ANNEXE 1 : LES SITES D'INTERET GEOLOGIQUE
SUR LE TERRITOIRE DU MASSIF DES MAURES ET DE L'ESTEREL

Eléments constitutifs pour un projet UNESCO-Geopark « Maures-Estérel »

Michel Corsini et Jean-Marc Lardeaux

Venu compléter, en 2015, les principaux labels de l'UNESCO (Patrimoine Mondial de l'Humanité, Patrimoine Culturel Immatériel de l'Humanité, Réserves de la Biosphère), le label « UNESCO-Géopark » identifie et met en valeur des territoires reconnus mondialement par des experts scientifiques pour leur histoire et leur nature géologiques exceptionnelles qualifiées d'intérêt universel.

Le territoire du massif des Maures et de l'Estérel abrite des sites exceptionnels qui révèlent un patrimoine géologique d'une grande richesse et d'intérêt pédagogique remarquable. C'est sur la base de ce constat que l'Association « Maures Développement Durable » a décidé d'instruire un dossier de candidature au label « UNESCO-Géopark ».

À la demande de cette association, nous avons réalisé un inventaire et une description détaillée de tous les sites géologiques présentant les qualités d'intérêt scientifique et d'accessibilité au grand public afin de soutenir la rédaction de ce dossier de candidature.

Ce rapport présente une justification des critères de sélection des sites, la liste de tous les sites potentiels et, enfin, pour chacun des sites retenus, une fiche descriptive.

A- La liste des sites remarquables :

Les sites sélectionnés présentent tous des roches ou des structures remarquables, à fort potentiel pédagogique pour les lycées et collèges, les universitaires mais aussi pour le grand public. En outre ils présentent tous de bonnes conditions d'accessibilité. Enfin et c'est un point essentiel dans la perspective d'un dossier de candidature UNESCO-Géopark, ils ont fait l'objet d'études scientifiques poussées et validées par des publications dans des revues scientifiques internationales.

Entre Maures et Estérel, nous avons retenu *in fine* 23 sites qui nous semblent dignes d'être présentés dans le cadre de la candidature envisagée.

Nous avons choisi de présenter la liste de ces sites dans un ordre chronologique permettant de décliner, dans le temps, les différentes étapes de la formation puis de la fragmentation du supercontinent de la Pangée.

1- <u>Les grandes étapes de l'évolution de la chaîne varisque, témoins de la formation de la Pangée :</u>

L'ancien domaine océanique et sa fermeture *(« à la recherche de l'océan disparu »)* (-500 à -360 Ma) :

- Les schistes à graptolites du Mont Fenouillet (Hyères) (1)
- Les complexes leptyno-amphibolites de la plage de Sylva Bella (La Croix Valmer) (2)
- La carrière de péridotite serpentinisée de la Carrade (La Croix Valmer) (3)
- La rodingite de Collobrières (4)
- Le cap du Pinet (Ramatuelle et Saint Tropez) (5)

La collision continentale (*« à la recherche de l'Himalaya varois »)* (-360 à -330 Ma) :

- Les schistes à chlorite de la Tour Fondue (Hyères) (6)
- Les micaschistes de Brégançon (Bormes les Mimosas) (7)
- Les micaschistes à minéraux géants de la plage du Canadel (8)
- Les micaschistes à minéraux géants du col du Canadel (8')
- Les micaschistes de la plage du Rayol (9)
- Les orthogneiss de la Route des Crêtes, Cols de Caguo-Ven et de Landon (Bormes les Mimosas) (10)
- La zone plissée et cisaillée de la plage de Saint Clair (Le Lavandou) (11)

L'érosion et la destruction des reliefs *(« à la recherche du littoral de la Pangée »)* (-330 à -300 Ma) :

- Les migmatites de Cavalaire (12)
- La carrière de Reverdi (Plan de la Tour) (13)
- Les granite de Cap Camarat et Cap Taillat (Ramatuelle) (14)
- Le bassin carbonifère intra-montagneux du Reyran (Fréjus) (15)

2- <u>Le bassin permien, témoin de la fragmentation de la Pangée *(« à la recherche du rift et des volcans varois »*)</u>

Les marqueurs sédimentaires :

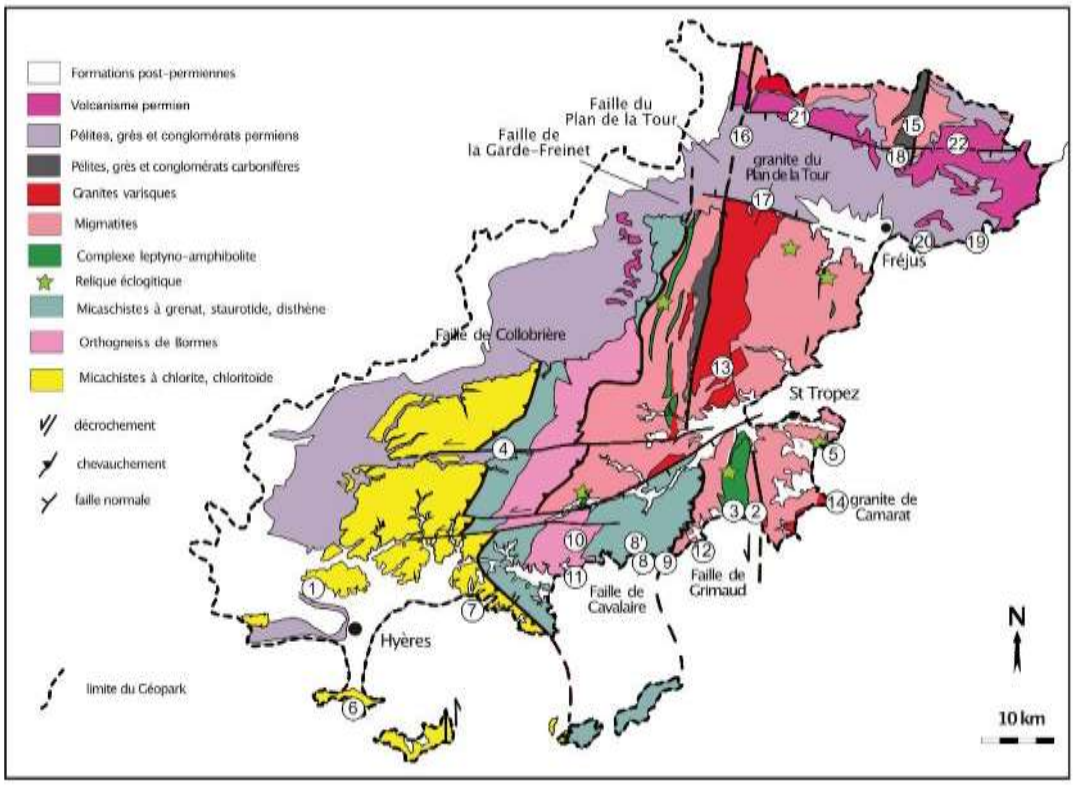
- La carrière du Mitan (Le Muy) (16)
- Le rocher de Roquebrune-sur-Argens (17)

Les marqueurs volcaniques :

- Les coulées volcaniques du Reyran (Fréjus) (18)
- Le volcanisme explosif de la plage d'Aigue Bonne (Saint-Raphaël) (19)
- Le volcanisme de la batterie du Lion (Saint-Raphaël) (20)
- Les épanchements ignimbritiques en nappes des gorges du Blavet (Bagnols-en-Forêt) (21)
- Les rhyolites fluidales du Mont Vinaigre (Fréjus) (22)

B- La carte des sites remarquables :

L'ensemble des 23 sites identifiés sont localisés sur la carte géologique simplifiée des formations géologiques anté-triasiques identifiées sur le territoire Maures-Estérel. Cette carte géologique intègre les résultats les plus récents publiés depuis les 20 dernières années au niveau international.

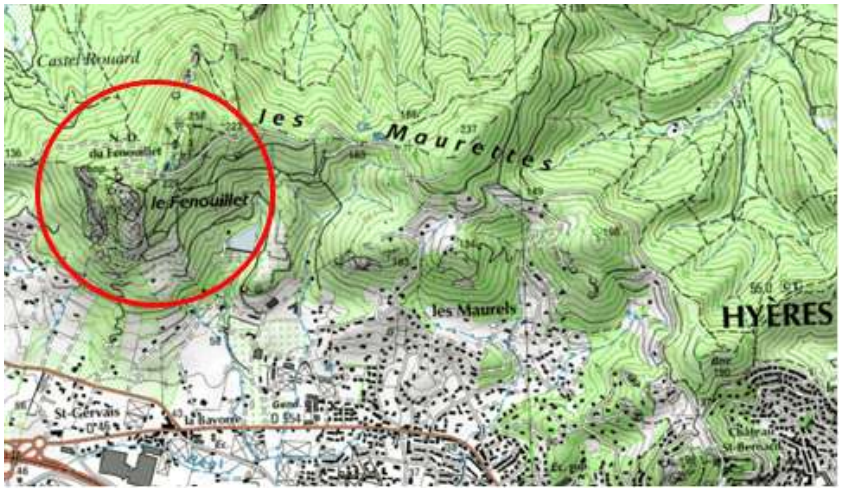


Localisation des 23 sites d'intérêt géologique à intégrer dans le projet UNESCO-Géopark

C- Fiches descriptives des sites remarquables

La description de chaque site comprend sa localisation géographique, une description des roches ou structures observables et son intérêt géologique.

1- LES MICASCHISTES A GRAPTOLITES DU FENOUILLET (HYERES)



X	Y
43° 8'8.79"N	6° 5'46.49"E
43,13577500	6,09624722

Description géologique

Les micaschistes à chlorite du massif du Fenouillet résultent du métamorphisme de pélites. Ce sont les terrains les moins métamorphiques de tout le massif des Maures dans lesquels ont été décrits des fossiles de Graptolites, qui ont permis de dater le dépôt des sédiments du Silurien. On peut aussi y observer quelques niveaux de quartzites (anciens grès).

Intérêt géologique

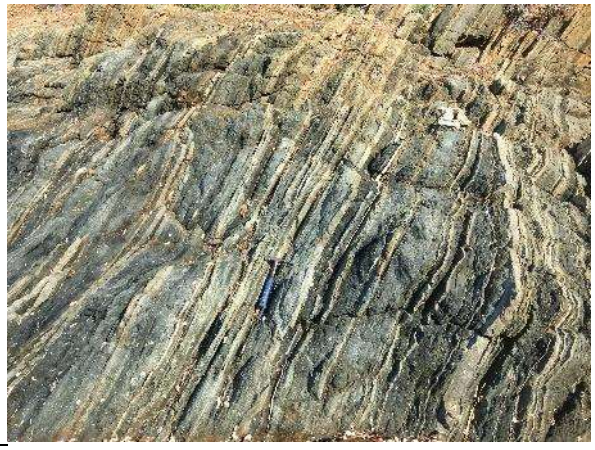
Ce sont les plus vieux dépôts sédimentaires de la chaîne varisque des Maures, datés paléontologiquement. Ils sont caractéristiques d'un environnement marin, témoin de la présence d'un domaine océanique ouvert au Silurien (~ 440 Ma). Ce sont les plus vieux fossiles de Provence.

2. LA PLAGE DE SYLVA BELLA (LA CROIX-VALMER)

Localisation

X	Y
43° 11'14.81"N	6° 34'20.29"E
43.1874472	6.5723028

Description géologique



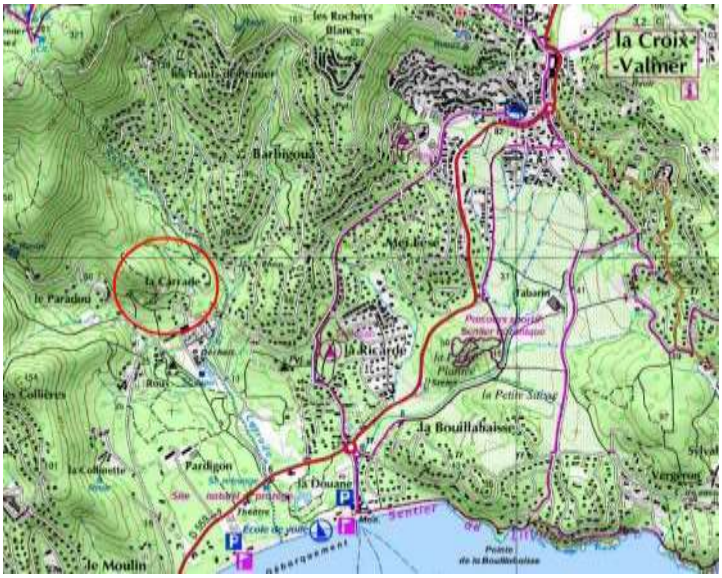
Il s'agit d'un affleurement typique du Complexe Leptyno-Amphibolitique (CLA), constitué par un assemblage de roches métamorphiques litées en alternances claires (leptynites) et sombres (amphibolites). Ces roches qui ont subi un métamorphisme important sont issues de la transformation de roches volcaniques acides (leptynites, anciennes rhyolites) et basiques (amphibolites, anciens basaltes ou gabbros). Localement s'intercalent en concordance avec la foliation des faciès plus grossiers dans lesquels on peut identifier les amphiboles, les feldspaths et des grenats.

Intérêt géologique

Le CLA correspond à une association des roches volcaniques (magmatisme bimodal) mises en place lors d'une phase d'extension de la croûte continentale (rifting continental) associée à l'ouverture d'un domaine océanique daté du Cambrien (- 500 Ma).

3. LA CARRIERE DE LA CARRADE (LA CROIX VALMER)

Localisation



X	Y
43°11'55.33"N	6°32'42.58"E
43,19870278	6,54516111

Description géologique

La carrière de la Carrade a exploité des lentilles décamétriques de serpentinites. Ces roches proviennent du métamorphisme de la péridotite, qui est la roche typique du manteau terrestre. Elles sont généralement associées aux complexes leptyno-amphibolitiques avec lesquels elles constituent la mémoire d'une portion de lithosphère océanique (complexe ophiolitique).

Intérêt géologique

Cette roche témoigne de la présence d'une lithosphère océanique. Il s'agit également d'un site historique dans lequel le fer chromaté a été décrit en 1787, comme une nouvelle espèce par Vauquelin et classé par Haüy dans son Traité de Minéralogie (1801).

4. LA RODINGITE DE COLLOBRIERES

Localisation

X	Y
43°14'14.26"N	6°18'33.33"E
43.2372944	6.3091667

Description géologique

Les rodingites sont des roches métamorphiques carbonatées (ici avec de grands cristaux de calcite rose) et magnésiennes et donc également riches en chlorite et parfois grenats. Elles sont associées à des amphibolites qui sont d'anciens basaltes. Ces rodingites sont caractéristiques d'un hydrothermalisme océanique.

Intérêt géologique

Les rodingites sont les marqueurs des transformations chimiques et minéralogiques liées aux circulations de fluides hydrothermaux dans la croûte océanique. Ces roches témoignent de l'existence d'une croûte océanique au Cambro-Ordovicien.

5. LE CAP DU PINET (SAINT TROPEZ)

Localisation

X	Y
43°14'43.93"N	6°40'20.23"E
43.2452778	6.67222223

Description géologique

Le site du Cap Pinet présente une lentille décamétrique d'amphibolite à grenat. L'association minéralogique observable sur le terrain, à amphibole, plagioclase et grenat, dérive de l'évolution (on parle de rétromorphose) d'une association antérieure à omphacite et grenat qui correspond au faciès Eclogite. Les éclogites sont des roches métamorphiques qui se forment dans les zones de subduction. Sur ce site, ces roches dérivent d'anciens basaltes océaniques. L'évolution métamorphique enregistrée par ces roches indique leur passage en subduction (facies Eclogite) au Dévonien, puis leur remontée vers la surface (facies Amphibolite, puis facies Schistes Verts) au Carbonifère.

Amphibolites à reliques éclogitiques

Grenat à couronne réactionnelle

Intérêt géologique

Ces roches exceptionnelles sont les témoins de la subduction océanique au Dévonien.

6. LES MICASCHISTES A CHLORITE DE LA TOUR FONDUE (HYERES)

Localisation Sentier du littoral à partir de la Tour Fondue.

X	Y
43° 1'36.30"N	6° 9'19.43"E
43.0266667	6.15527778

Description géologique

Ce site présente une alternance de micaschistes à chlorite (souvent nommés « phyllades »dans les anciennes cartes géologiques françaises) et de quartzites intensément plissés. Ces deux lithologies sont d'anciens sédiments (pélites et grès), faiblement métamorphiques, mais très déformés durant la collision continentale.

Intérêt géologique

Roches métamorphiques typiques des zones externes des chaînes de montagnes et plissées durant la collision continentale au Carbonifère.

7. LES MICASCHITES A CHLORITE ET CHLORITOIDE DE BREGANCON (BORMES-LES-MIMOSAS)

Localisation

X	Y
43° 6'3.63"N	6°19'19.88"E
43.1008333	6.32194445

Description géologique

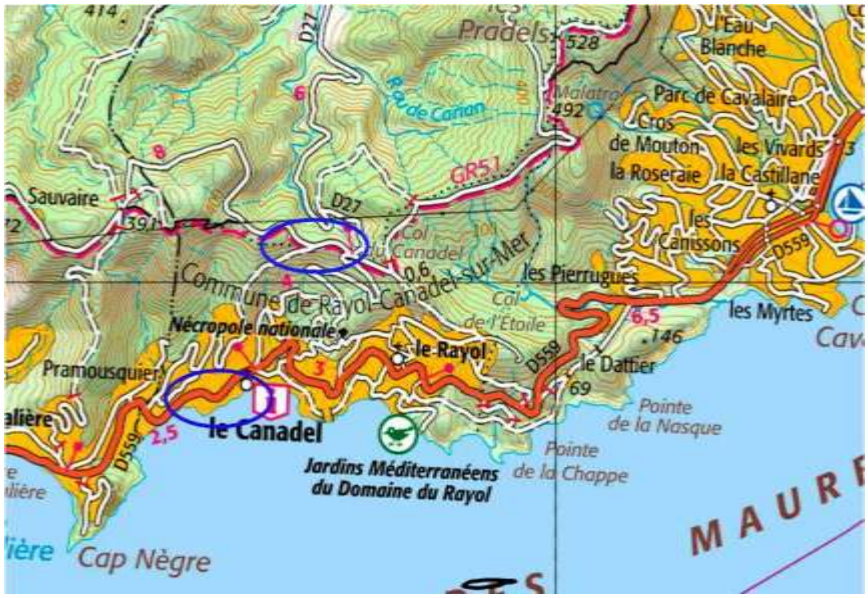
L'affleurement montre l'alternance de micaschistes à chlorites et micas blancs (muscovites) et de quartzites. Dans les niveaux les plus fins des micaschistes on peut observer du chloritoïde. Ces roches métamorphiques dérivent d'anciennes pélites et d'anciens grès interprétés comme un dépôt sédimentaire de type flysch, métamorphisé durant la collision continentale.
L'ensemble est plissé et schistosé.

Intérêt géologique

Métamorphisme et déformation typique de la collision continentale d'âge Carbonifère.

8. LES MICASCHISTES DU CANADEL

Localisation : 2 sites d'observation sont conseillés, l'un sur la plage, l'autre au Col du Canadel.



Col du Canadel	
X	Y
43°10'8.96"N	6°28'27.39"E
43,16915556	6,47427500

Plage du Canadel	
X	Y
43° 9'26.78"N	6°27'43.37"E
43,15743889	6,46204722

Description géologique

Les micaschistes du Canadel sont des roches métamorphiques riches en minéraux de très grandes tailles (minéraux géants) en particulier, les grenats, les staurotides et les disthènes. Cet assemblage métamorphique est caractéristique de la collision continentale d'âge Carbonifère dans la chaîne varisque.
Les roches affectées par ce métamorphisme étaient originellement des sédiments détritiques variés (argiles, sables, conglomérats).

Intérêt géologique

Métamorphisme et déformation typique de la collision continentale.
Observation des minéraux dans des conditions exceptionnelles.

9. LES MICASCHISTES DU RAYOL

Localisation

Plage du Rayol	
X	Y
43° 9'20.74"N	6°28'44.13"E
43,15576111	6,47892500

Description géologique

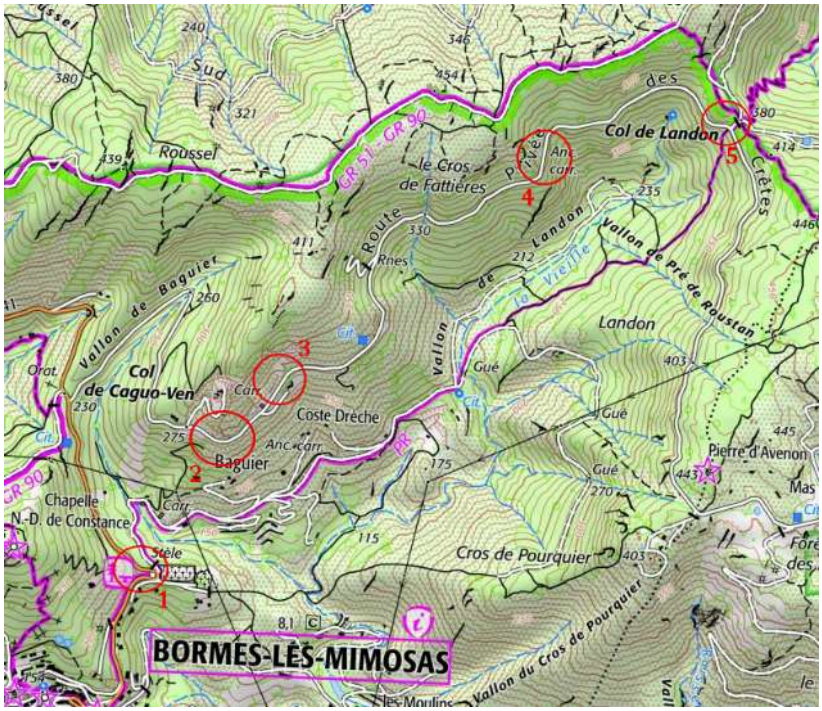
Les micaschistes du Rayol permettent d'observer des structures tectoniques associées au raccourcissement et à l'épaississement lié à la collision continentale (plis, schistosité, cisaillement inverse) d'âge Carbonifère.

Intérêt géologique

Déformation en compression et structures tectoniques typique de la collision continentale.

10. LES ORTHOGNEISS DE BORMES (BORMES-LES-MIMOSAS)

Localisation : itinéraire avec plusieurs arrêts possibles depuis la sortie nord de Bormes les Mimosas et le long de la route des Crêtes entre les cols de Caguo-Ven et de Landon. 5 arrêts sont suggérés, mais l'observation des roches est possible de façon continue le long de la route des Crêtes.



1	43,154996	6,346686
2	43,159635	6,349639
3	43,160930	6,351699
4	43,168192	6,362959
5	43,168675	6,371191

Description géologique

Cet itinéraire permet d'observer des orthogneiss, souvent nommés « gneiss oeillés », qui dérivent du métamorphisme et de la déformation d'un ancien granite. Ce méta-granite, très riche en méga-cristaux de feldspaths potassiques, montre une déformation hétérogène avec des faciès rubanés (très déformés) et des faciès oeillés (moins déformés).

Intérêt géologique

Déformation des granites de la croûte continentale durant la collision au Carbonifère.

11. LA PLAGE DE SAINT-CLAIR (LE LAVANDOU)

Localisation

X	Y
43° 08'19.56"N	6° 22'55.50"E
43.1387695	6.382085623

Description géologique

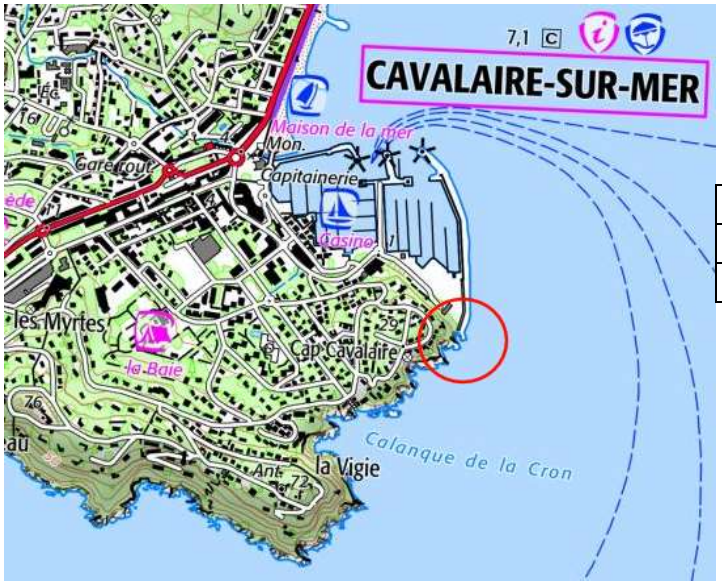
Les micaschistes à grenat, staurotide et disthène de la plage de Saint Clair présentent les traces d'une intense déformation ductile très localisée et marquée par un très fort étirement avec la présence de plis en fourreaux.
Cette localisation de la déformation correspond à l'existence d'une zone de cisaillement ductile chevauchante au sein des micaschistes.

Intérêt géologique

Structures tectoniques compressives de la collision continentale du Carbonifère dans des conditions de cisaillement ductile.

12. LES MIGMATITES DE CAVALAIRE (CAVALAIRE)

Localisation



X	Y
43°10'8.29"N	6°32'23.38"E
43.1688889	6.539722223

Description géologique

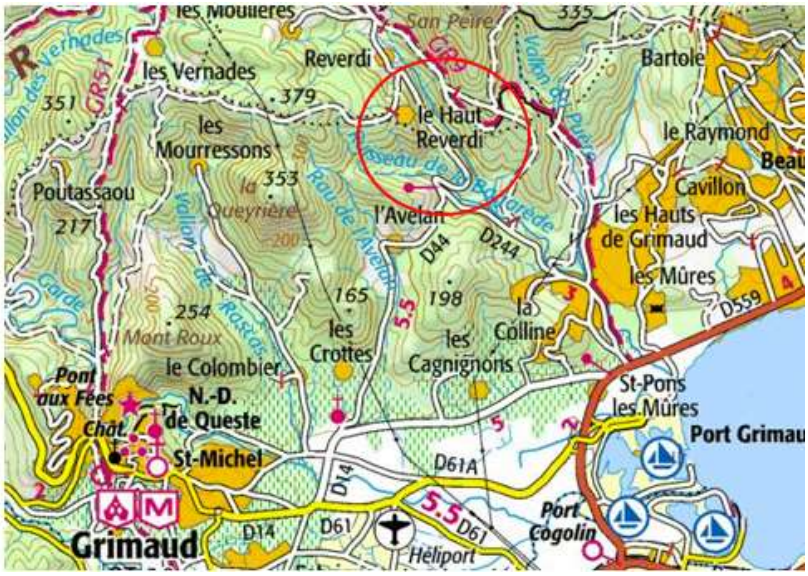
Les gneiss migmatitiques du port de Cavalaire sont des roches métamorphiques issues de la transformation minéralogique et structurale des roches de la croûte continentale enfouies pendant la collision. Les gneiss présentent une foliation soulignée par l'alternance de lits clairs riches en quartz, muscovite et feldspath, et de lits sombres riches en biotite. En outre, la présence de leucosomes, lentilles de composition granitique (quartz, feldspath et muscovite) intercalées dans la foliation, montre que ces gneiss ont partiellement fondu. On les appelle alors gneiss migmatitiques ou migmatites.
Ces migmatitiques présentent une intense déformation ductile marquée par le boudinage et le plissement de la foliation.

Intérêt géologique

Ces roches sont des marqueurs de la fusion partielle qui accompagne l'exhumation de la racine orogénique lors de la phase de désépaississement crustal tardi-orogénique.

13. LA CARRIERRE DE REVERDI (PLAN DE LA TOUR)

Localisation



X	Y
43°18'3.15"N	6°33'22.72"E
43,30087500	6,55631111

Description géologique

Granite intrusif

Migmatite

La carrière expose de façon très spectaculaire plusieurs roches magmatiques issues soit de la fusion partielle du manteau (la granodiorite) soit de la croûte continentale préalablement épaissie (les leucogranites).
Ces roches magmatiques sont intrusives dans des migmatites, roches métamorphiques partiellement fondues.

Intérêt géologique

Ce site offre des témoins variés des processus de fusion partielle qui affectent les parties les plus profondes de la chaîne de collision varisque à la fin du Carbonifère. Cette fusion partielle accompagne l'exhumation de la racine orogénique.

14. LES GRANITES CAP CAMARAT- CAP TAILLAT (RAMATUELLE)

Localisation

X	Y
43°12'0.23"N	6°40'31.34"E
43.2	6.67527778

Description géologique

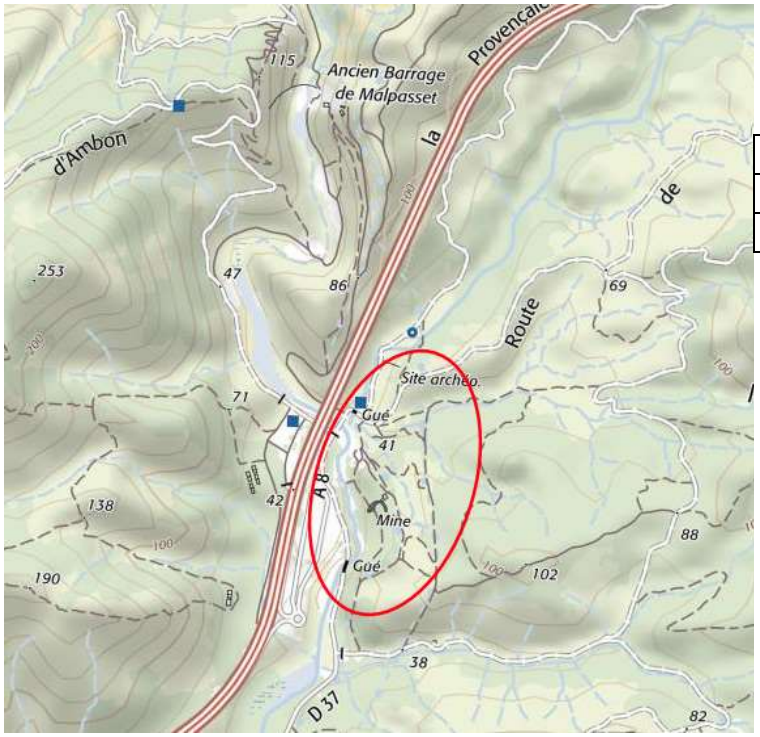
Entre le Cap Camarat et le Cap Taillat affleurent plusieurs plutons de granite emboités de forme allongée selon une direction Est-Ouest. Ils se présentent sous deux facies principaux, l'un à grain fin et l'autre à grain grossier, tous les deux riches en quartz, muscovite, biotite et parfois cordiérite et andalousite. Ces corps granitiques qui recoupent tardivement les migmatites sont daté du Carbonifère supérieur.

Intérêt géologique

Ces granites tardi-orogéniques se mettent en place pendant l'exhumation et la fusion de la croûte continentale dans les derniers stades d'évolution de la chaîne.

15. LE CARBONIFERE DU REYRAN (FREJUS)

Localisation



X	Y
43°30'3.04"N	6°45'31.87"E
43.5008333	6.75885278

Description géologique

Le site montre des sédiments, riches en fossiles de végétaux, qui se sont déposés dans un bassin intracontinental d'âge Stéphanien (300 Ma).

Intérêt géologique

Bassin intra-montagneux témoin de la disparition des reliefs (érosion intense de la chaîne varisque) dans les stades tardifs du Carbonifère permettant le retour à une épaisseur « normale » de la croûte continentale préalablement épaissie.

16. LA CARRIERE DU MITAN (LE MUY)

Localisation

X	Y
43°30'8.56"N	6°35'0.23"E
43.5022222	6.58333334

Description géologique

Sédiments détritiques fins (pélites) qui ont enregistrés de manière très caractéristique les conditions du milieu de dépôt en domaine continental lacustre (rides de courant, gouttes de pluie) dans un environnement chaud et humide typique du climat du territoire considéré au Permien.

Intérêt géologique

Témoin sédimentaire de la formation du rift continental du Bas Argens au Permien.

17. LE ROCHER DE ROQUEBRUNE (ROQUEBRUNE-SUR-ARGENS)

Localisation

X	Y
43°27'16.64"N	6°35'35.81"E
43.4544444	6.59328056

Description géologique

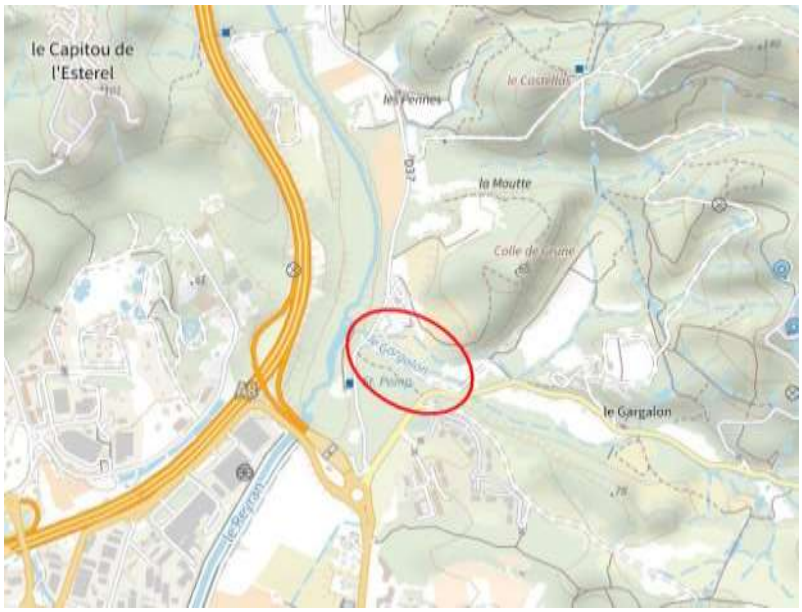
Le rocher de Roquebrune est constitué par un ensemble de roches détritiques : conglomérats, grès et pélites. Les conglomérats grossiers renferment des galets de granite et de rhyolite provenant de l'érosion du massif granitique du Plan de la Tour et de filons, situés à proximité immédiatement du rocher. On observe à l'échelle de l'affleurement de nombreuses structures de ravinements avec la formation et le comblement de chenaux sédimentaires, marqués par des surfaces d'érosion et des dépôts granoclassés.

Intérêt géologique

Le rocher de Roquebrune correspond à un ancien cône de déjection, qui alimentait en éléments détritiques le fossé Permien du Bas-Argens.
D'un point de vue morphologique, le rocher de Roquebrune constitue un bel exemple d'inversion de relief.

18. LE VOLCANISME DU REYRAN (FREJUS)

Localisation



X	Y
43°28'27.44"N	6°44'45.15"E
43.4741667	6.745833334

Description géologique

Coulée de roche volcanique basique sous-lacustre, marquée par la formation de structures en coussins, interstratifiées dans les pélites et les calcaires lacustres du Permien.

Intérêt géologique

Coulées volcaniques basiques associées à la formation du rifting continental Permien de l'Argens et mises en place dans un ancien lac.

19. LE VOLCANISME DE LA PLAGE D'AIGUE BONNE (SAINT RAPHAEL)

Localisation

X	Y
43°25'3.17"N	6°49'54.37"E
43.4175	6.8316667

Description géologique

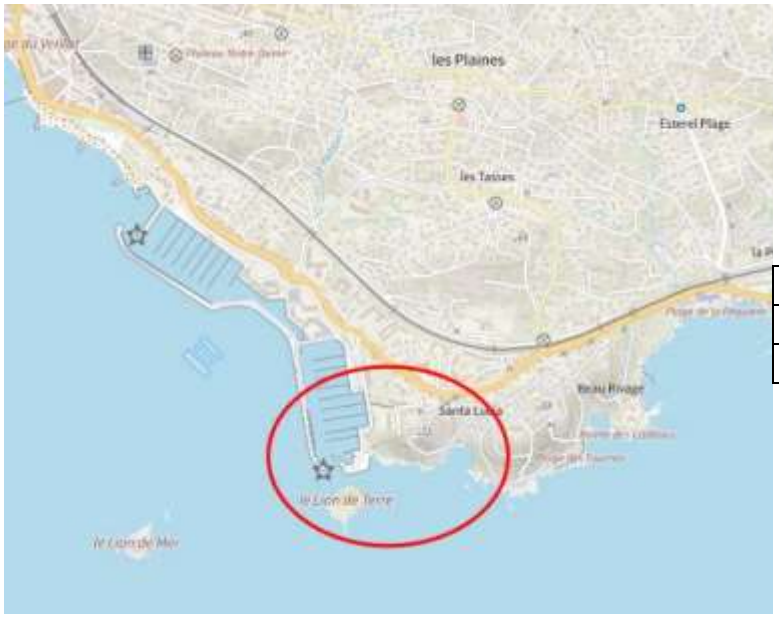
Le site expose des dépôts pyroclastiques basiques avec des tufs, des lapillis et des bombes volcaniques et témoigne du caractère parfois explosif du volcanisme d'âge Permien. Les tufs basiques contiennent des feldspaths blancs (Labrador) de taille centimétrique.

Intérêt géologique

Manifestation volcanique basique associée à la formation du rift continental d'âge Permien du Bas-Argens.

20. LE VOLCANISME DE LA BATTERIE DU LION (SAINT RAPHAEL)

Localisation



X	Y
43°24'33.54"N	6°47'2.28"E
43.4091667	6.78388889

Description géologique

Ce site permet l'observation d'une très belle coulée prismée en éventail, indiquant un centre d'émission volcanique probable. La roche est un trachyte quartzifère. Cette coulée s'est mise en place sous forme de dôme.

Intérêt géologique

Volcanisme acide associé à la formation du rift continental d'âge Permien du Bas-Argens.

21. LES IGNIMBRITES DES GORGES DU BLAVET (BAGNOLS-EN-FORET)

Localisation

X	Y
43°30'58.88"N	6°39'7.63"E
43.5152778	6.65194445

Description géologique

Coulées de rhyolite ignimbritique correspondant à des écoulements volcaniques très riches en gaz et, qui s'écoulent à très haute température sous forme de nappe sur plusieurs dizaines de kilomètres. Ce site offre un très beau panorama sur la dépression permienne de la basse vallée de l'Argens.

Intérêt géologique

Volcanisme acide associé à la formation du rift continental d'âge permien du Bas-Argens.
Panorama d'ensemble sur la dépression permienne de la basse vallée de l'Argens, qui est une morphologie typique du rift continental.

22. LES RHYOLITES FLUIDALES DU MONT VINAIGRE (FREJUS)

Localisation

X	Y
43°30'13.09"N	6°49'17.09"E
43.5036111	6.821388889

Description géologique

Coulée de rhyolite fluidale subverticale correspondant à un point de sortie de la lave, qui traverse une coulée de rhyolite ignimbritique.

Intérêt géologique

Coulée volcanique acide associée à la formation du rift continental d'âge Permien du Bas-Argens.