qu'on appelle une altération soustractive). Pour que ce type d'altération puisse se développer, l'environnement doit donc être continental et le climat de type tropical humide ou équatorial. La pluie qui tombe régulièrement provoque alors une hydrolyse des minéraux existants, c'est-à-dire un ensemble de réactions chimiques entre les molécules d'eau et les éléments chimiques constitutifs de la roche, ce qui entraîne le passage en solution, plus ou moins important en fonction de leur degré de solubilité, de ces derniers, ainsi que leur évacuation par écoulement des eaux. Au fil du temps, lorsque cette action qualifiée de « lessivage » est intense et continue, il ne subsiste sur place qu'une roche résiduelle appelée « altérite ». Dans le cas présent c'est la bauxite. Elle est constituée d'hydroxydes d'aluminium et de fer qui sont des minéraux formés d'éléments chimiques très stables (l'aluminium et le fer) résistant très bien à la dissolution dans les conditions des régions intertropicales.

► Beaucoup de facteurs influent sur le résultat d'une altération de ce type. En voici quelques exemples : la nature et la structure cristalline des minéraux de la roche mère, l'état de cette dernière qui peut être plus ou moins fracturée par la tectonique par exemple, la température et le pH du milieu environnant ainsi que les conditions de drainage qui peuvent être liées à la porosité des roches, la position topographique, sans oublier la karstification des terrains sous-jacents dont le rôle est loin d'être négligeable. Tous ces facteurs vont jouer un rôle actif sur le phénomène d'altération et la plus ou moins grande concentration finale en éléments et en particulier l'aluminium et le fer. Ces derniers vont se combiner avec d'autres éléments issus de l'eau pour donner des composés tels que des hydroxydes d'aluminium (gibbsite et boehmite) ou de fer (goethite et hématite) qui constituent alors des minéraux dits néoformés comme nous allons le voir plus loin.

► La présence de bauxite dans les Alpilles indique donc l'existence dans l'histoire géologique de ce territoire d'un intervalle de temps durant lequel l'environnement était continental avec un climat très chaud et humide. Des études comparatives ont montré que ce type d'altérite s'apparente aux sols dit « latérites » que l'on trouve dans les régions équatoriales (ou plus largement les régions intertropicales) d'Afrique ou d'Amérique du sud notamment, avec des pluviométries annuelles comprises entre 2 et 10 mètres d'eau !



20

➤ À partir du chemin, vous pouvez observer la position qu'occupe la bauxite par rapport aux formations géologiques qui l'encadrent. À droite du chemin affleurent les calcaires hauteriviens (20) sur lesquels repose la bauxite. Ils forment ce que les mineurs appellent le mur d'un gisement : terrains situés sous une formation. A gauche, les calcaires du Crétacé supérieur sont présents et coiffent la bauxite, constituant pour les mineurs le toit de la formation. Il s'agit de calcaires lacustres appartenant à l'intervalle de temps dénommé Campanien (84-72 Ma) (21). Ces trois formations sont en contact les unes avec les autres de manière normales, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas été affectées par des mouvements tectoniques qui les auraient mises en contact postérieurement à leur formation.

➤ D'un point de vue chronologique, on pourrait donc en déduire qu'aux Canonnettes la bauxite s'est formée après l'Hauterivien et avant le Campanien. Comme nous l'avons précisé, les fossiles contenus dans l'Hauterivien indiquent que le milieu marin occupait le secteur vers 130 millions d'années. Une phase d'émersion, durant laquelle se sont installées des conditions favorables à la formation de la bauxite, a donc succédé à cette période. Cependant, dans d'autres secteurs des Alpilles, les faciès bauxitiques, parfois moins évolués certes, mais bauxitiques quand même, reposent sur le Barrémien à faciès urgonien (cf. itinéraire n°4, colline de la Pécoule). Ces faits montrent donc que les formations bauxitiques des Alpilles reposent sur des terrains d'âge différents. À l'échelle d'une région elles sont donc en discordance sur le substratum, même si localement cette discontinuité n'apparaît pas toujours évidente. Cette discordance régionale est dite d'érosion, ou plutôt dans le cas présent, d'altération et plus exactement de karstification. En effet, les surfaces de contact, lorsqu'elles sont visibles, entre les formations bauxitiques et leur substratum, sont souvent très irrégulières, montrant localement des formes de corrosion qui indiquent que ce sont des surfaces de dissolution karstique témoignant des mêmes phénomènes d'altération que ceux à l'origine de la bauxite (cf. itinéraire n°4).

► Ces observations posent les questions de l'âge des bauxites et de la nature de la roche mère. Aux Canonnettes et plus généralement dans le massif des Alpilles, même si l'intervalle de temps entre le mur et le toit est localement plus réduit (colline de la Pécoule), les études ne permettent pas de donner un âge précis aux bauxites, coincées au mieux entre le Barrémien et le Campanien, et les géologues ignorent quelles étaient la ou les roche(s) mère(s), l'altération n'en ayant pas laissé de traces.

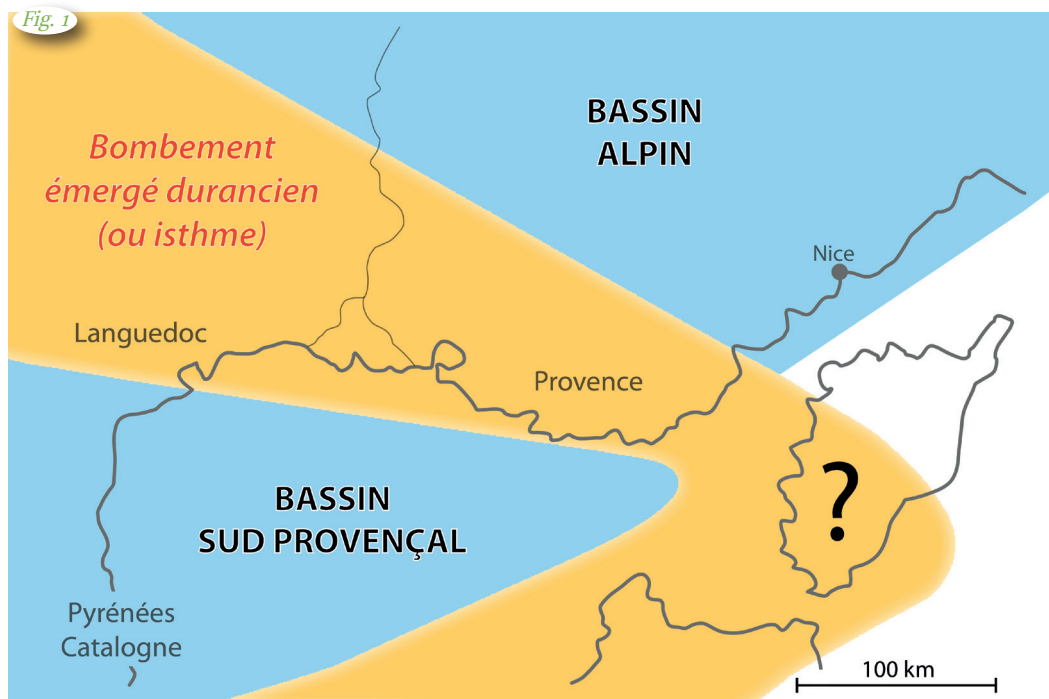
► Il en est autrement sur d'autres sites comme celui de Revest-les-Eaux dans le Var où le minerai repose sur des formations du Cénomanién inférieur et se trouve recouvert par du Cénomanién supérieur (travaux de Pierre Laville). L'âge des bauxites de ce site correspond donc au Cénomanién moyen (vieux de 98 millions d'années et d'une durée estimée à 1,6 millions d'années) mais cet âge précis n'est pas forcément généralisable à l'ensemble des gîtes bauxitiques de la région provençale. Ailleurs le mur peut être beaucoup plus vieux et le toit beaucoup plus récent comme dans les Alpilles notamment mais aussi dans le centre Var.

► Il est également intéressant de souligner que dans les Alpilles l'épaisseur et le degré d'évolution de la bauxite sont plus importants aux Canonnettes, là où le mur est le plus ancien, qu'à la colline de la Pécoule (cf. itinéraire n°4). Cela est également observé dans le Var où selon P. Laville : « *il est frappant de constater que les gisements les plus volumineux du Var sont situés dans les lacunes stratigraphiques les plus importantes, c'est à dire pendant la période d'émersion la plus longue et la zone la plus élevée du continent...* ». La durée de la bauxitisation pourrait donc varier en fonction de celle de la lacune stratigraphique, entre toit et mur, observée sur un gîte. Ces variations peuvent s'expliquer par le fait que l'émersion s'est réalisée de manière progressive et n'a donc



pas débutée partout au même moment. Il en est de même de l'âge du recouvrement qui a été localement plus tardif. Ainsi, les zones plus tôt émergées et plus tard recouvertes, qui pouvaient être topographiquement plus élevées, auraient bénéficié d'une exposition aux agents d'altération plus longue et de surcroît d'un meilleur drainage et par voie de conséquence d'une altération plus importante. Cependant, la karstification du mur qui a également bénéficié de ces conditions locales plus favorables a pu entraîner parfois la dissolution d'une tranche importante du substratum calcaire initial. L'âge du mur actuel d'un gîte n'est donc pas forcément significatif de l'âge de l'émersion et du début de la bauxitisation sur ce site.

➤ Néanmoins, cette période d'émersion, confirmée par l'évolution géodynamique générale et de nombreux témoignages lithologiques et paléontologiques, serait intervenue globalement autour de 100 millions d'années à la limite du Crétacé inférieur et du Crétacé supérieur et aurait couvert un intervalle de temps dont la durée a pu varier en fonction du lieu, comme nous venons de le signaler. Cette zone émergée qui séparait le bassin alpin au nord du golfe de basse Provence au sud, est appelée isthme ou bombement durancien selon les auteurs. La [figure 1](#) donne une représentation schématique et figée de cette zone émergée qui ne tient pas compte des diversités topographiques ni des évolutions au cours du temps de ce domaine continental et encore moins des modifications tectoniques qui ont bouleversé la région provençale depuis cette période médio-crétacée. À noter que le gîte du Revest-les-Eaux dans le Var, qui s'inscrit dans une très courte lacune stratigraphique (Cénomaniens moyen), se situe à la bordure méridionale du bombement durancien, tandis que les gîtes qui présentent un intervalle de temps entre mur et toit plus large, comme



ceux des Alpilles, sont situés dans les zones centrales de ce domaine continental, sans doute plus tôt émergées.

► En résumé, la datation de l'épisode d'altération conduisant à la formation de la bauxite varie en fonction du moment où la zone a émergée. L'émergence de l'ensemble des terres constituant le bombement durancien ne s'est pas réalisée partout au même moment. Il paraît logique de penser que les phénomènes d'altérations qui ont débuté plus précocement sur les zones les plus anciennement émergées ont agi plus longtemps et ont donc conduit à former des dépôts de bauxites plus importants. Mais ce n'est pas forcément le cas car d'autres facteurs sont intervenus comme les conditions de drainages, le paléorelief et la karstification du substratum calcaire. La complexité du phénomène est donc plus grande. Pour en revenir aux Alpilles, en l'état actuel des connaissances, l'âge de formation des bauxites n'est pas connu avec précision de même que l'âge et la nature des roches mères. Avec une émergence du secteur des Alpilles vers la fin du Crétacé inférieur, les terrains d'âges aptien et albien ont pu jouer un rôle important dans l'origine des roches mères des bauxites de cette région. La présence des calcaires lacustres campaniens au-dessus de la bauxite, indique que l'épisode bauxitique s'est produit antérieurement et que les conditions climatiques ont évolué alors que le territoire est demeuré continental. L'arrêt de formation de la bauxite durant le Campanien serait alors probablement lié à une évolution vers un climat plus sec. L'âge des bauxites des Alpilles s'étagerait donc entre 100 et 84 millions d'années.

► Le tracé rejoint une piste DFCI (Défense des Forêts contre l'Incendie). Prendre à droite et descendre jusqu'au prochain embranchement. Remarquer à gauche le mur de soutènement construit avec des roches locales de nature différentes dont de la bauxite (22).





► Au niveau de l'intersection, continuer à gauche. Des plantations d'oliviers bordent le chemin. Observer sur la gauche, les escarpements de roches dont la morphologie fait la renommée du décor naturel des Baux. Il s'agit du calcaire burdigalien que nous avons déjà rencontré au début du parcours (23).

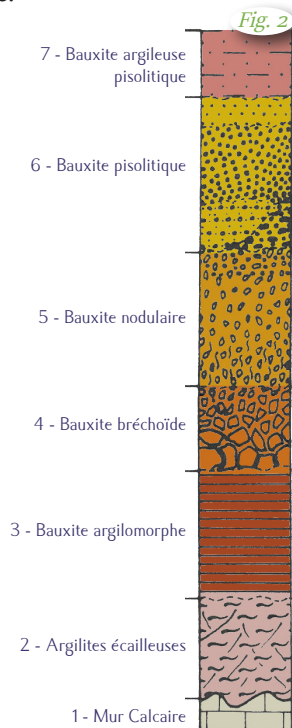
► Pour l'heure, notre découverte de la bauxite se poursuit par une ancienne galerie de reconnaissance, antérieure à la longue période de l'exploitation des Canonnettes, qui apparaît à gauche du chemin (24). Cet affleurement permet d'observer cette roche (25). Elle n'est pas homogène. Des petites structures dont certaines sont





angulaires et d'autres arrondies, se distinguent au sein de la roche. Ces dernières sont qualifiées de nodulaires. Certaines d'entre elles présentent une sorte d'enveloppe (un cortex) qui se différencie du cœur de la structure. Elles constituent alors des « pisolites ». Ces différentes structures, parfois interprétées comme d'origine détritique, se retrouvent à l'identique dans les formations latéritiques des zones intertropicales où, comme dans les bauxites des Alpilles, leur formation se fait sur place suivant des processus de différenciation géochimiques qui accompagnent l'enrichissement en minéraux ferrugineux et alumineux. Ainsi, l'évolution des structures angulaires, puis nodulaires et enfin pisolitiques, s'organise de bas en haut au sein du profil d'altération. L'observation menée sur l'ensemble du site permet donc de constater que la bauxite présente des variations assez importantes dans son aspect. Ces variations témoignent de la complexité structurale et géochimique de cette roche liée aux conditions dans lesquelles elle s'est formée.

► Dans les années 1980, grâce en partie à une abondante documentation (relevés, analyses et échantillons de tous les sondages carottés préalables à l'exploitation) fournie par les exploitants de la carrière des Canonnettes, de nouvelles études sur les bauxites des Alpilles ont été menées par Jean-Louis Guendon et Claude Parron. Leurs travaux ont révélé l'existence dans la formation bauxitique, de variations verticales ordonnées, liées aux processus d'altération. Cette évolution est structurale, comme nous l'avons indiqué plus haut à propos des nodules et pisolites, mais aussi minéralogique et géochimique. Ainsi les parties profondes des profils bauxitiques présentent généralement des horizons argileux à kaolinite (faciès argilomorphes), qui sont les premières étapes de l'altération, avant d'arriver plus haut aux horizons alumineux à nodules puis à pisolites (fig.2). Tout au sommet des profils bauxitiques on retrouve aussi parfois des horizons à kaolinite. Mais il s'agit alors d'une resilicification des horizons alumineux supérieurs par des apports de silice en relation avec l'histoire post bauxitique.



➤ Ces mêmes travaux ont montré l'existence de variations latérales. Elles peuvent notamment être liées à la topographie de l'époque (paléotopographie) et ses relations avec les conditions de drainage. C'est vraisemblablement ce qui explique les différences entre le gîte des Canonnettes, à l'extrémité occidentale des Alpilles, et celui de la colline de la Pécoule, à l'est du massif (cf. itinéraire n°4). Le premier, avec une bauxite bien développée et très alumineuse reposant sur des calcaires hauteriviens, s'oppose au second constitué d'une formation peu épaisse exclusivement à kaolinite et nodules ferrugineux, qui surmonte des faciès urgoniens du Barrémien. Ce dernier gîte pouvait occuper une position topographique moins favorable aux drainages. L'altération bauxitisante, ainsi que la karstification du mur, y auraient donc été moins poussées qu'aux Canonnettes. Ailleurs, le drainage a pu être également influencé par l'infiltration des eaux dans le karst sous-jacent. En effet, il a été démontré que la karstification du substratum calcaire et le développement de la bauxite sont très souvent synchrones et procèdent de la même phase d'altération. Cette concomitance a conduit à des interactions entre les deux domaines lithologiques. La karstification du mur a pu par exemple, participer activement à l'élaboration de la bauxite en fournissant des argiles, résidus de la dissolution des calcaires. Mais elle a aussi pu participer à son enrichissement local en aluminium, en particulier dans les dépressions karstiques du mur qui sont des zones particulières d'infiltration des eaux et donc de meilleur drainage. L'affaissement par dissolution karstique du substratum carbonaté sous la couverture bauxitique en formation a également entraîné un soutirage et donc un enfoncement mécanique de cette couverture. Il en résulte des structures et des organisations particulières, notamment :

- des plans de glissement striés, notamment dans les faciès argilomorphes ;
- des structures bréchiques résultant du mélange de différents horizons du profil normal par son enfoncement et de son soutirage dans les dépressions karstiques ;
- la superposition de deux ou plusieurs profils plus ou moins bien conservés du fait de l'activité permanente des processus d'altération bauxitisante, de nouveaux profils se développant et se surimposant aux plus anciens soutirés.

Ces résultats montrent le degré de complexité élevé de l'épisode bauxitique et la difficulté d'interprétations et de compréhension des profils.

➤ Poursuivre le chemin. En haut de la montée, sur la gauche, observer l'orifice d'un ancien puits d'aération de mine, obturé par un grillage. La création d'une bonne circulation de l'air dans les exploitations minières est un élément très important de sécurité pour les hommes qui y travaillent. En effet, en milieu clos, les gaz toxiques, comme le dioxyde de carbone rejeté par la respiration et le monoxyde de carbone rejeté par certaines machines, peuvent s'accumuler et atteindre des concentrations létales. À ce risque s'ajoute une augmentation de la température avec la profondeur qui entraîne des conditions de travail particulièrement pénibles. L'apport d'air depuis l'extérieur réduit ces risques et nuisances. Ainsi, les puits améliorent considérablement les conditions de travail en créant une circulation qui assure un renouvellement constant de l'air ambiant. Ils constituent également un point d'accès qui peut servir d'issue de secours en cas d'accidents.

► Vous pouvez apercevoir ensuite, à gauche du chemin, une construction en pierre, adossée à un gros rocher de calcaire burdigalien (26). Cet habitat semi-troglodyte constitue un joli exemple d'utilisation par l'homme, des opportunités offertes par la géomorphologie du milieu naturel. Cet énorme bloc provient de la paroi sommitale de laquelle il s'est détaché. À sa surface, les couches sédimentaires se distinguent. Elles présentent une inclinaison proche de  $45^\circ$  par rapport à l'horizontale qui ne correspond pas au véritable pendage car le bloc n'est plus dans sa position initiale. Dans la pente, entre le sommet de la colline et le chemin, de nombreux autres blocs similaires, pesant plusieurs tonnes sont visibles. Cet amoncellement désordonné de blocs détachés de la paroi par des phénomènes érosifs constitue un « chaos » (27).





➤ À l'intérieur de l'habitat, les couches de calcaires campaniens apparaissent et constituent le soubassement sur lequel repose les murs constitués de pierres qui sont majoritairement en calcaires burdigaliens (28). La distinction entre ces deux roches est facile du fait de leur nature différente : calcaire lacustre campanien et calcaire biodétritique marin burdigalien ne peuvent se confondre.

➤ Retourner sur vos pas afin d'atteindre l'intersection entre la piste DFCI sur laquelle vous vous déplacez et le chemin que vous avez quitté juste après le premier affleurement de bauxite. Ne pas retourner sur l'affleurement. Poursuivre sur la piste DFCI qui monte. En bordure du chemin, juste avant un virage, un grand bloc de calcaire burdigalien permet d'observer une cavité qui est un exemple d'altération caractéristique de cette roche (29). La nuit, des phénomènes de condensation à partir de l'humidité présente dans l'air ambiant peuvent se produire dans des recoins abrités et moins chauds du relief rocheux. Cette eau de condensation s'infiltre par capillarité entre les grains de roche et dissout faiblement un peu de matière. Avec l'évaporation diurne, les éléments dissous cristallisent et font se disjoindre les grains. Lorsque le vent souffle, il déblaise la roche désagrégée. Avec le temps le phénomène



s'accroît car la condensation se concentre de mieux en mieux à l'intérieur de la cavité qui ainsi va se développer. Ces cavités arrondies, qui peuvent atteindre des tailles considérables, se nomment « taffonis ». Ce mot d'origine corse est utilisé pour décrire ce type d'altération d'ordre physico-chimique liée à la qualité de cette roche.

► La montée permet d'observer, au milieu de la végétation, des blocs détachés qui sont tombés et ont glissé dans la pente (30). Les calcaires du sommet, encore en place, permettent d'apprécier le véritable pendage des couches par opposition à ceux visibles dans les blocs éboulés. On retrouve ensuite les calcaires campaniens dont les couches (= strates) apparaissent dans le talus qui borde la piste (31).



➤ Des petites cavités, colmatées par de la calcite apparaissent par endroit (32). Ces figures sont interprétées comme étant des vestiges de cavités formées par des phénomènes de dissolution au sein desquels des processus géochimiques, intervenus après la transformation du sédiment en roche (= phénomènes de diagenèse tardive), ont permis le développement de gros cristaux de calcite dans les vides résiduels.

➤ Au niveau de l'intersection, emprunter le chemin de gauche qui vous permet de longer un réservoir d'eau potable. Depuis 1996, le Syndicat Intercommunal à Vocation Unique (SIVU) constitué par les communes de Fontvieille, Les Baux, Le Paradou et Maussane est propriétaire du site sur environ 74 hectares. Des captages dans les réserves aquifères qui se sont constituées dans les anciennes galeries d'exploitation ont été réalisés afin d'alimenter les quatre communes. La capacité de stockage de l'eau provenant des infiltrations depuis la surface, dans l'ancien réseau d'exploitation souterraine, représente un volume de l'ordre de 500 000 m<sup>3</sup>.

➤ Le chemin débouche ensuite sur la partie haute de l'ancienne exploitation. Les calcaires campaniens affleurent de part et d'autre. Ils forment un pli assez net dont les couches, convexes vers le haut, forment une structure dite anticlinale (33). Ce pli est un modeste témoignage des déformations postérieures aux dépôts réalisés sur une surface sub-horizontale lors de la phase de sédimentation. Il est la conséquence d'un phénomène de grande ampleur qui a agi sur ces dépôts en les plissant. Nous sommes en présence d'un indice lié aux deux grandes phases tectoniques qui ont affectées notre région au cours du Cénozoïque : la phase de formation des Pyrénées et de la Provence (phase pyrénéo-provençale) entre 80 et 40 millions d'années et la phase de formation des Alpes depuis 20 millions d'années.

➤ Tourner à droite et longer la zone qui a été excavée à ciel ouvert et aménagée au début de l'exploitation afin d'installer notamment la sortie du convoyeur et permettre le stockage du minerai. En grande partie réhabilitée à l'issue de l'exploitation, tous les accès à la mine dont les deux descenderies et la galerie d'aération, ont été obturés. L'apport de terre a permis à la végétation de recoloniser rapidement le lieu. Aujourd'hui le contact entre la bauxite et le calcaire hauterivien n'est plus visible. Les travaux de réhabilitation du site ont masqué ces zones sans conserver une coupe géologique de référence. Or, la singularité de certaines coupes de terrains mis au jour au niveau des fronts de tailles peuvent constituer des patrimoines géologiques uniques. À ce titre, leur conservation doit être une priorité. Cela ne veut pas dire qu'il ne faut pas réhabiliter. Il faut agir de manière à accélérer le processus naturel, tout en conservant et valorisant les zones qui présentent un intérêt géologique ou paléontologique. Le géopatrimoine préservé apporte ainsi une nouvelle dimension au site en ajoutant une valeur culturelle, touristique et scientifique



supplémentaire. Si la démarche se développe notamment pour les exploitations en activités, grâce à des actions telles que l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG), il est important d'associer des géologues dans les réflexions visant à réhabiliter les anciennes exploitations minérales.

► Poursuivre en direction de l'ouest afin de regagner le point de départ.



33

#### ***Pour en savoir plus :***

Bardossy G., 1997, Berthier, *Les Baux et l'histoire de la bauxite*. C.R. Acad. Sci. Paris, t.324, série Ila, p. 1031-1040.

Coquand H., 1871, *Sur les bauxites de la chaîne des Alpes (Bouches-du-Rhône) et leur âge géologique*. Bull. Soc. Géol. France, (3), 15, p. 98-115.

Guendon J.-L. et Parron C., 1983, *Bauxites et ocres crétacées dans le sud-est de la France*. Trav. Lab. Sci. Terre, St. Jérôme, Marseille, B, 23, 142 p.

Lajoinie J.-P. et Laville P., 1979, *Les formations bauxitiques de la Provence et du languedoc. Dimensions et distribution des gisements*. Mémoire du BRGM, Orléans, 100, 146 p.

Parron C., Guendon J.-L., Boulange B. et Bocquier G., 1983, *Bauxites du Midi de la France, évolutions minérales et microstructurales, mécanisme de la bauxitisation sur substrat carbonaté*. Trav. Lab. Sci. Terre, St. Jérôme, Marseille, X, 54, 51 p.

Parron C. et Guendon J.-L., 1985, *Les altérites médiocrétacées de Provence (bauxites et ocres) : caractères et relations paléogéographiques*. Géologie de la France, BRGM, Orléans, n° 2, p. 137-150.

Philip J. 2012, *L'exploration géologique de la Provence*. Presses des Mines, Paris, 366 p.

#### ***Remerciements :***

Pour leurs précieux conseils lors de la rédaction des *Itinéraires géologiques du Musée Urgonia*, le musée Urgonia remercie chaleureusement les géologues Jean-Louis Guendon, Patrick Gaviglio et Jean-Claude Hippolyte.

# LE MUSÉE

Spécialisé dans le géopatrimoine et référent pour le géotourisme sur le territoire, il aborde également la thématique archéologique et la biodiversité à travers ses expositions permanentes et temporaires.

L'objectif des ateliers consiste à faire découvrir le patrimoine local autrement que par la visite commentée traditionnelle, en alliant la théorie à la pratique afin qu'il y en ait pour tous les âges et tous les goûts.

## HORAIRES D'OUVERTURE

Du lundi au samedi de 10h à 12h et de 14h à 17h30.

Fermé le dimanche et les jours fériés.

## TARIFS

Visite libre du Musée : gratuit.

Visite commentée du Musée ou du Sentier de la Pierre : plein tarif - 3€

Ateliers pédagogiques : plein tarif - 3€

Ateliers de dégagement de fossiles : plein tarif - 5€

► Tarifs réduits pour les groupes et scolaires : merci de contacter le Musée.

## CONTACT

Chemin des Aires | 13 660 Orgon

04 90 73 09 54

urgonia.publics@gmail.com

www.musee-urgonia.fr



Livret réalisé par le Service des Publics du Musée Urgonia dans le cadre du projet LEADER Pays d'Arles.

© Tous droits réservés, 2020.

© Crédits photos : Musée Urgonia.