PROJET D'UNESCO GEOPARK
« MAURES-ESTEREL »

Document proposé par le Conseil d'Orientation Scientifique et Culturel (COSC)

Présentation du projet et argumentaire pour la définition du périmètre du GéoPark « Maures-Estérel »

Troisième version - Février 2021

Préambule: Pourquoi un Géopark "Maures-Estérel" ?

Les Massifs des Maures et de l'Estérel appartiennent à une seule et même entité géologique, que les scientifiques appellent une "*plaque tectonique*", impliquée dans un évènement remarquable de l'histoire mouvementée de la planète Terre, *à savoir la formation puis la fragmentation d'un super-continent, la Pangée.* **Dans l'évolution des visages de la Terre, Maures et Estérel sont donc indissociables.** Un tel évènement a des conséquences considérables pour la formation des roches et des paysages, pour l'évolution de la biodiversité mais aussi pour la formation des ressources naturelles.

En conséquence le projet de Géopark s'organise autour de 3 thèmes principaux:

- C'est tout d'abord au titre **de l'Histoire de la Terre**, que l'inscription à un GéoPark est proposée. *Le territoire candidat est comme une île au sein de la Provence calcaire*. En effet, le Massif des Maures offre des témoins géologiques exceptionnellement clairs et accessibles qui permettent d'illustrer la formation de la plus grande chaîne de montagnes connue dans l'histoire de la Terre, la « chaîne varisque ». La formation de cette chaîne correspond à une étape majeure de l'histoire de la Terre et s'achève, vers – 300 millions d'années, par la formation d'un «supercontinent », la Pangée. A partir de – 295 millions d'années, c'est à dire au Permien, la Pangée va se fracturer en donnant naissance à des grands fossés d'effondrement dans lesquels s'accumulent des sédiments et se mettent en place de nombreux volcans. Le Massif de l'Estérel en est un des plus beaux exemples en France.

- C'est ensuite au titre de **l'Histoire de la Vie et du Climat** que l'inscription est proposée. En effet La répartition chronologique des fossiles s'étend sur toute la période temps considérée et ces fossiles sont très variés en allant des graptolites aux vertébrés les plus divers mais en incluant également de très nombreuses traces (empreintes de pas, traces de fouissage, reptation, impacts de gouttes de pluie, rides de courant...) ainsi que des restes d'arthropodes dont certains ont permis la création de nouveaux genres et espèces. Des fossiles d'une grande originalité ont été identifiés dans le bassin sédimentaire et volcanique d'âge Permien de l'Estérel. Ces données paléontologiques, sédimentaires et volcaniques sont une mémoire de la plus grande crise "biologique" connue dans l'histoire de la planète Terre.

- C'est enfin au titre de **l'Histoire de l'Humanité** que l'inscription est proposée (nombreuses richesses archéologiques, une terre de mines et de ressources minérales, une géologie variée et donc un terroir vinicole riche et diversifié, des ressources géologiques variées et donc un patrimoine architectural le reflétant, ...). C'est ainsi un territoire qui illustre les relations entre le sous-sol et le développement des sociétés humaines au cours du temps. En effet une très grande quantité de ressources minérales y ont été identifiées et utilisées au fil des millénaires passés. Dans un tel contexte, l'histoire de la Terre conditionne en grande partie l'histoire humaine, son architecture, son économie et ses traditions culturelles.

1- Qu'est-ce qu'un GéoPark mondial UNESCO ?

Un GéoPark mondial UNESCO est un espace territorial présentant un héritage géologique d'importance internationale géré à travers une démarche « partant de la base », selon un concept global associant protection, éducation et développement durable.

L'objectif principal d'un GéoPark « *est avant tout d'explorer, de développer et de célébrer les liens entre cet héritage géologique et tous les autres aspects du patrimoine naturel, culturel et immatériel. Il s'agit de reconnecter l'Humanité à tous les niveaux de la planète, "notre maison", et de mettre en relief la façon dont elle a, durant 4 600 millions d'années, façonné les aspects de nos vies et de nos sociétés.* » (http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/)

Le rôle d'un GéoPark mondial UNESCO est aussi d'informer sur le besoin et l'utilisation durable des ressources naturelles exploitées et extraites tout en faisant la promotion du respect de l'environnement et de l'intégrité du paysage.
L'éducation, à tous les niveaux, est au cœur du concept de GéoPark mondial UNESCO. Les GéoParks favorisent la sensibilisation du grand public à l'histoire de la planète telle qu'il est possible de la lire dans les roches, les paysages et les processus géologiques en cours. Ils promeuvent également les liens entre les richesses géologiques des sites et le patrimoine naturel et culturel, en montrant clairement que la géo-diversité est le fondement de tous les écosystèmes et de l'interaction humaine avec le paysage.

Les GéoParks mettent en œuvre des actions de recherche et de préservation sur les patrimoines géologiques en liaison avec les autres patrimoines du territoire (naturel, culturel, immatériel), et de développement économique en particulier dans le secteur du géo-tourisme.

2- GéoPark mondial UNESCO : un label récent au niveau international

Les GéoParks ont été créés en 1991, à la suite du premier colloque international sur le patrimoine géologique et le géo-tourisme qui s'est tenu, en France, dans la Réserve naturelle géologique de Haute-Provence (Mc Keever and Zouros, 2005).

C'est en 2000 qu'est mis en place un Réseau européen des GéoParks afin de valoriser le patrimoine géologique des différents territoires et d'en faire un support d'activité économique.

En 2004 le réseau mondial des GéoParks est créé sous l'égide de l'UNESCO. Cependant ce n'est que depuis le 17 novembre 2015, que les 195 États membres de l'UNESCO ratifient la création d'un nouveau label, les « GéoParks mondiaux UNESCO » (figure 1).

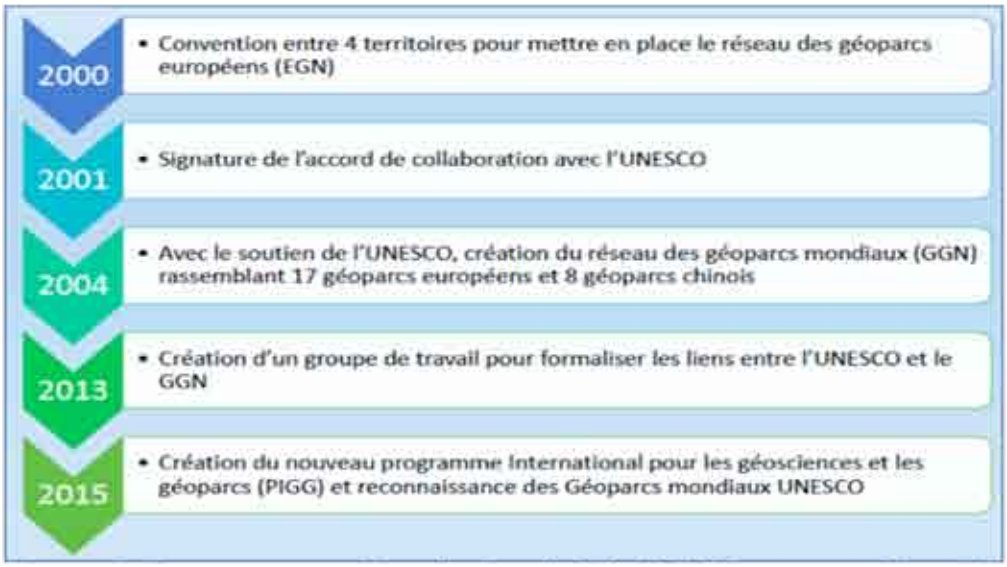


Figure 1 : Le processus de création du label GéoParcs mondiaux UNESCO.

En Europe, depuis les années 2000, les GéoParks connaissent un très fort développement (Fig.2).

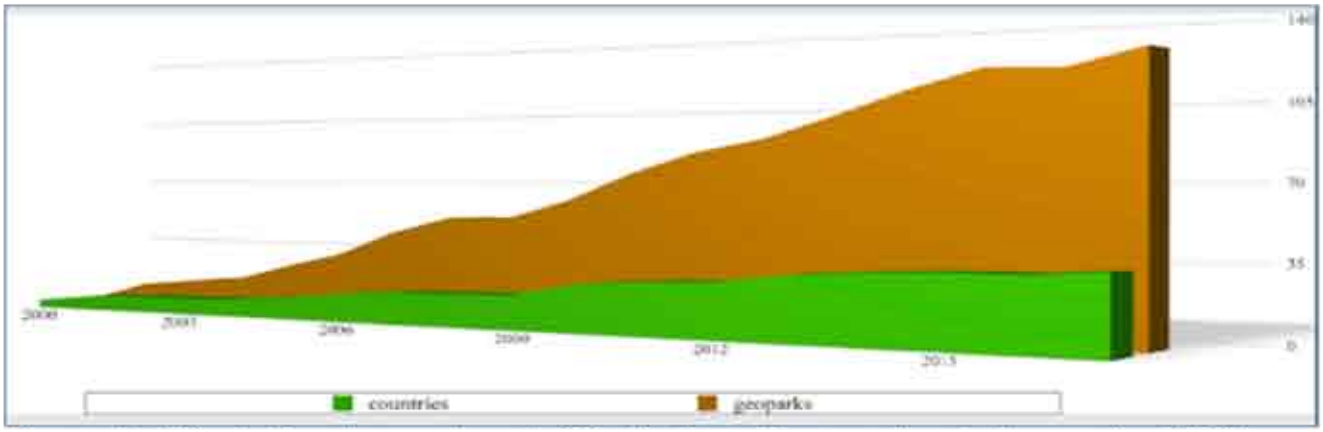


Figure 2 : L'évolution du nombre de GéoParks en Europe depuis les années 2000, (http://www.europeangeoparks.org).

3- Les GéoParks UNESCO en France :

Il existe à l'heure actuelle 7 GéoParks UNESCO en France (Fig.3).

Figure 3 : Les GéoParks UNESCO en France

Ils ont chacun des identités bien définies en termes d'héritages géologiques, c'est à dire de valeurs spécifiques, qui peuvent être résumée de la façon suivante :

- Haute-Provence: Paléontologie, histoire de la Vie au Secondaire, géologie des terrains sédimentaires Méso et Cénozoïque de Provence.
- Lubéron: Géologie des formations sédimentaires du SE de la France et tectonique pyrénéo-provençale ; paléontologie des mammifères de l'Oligocène ; crise messinienne et assèchement de la Méditerranée.
- Bauges: Géomorphologie et paysages; des sédiments à la chaîne de montagnes : les Alpes.
- Chablais: Formation et évolution des Alpes ; karstologie, hydrogéologie.
- Ardèche: Volcanisme intra-plaque ; paléontologie du Secondaire; géomorphologie et paysages (opposition granites / calcaires entre chaîne varisque et bassins sédimentaires).
- Quercy: Paléo-karst tertiaire et reprise Quaternaire ; géo-ressources (calcaires, phosphates).
- Beaujolais: Arc volcanique dévonien ; mer et fossiles du Secondaire ; diversité des paysages et formations géologiques ; vins et géologie.

Par ailleurs il existe également, pour le moment, 2 candidatures officielles : Le projet de Géopark d'Armorique et le projet de Géopark Normandie-Maine.

4- Constitution d'un dossier de candidature :

* 50 pages au maximum (hors annexes)
* Pédagogique et concis
* En anglais
* Chapitres à rédiger :

A. Présentation du GéoPark candidat (présentation générale du territoire candidat et de la structure gestionnaire) :
Nom du GéoPark, localisation avec une carte topographique et une carte géologique géo-référencées ; surface du territoire concerné ; caractères géographiques physiques et humains du territoire ; identification et organigramme de la structure en charge de la gestion du GéoPark ; identification (nom, position, tel, fax, e-mail) d'une personne de contact pour l'UNESCO.

B. Patrimoine géologique (connaissances scientifiques, qualités géologiques et paysagères intrinsèques du territoire – descriptions des sites d'intérêt géologique) :
Description géologique générale du territoire proposé ; liste et description des sites géologiques remarquables ; description de l'intérêt de chacun de sites en termes de valeur internationale, nationale, régionale ou locale (valeur scientifique, pédagogique, esthétique) ; liste et description des autres sites d'intérêt en termes de patrimoine naturel, culturel ou immatériel et de leurs liens avec les caractéristiques géologiques du territoire en démontrant leur intégration au sein du GéoPark.

C. Niveau de protection et bilan de la gestion du territoire pour la conservation de la géologie et des autres éléments du patrimoine naturel :
Niveau de protection actuel des sites géologiques proposés ; risques (anthropiques, environnementaux, ...) actuels et potentiellement à venir pesant sur le territoire proposé ; politique de gestion et de conservation des différents sites (géologiques ou non).

D. Politique de développement, d'économie et de tourisme (informations financières détaillées) :
Description d'un « business Plan » de développement économique ; présentation des atouts actuels et à venir pour le développement du GéoPark (géo-éducation, infrastructure touristique, ...) ; analyse du potentiel du géo-tourisme du GéoPark ; politiques envisagées pour le développement touristique durable, l'éducation aux Géosciences et la mise en valeur du patrimoine naturel ; implication des différents « acteurs » du territoire dans le projet (information, consultations, ...) et politique de sensibilisation du grand public.

E. Intérêt et arguments pour rejoindre le GGN (Global GeoParks Network):

Importance du label UNESCO pour le projet de développement et la stratégie géo-touristique durable.

* Annexes obligatoires

o Annexe 1 - document d'autoévaluation.
o Annexe 2 – « Patrimoine géologique » de la candidature, avec un résumé (150 mots).
o Annexe 3 – lettre d'approbation de l'autorité locale compétente et une lettre de soutien du Comité National des Géoparks de France
o Annexe 4 – carte détaillée (1/50 000)
o Annexe 5 – 1 page de résumé décrivant la géologie et géographie et une carte de localisation

5- Avantages et devoirs pour le territoire :

* Avantages :

Un Géopark UNESCO est un outil de sensibilisation et de valorisation du patrimoine géologique et culturel du territoire qui permet de proposer des offres pour le développement de l'éducation à l'environnement d'une part et du géo-tourisme d'autre part.
Un Géopark est, en conséquence, un atout pour le développement économique et touristique du territoire : en effet, le label UNESCO « entraîne des impacts en termes de fréquentation touristique, que ce soit en termes d'internationalisation de la fréquentation, de hausse du nombre des visiteurs et des nuitées, ou d'augmentation du volume des dépenses » (*cf. Actes du 3ème séminaire de la Chaire UNESCO « culture tourisme développement », 2012. Patrimoine mondial et Gouvernance des destinations touristiques*).

En outre, un Géopark permet une intégration du territoire concerné dans un réseau international favorisant les échanges internationaux, l'éducation et la recherche scientifique. En s'appuyant sur les géosites identifiés et labellisés au niveau international, des projets de formations de collégiens, de lycéens et d'étudiants peuvent être proposés en association étroite avec le Rectorat de l'Acédémie de Nice-Toulon et les Universités partenaires. C'est l'opportunité de faire connaître le territoire à des jeunes en formation qui pourront devenir de futurs acteurs de son développement. Inséré dans un réseau de recherche scientifique, un Géopark est aussi un « moteur » pour le développement d'énergies durables comme la géothermie ou encore la recherche de nouvelles ressources offrant une alternative aux ressources carbonées.

La reconnaissance au niveau international d'un Géopark UNESCO est un formidable coup de projecteur permettant d'appréhender le territoire concerné d'une manière nouvelle. Une telle reconnaissance offre l'opportunité d'accueillir une nouvelle forme de tourisme respectueux et curieux de découvrir un patrimoine géologique, paléontologique, archéologique dont les populations actuelles sont les héritiers. Il reflète l'attachement des habitants à leur environnement naturel en manifestant leur volonté de renforcer la protection de sites naturels exceptionnels tout en engageant de véritables actions de développement durable répondant aux besoins et aux attentes de tous.

* Devoirs :

· Un devoir de protection de certains sites géologiques, c'est à dire consolider cette protection par la mise en place d'arrêtés de « Géotopes » sur les sites les plus remarquables (loi de novembre 2015).

· Un devoir de proposer des offres pour le développement de l'éducation à l'environnement et du géo-tourisme.

· Identifier une entité juridique compétente pour la gestion du GéoPark.

Remarque : **Les GéoParks mondiaux UNESCO n'ont pas de statut juridique propre, conférant ainsi aux législations locales, régionales ou nationales de chaque pays au sein duquel est situé un GéoParc UNESCO, le droit de protéger ces sites**.

6- Un projet d'UNESCO GéoPark « Maures-Estérel » :

Initiée par l'Association « Maures-Développement Durable », l'étude de faisabilité de création d'un UNESCO GéoPark « Maures-Estérel » a fait l'objet de plusieurs réunions publiques au sein du Département du Var et à conduit à la mise en place d'un Comité d'Orientation Scientifique et Culturel (COSC) chargé de d'évaluer la valeur du patrimoine géologique et culturel du territoire et d'identifier les sites d'intérêt permettant une candidature au niveau international.

A- Le COSC : Composition et missions.

Au vu des critères imposés par l'UNESCO pour la constitution d'un dossier de GéoPark UNESCO, le COSC doit être composé de :
- Géologues reconnus au niveau international qui maitrisent l'histoire géologique du territoire proposé et garantissent la qualité scientifique du dossier,
- D'experts scientifiques (Archéologues, Géographes, Biologistes, Historiens, ...) qui identifient et garantissent les liens entre les richesses géologiques des sites et le patrimoine naturel et culturel du territoire.
- Représentants du système éducatif (Universités, Rectorat, Grandes Ecoles, Lycées, Collèges, ...).
-Médiateurs scientifiques et culturels et représentants d'organismes ou d'associations de protection de la nature.

Les missions du COSC sont de :
- Conseiller les porteurs du projet dans la définition de la valeur géologique et l'identification des sites d'intérêt (géologiques ou non).
- Expertiser la qualité et la pertinence des « documents » produits. C'est à dire de garantir la qualité scientifique du projet.
- Proposer des pistes de réflexion, des initiatives, des idées aux porteurs du projet.
- Participer à certaines des réunions d'information sur le territoire.
- Rencontrer les experts-évaluateurs nationaux et internationaux.

Il faut souligner que le COSC n'a aucun pouvoir de décision.

La composition du COSC est, à l'heure actuelle, la suivante :

- Mr **Binder Didier**, Directeur de Recherches au CNRS, Archéologue, Laboratoire CEPAM (Centre d'Etudes Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge, CNRS- Université Nice Sophia-Antipolis),
- Mr **Caron Jean-Paul**, Géologue, ancien professeur de Géologie à l'Université d'Aix-Marseille.
- Mr **Cepleanu Ion**, Médiateur scientifique et culturel. Géographe, historien et naturaliste. Ecrivain, conférencier. Directeur de l'association Mer-Nature,
- Mr **Corsini Michel**, Professeur de Géologie à l'Université Nice Sophia-Antipolis, Laboratoire Géoazur (CNRS-Université Nice Sophia-Antipolis-Observatoire de la Côte d'Azur),
- Mr **Garrouste Romain**, Chercheur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN). Biologie et Ecologie des insectes, Paléo-Entomologie, Paléontologie. Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité (MNHN, CNRS, Sorbonne Université, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université des Antilles).
- Mr **Giner Stephen**, Géomorphologue paléo-environnementaliste et Archéologue. Ecrivain, conférencier. Agent au Service du Patrimoine et de l'Archéologie, Département du Var.
- Mr **Joulian Frédéric**, Maître de Conférences à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS) à Marseille. Anthropologue de l'évolution, Ethologue des primates et

Ethno-Archéologue, Laboratoire « Centre Norbert Elias » (EHESS-CNRS- Aix-Marseille Université- Université d'Avignon).
- Mr **Laville Pierre**, Ingénieur Géologue au BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières). Président de l'association « Les Amis de la presqu'île de Giens »,
- Mr **Lardeaux Jean-Marc**, Professeur de Géologie à l'Université Nice Sophia-Antipolis, Laboratoire Géoazur (CNRS-Université Nice Sophia-Antipolis-Observatoire de la Côte d'Azur),
- Mr **Moureau Fabrice**, Professeur de Sciences de la Vie et de la Terre au Collège Pierre de Coubertin, Le Luc. Référent académique de l'Observatoire de l'Environnement Méditerranéen à but Educatif (projet « EduMed Observatory », Laboratoire Géoazur et Rectorat de l'Académie Nice-Toulon).
- Mme **Vérati Chrystèle**, Maitre de Conférences à l'Université de Nice Sophia-Antipolis. Géologue et géochimiste des systèmes volcaniques, Laboratoire Géoazur (CNRS-Université Nice Sophia-Antipolis-Observatoire de la Côte d'Azur),
- Mme **Vinciguerra-Cerami Christiane**, Inspectrice d'Académie - Inspectrice Pédagogique Régionale des Sciences de la Vie et de la Terre, Rectorat de Nice. Pilote académique et coordinatrice de la région académique "Education à la sexualité - égalité filles/garçons ».

B- Le GéoPark « Maures-Estérel » : La proposition du COSC

Il faut avant toute autre considération bien préciser ce qu'est, et ce que n'est pas, la « valeur géologique » d'un GéoPark:

- Ce n'est pas la liste, le catalogue de tous les minéraux, roches, structures, fossiles existant sur un territoire.
- Ce n'est pas la déclinaison exhaustive de toute l'histoire géologique enregistrée sur le territoire.
- C'est définir en quoi le GéoPark Maures-Estérel est un lieu de référence pour mieux comprendre le fonctionnement et l'histoire de la Terre et de la Vie sur la Terre.

A la suite de l'examen des informations exposées dans les précédents paragraphes de ce document, les membres du COSC considèrent qu'un projet de GéoPark UNESCO situé dans le département du Var doit, pour pouvoir être proposé et retenu par les différentes instances d'évaluation, nécessairement démontrer :

- Une identité géologique affirmée et originale, c'est à dire une valeur géologique d'intérêt international s'appuyant sur des sites particulièrement démonstratifs pour le grand public ;

- Un patrimoine géologique qui soit très nettement différent de ceux déjà identifiés et validés dans les autres GéoParks UNESCO en France ;

- Un patrimoine archéologique, historique et/ou architectural qui illustre de façon explicite les liens entre héritage géologique et patrimoine culturel.

Une fois tous ces critères pris en compte, le COSC propose un projet qui illustre un processus fondamental et exceptionnel dans l'histoire de la planète Terre, à savoir la formation puis la fragmentation d'un super-continent.

En effet, le Massif des Maures offre de remarquables témoins géologiques qui permettent d'illustrer la formation de la plus grande chaîne de montagnes connue dans l'histoire de la Terre, la « chaîne varisque ». La formation de cette chaîne, entre -500 et -295 millions d'années correspond à une étape majeure de l'histoire de la Terre et s'achève par la formation d'un «supercontinent », la Pangée (Figure 4). A partir de – 295 millions d'années la Pangée va se fracturer en donnant naissance à des grands fossés d'effondrement (on parle de « rifts » continentaux) dans lesquels s'accumulent des sédiments et se mettent en place de nombreux volcans. Le bassin Permien de l'Estérel en est un des plus beaux exemples en France.

En d'autres termes c'est dans le Massif des Maures que seront localisés les géosites illustrant la formation de la Pangée et c'est dans la dépression permienne de l'Estérel et la couverture sédimentaire du Trias inférieur des Maures et de l'Estérel que seront localisés les géosites démontrant la fragmentation de la Pangée et ses conséquences.

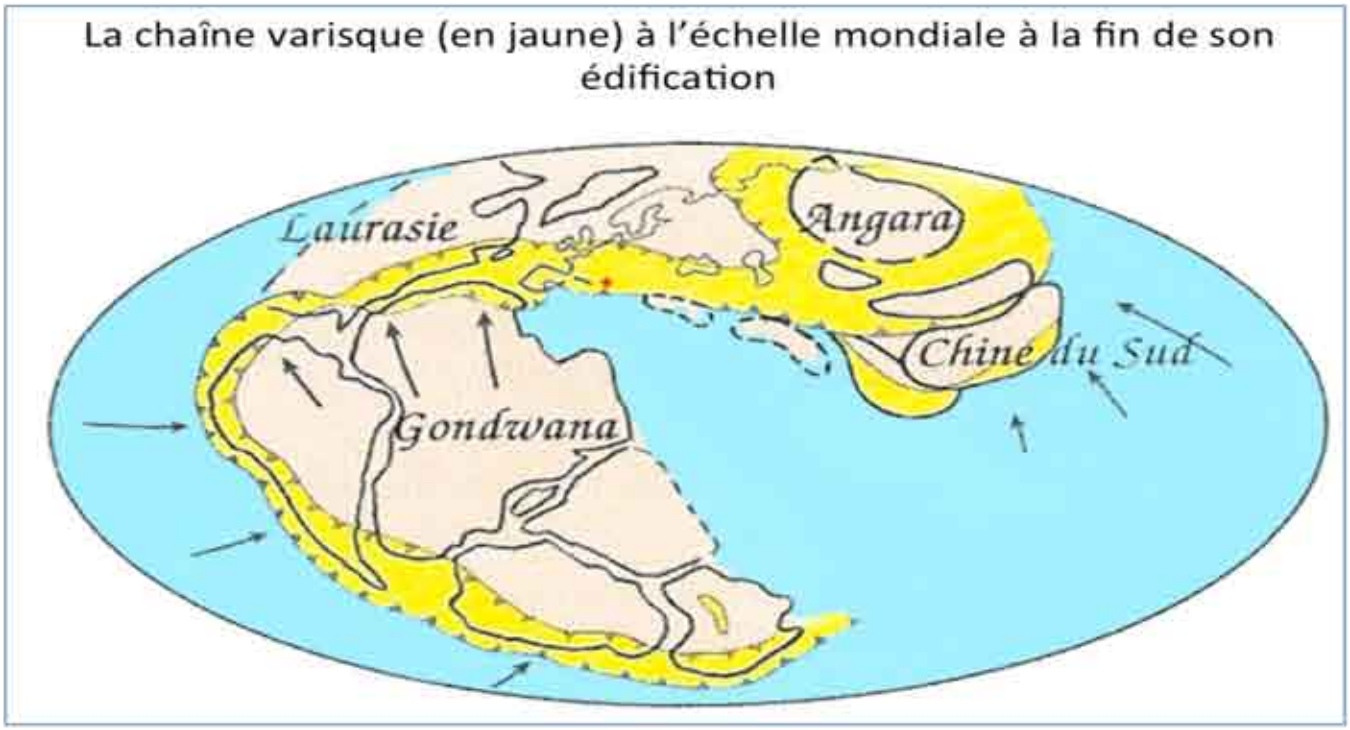


Figure 4 : Le supercontinent, la Pangée, à la fin de la formation de la chaîne varisque. L'étoile rouge localise la position du massif des Maures-Estérel dans cette immense chaîne. (D'après Matte, 2001).

7- Description géologique générale du territoire du GéoPark « Maures-Estérel » :

A- Le contexte géodynamique et paléo-géographique global

Le territoire proposé au titre d'UNESCO GéoPark montre des terrains allant du Cambrien au Trias inférieur, c'est à dire couvrant une période de l'histoire de la Terre située entre -500 et – 245 millions d'années (Figure 5).
C'est donc de l'ordre de 250 millions d'années d'histoire de la Terre qui sont enregistrées de façon souvent très originale et démonstrative dans les formations géologiques du territoire candidat.

Sur la période de temps proposée (entre -500 et – 245 Ma) le massif des « Maures-Estérel » est d'abord le lieu de formation et d'érosion de la « chaîne varisque » (-500 à -295 Ma), puis de la formation d'une grande dépression (rift continental permien, -290 à -250 Ma) où se mettent en place des roches sédimentaires et volcaniques. Il est enfin le lieu des premiers dépôts sédimentaires de la Provence calcaire au début du Trias (-250 à -245 Ma).

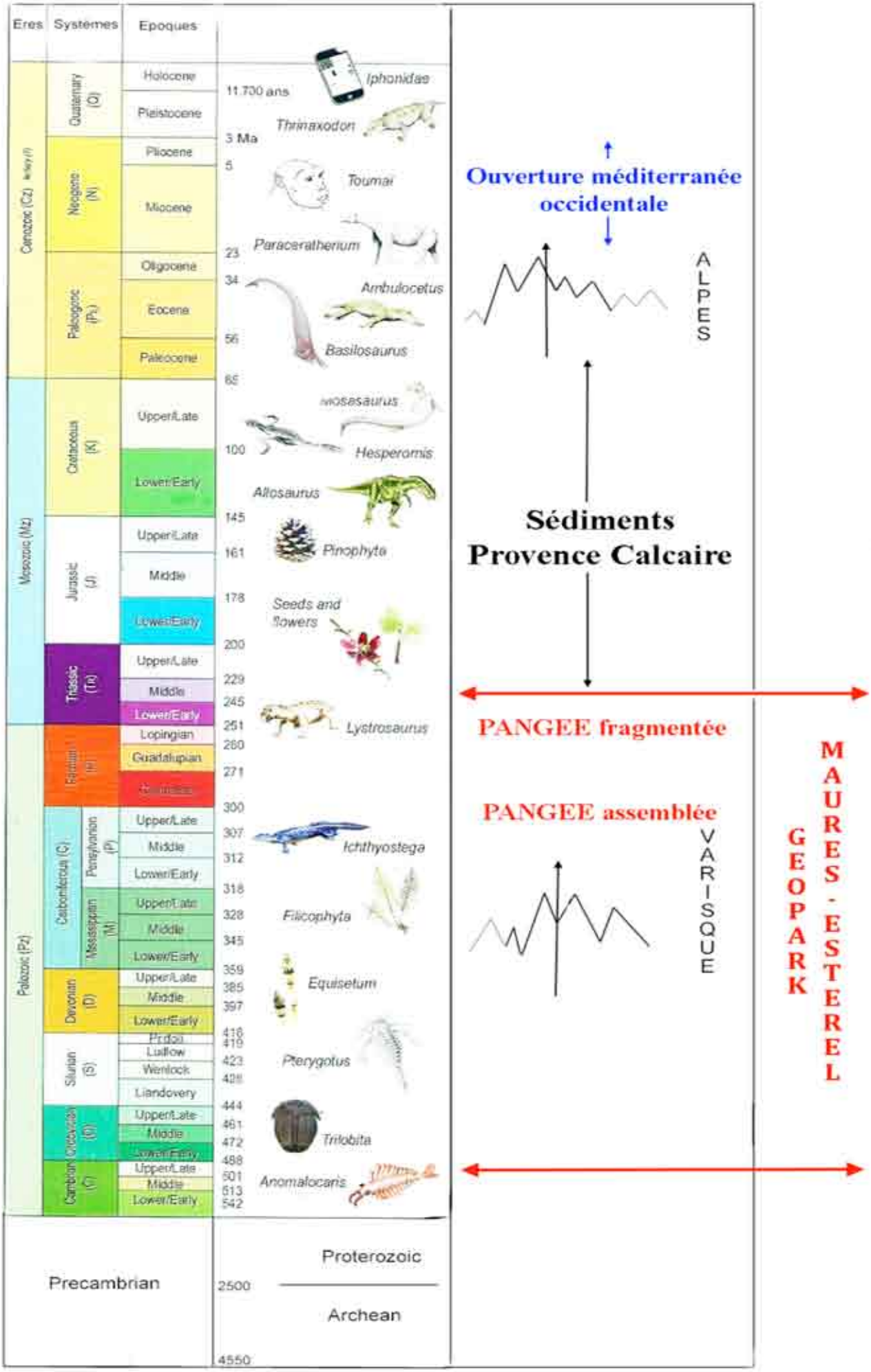


Figure 5 : La période de temps couverte par les formations géologiques du Géopark Maures-Estérel (flèches rouges) dans l'échelle simplifiée des temps géologiques.

Sur cette période de temps, le visage de la Terre à beaucoup évolué en réponse aux déplacements des « plaques tectoniques » que les scientifiques savent aujourd'hui reconstituer à l'échelle mondiale (Figure 6). Il y a migration vers le nord d'un « ruban continental », V sur la figure 6, et fermeture d'un grand domaine océanique. Il s'en suit une collision entre les différents blocs continentaux et la formation de la chaîne de collision dite « varisque ». Le « ruban continental » V de la figure 6 correspond aux territoires actuels de la péninsule ibérique (Portugal et Espagne), de la France, de la Belgique, de l'Allemagne, de la République Tchèque et de la Pologne.
A la suite de cette collision continentale le supercontinent de la Pangée est formé à -300 Ma. Il est entouré d'un seul océan nommé « Panthalassa « (la « mer universelle »).

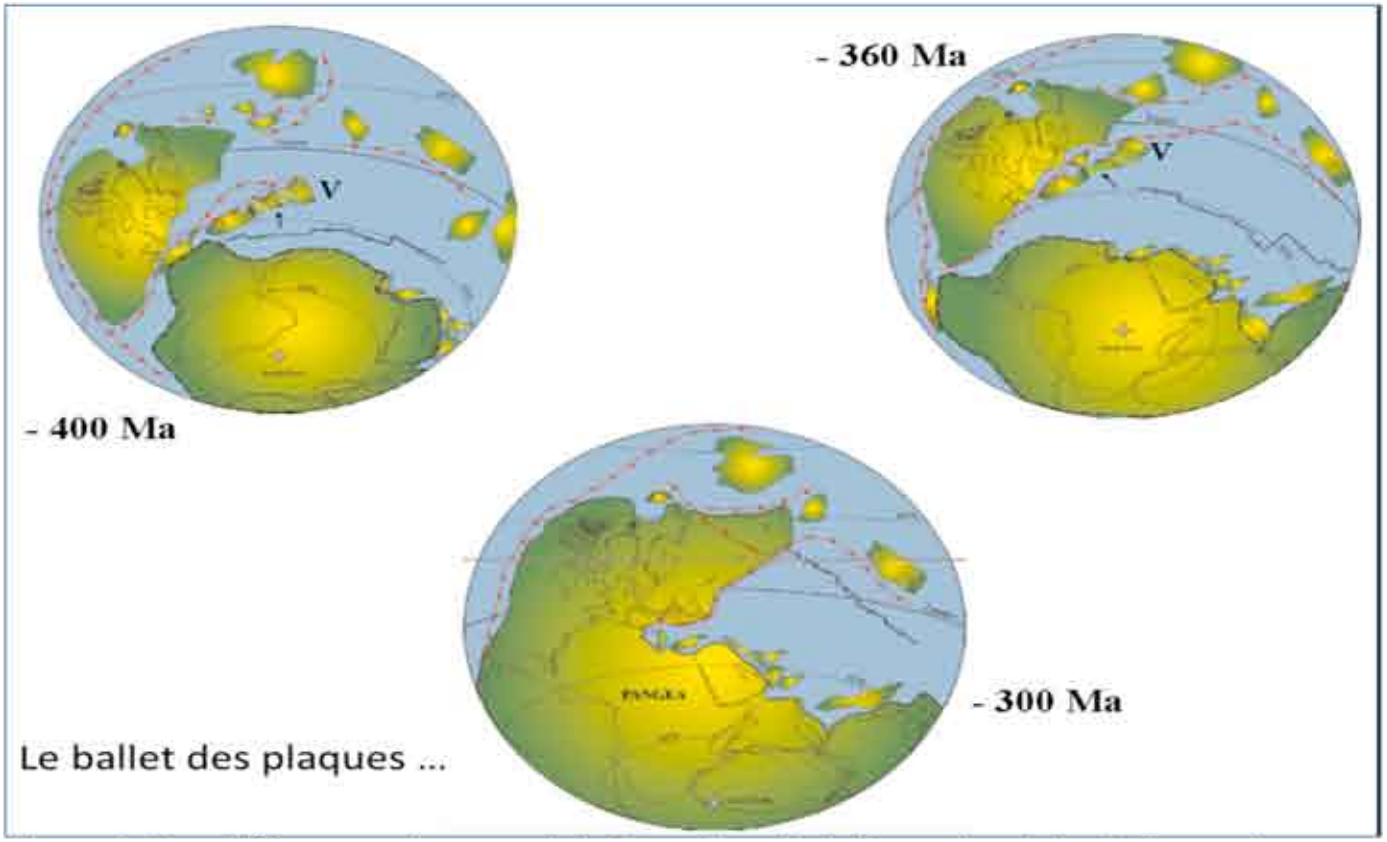


Figure 6 : Les différents « visages » de la Terre lors de la formation de la chaîne varisque (V). (d'après Cocks et Torsvik, 2006).

Depuis la fin des années 2010, nous disposons, grâce à une approche combinant les contraintes paléo-magnétiques, paléontologiques, paléo-écologiques, géochronologiques et géologiques, d'un cadre global fixant des « points » de repères majeurs qui servent de cadre à la reconstitution des paléo-géographies de la Terre au fil du temps. Quelques unes de ces paléogéographies sont présentées en figure 7 qui montre les « visages de la Terre » sur la période de temps concernée par le projet de Géopark Maures-Estérel.

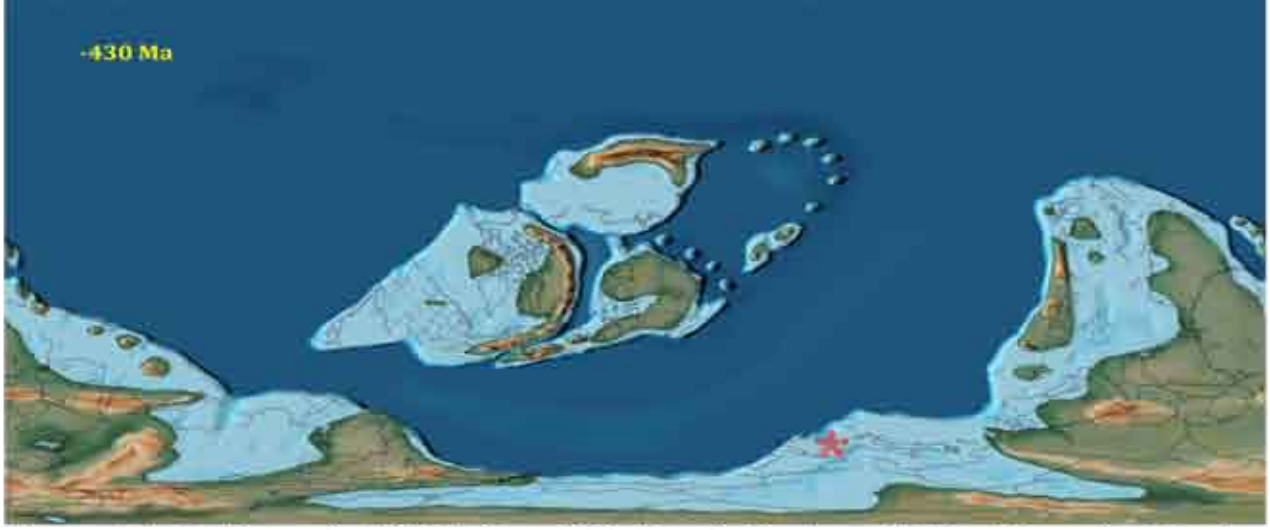


Figure 7A : La Terre à -430 Ma (modifié d'après Scotese, 2014 et Torsvik et Cocks, 2019). Les domaines continentaux émergés sont en vert avec des reliefs en brun. Le domaine océanique profond est en bleu foncé. Les domaines marins peu profonds sont en bleu clair. Les contours continentaux actuels sont représentés en noir pour indication. Le symbole rouge localise la position du territoire Maures-Estérel. Ce dernier est localisé au sud à proximité du Gondwana, en domaine marin peu profond dans lequel se déposent les sédiments détritiques à graptolites du Silurien observés aujourd'hui dans la partie occidentale du Massif des Maures.

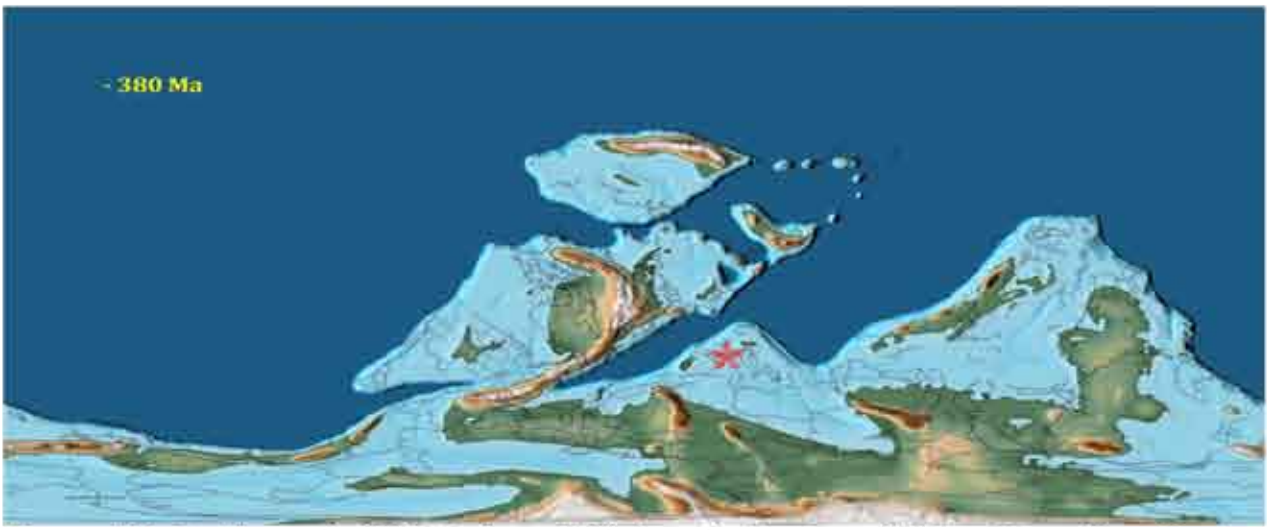


Figure 7B : La Terre à -380 Ma (modifié d'après Scotese, 2014 et Torsvik et Cocks, 2019). Légende identique à 7A. Le grand domaine océanique séparant le Gondwana au sud et les blocs continentaux du nord se ferme progressivement par subduction. La disparition de la croûte océanique sous les continents conduit à la formation de roches métamorphiques particulières, les éclogites, observées aujourd'hui dans les parties orientales du Massif des Maures.

Figure 7C : La Terre à -340 Ma (modifié d'après Scotese, 2014 et Torsvik et Cocks, 2019).

Légende identique à 7A. La collision entre les blocs continentaux du nord et du sud est réalisée. Le territoire Maures-Estérel est localisé sur un gigantesque relief continental, la chaîne varisque. Dans les parties profondes de cette chaîne se forment des roches métamorphiques variées et des granites observés aujourd'hui dans l'ensemble du Massif des Maures.

Figure 7D : La Terre à -300 Ma (modifié d'après Scotese, 2014 et Torsvik et Cocks, 2019). Légende identique à 7A. Le « super-continent » de la Pangée est constitué. Le territoire Maures-Estérel est localisé à l'équateur alors qu'une grande calotte glaciaire recouvre le Pôle sud. Les reliefs sont en cours d'érosion et dans des bassins intra-montagneux des sédiments détritiques riches en matière organique se déposent. Ces sédiments riches en flore fossile sont observés aujourd'hui dans le bassin Stéphanien du Plan de la Tour dans le Massif des Maures.

Figure 7E : La Terre à -260 Ma (modifié d'après Scotese, 2014 et Torsvik et Cocks, 2019). Légende identique à 7A. Au Permien, la chaîne varisque est significativement érodée et la Pangée se fracture. Les conditions climatiques globales ont notablement évolué par rapport à l'étape précédente. Le territoire Maures-Estérel est localisé à l'équateur en bordure de continent qui se fracture donnant naissance à des grands fossés d'effondrement dans lesquels s'accumulent des sédiments et se mettent en place de nombreux volcans. Ce volcanisme synchrone d'un important changement climatique est contemporain de la plus grande crise "biologique" connue dans l'histoire de la Terre. Sédiments, volcans et fossiles sont observés aujourd'hui dans le bassin Permien de l'Estérel.

Figure 7F : La Terre à -235 Ma (modifié d'après Scotese, 2014 et Torsvik et Cocks, 2019). Légende identique à 7A. La Pangée est largement fracturée et le territoire Maures-Estérel est localisé en bordure de continent, en milieu lagunaire et deltaïque à marin peu profond peu profond dans lequel se déposent les sédiments du début du Trias observables aujourd'hui à la limite ouest du territoire du Géopark.

B- Une soliste dans le ballet des plaques tectoniques

Dans le « ballet des plaques » bien connu à l'échelle mondiale (Figure 6), le territoire « Maures-Estérel » correspond à une plaque tectonique bien spécifique et originale dans ses déplacements à la surface de la Terre, la microplaque Maures-Estérel-Corse-Sardaigne (MECS). ***Cette microplaque*** **MECS est considérée comme une « soliste » dans le ballet des plaques tectoniques.**

En effet, au moment de la collision entre les blocs continentaux, la microplaque MECS est située à l'extrême est/sud-est de la zone de collision varisque (Figure 8). C'est le seul témoin aujourd'hui observable de la terminaison orientale de cette gigantesque chaîne de montagnes.

C'est plus spécifiquement dans le Massif des Maures que s'observent aujourd'hui les roches et les grandes structures géologiques qui permettent au grand public de comprendre et donc de réaliser qu'**il a existé un « Himalaya » dans le Var.**

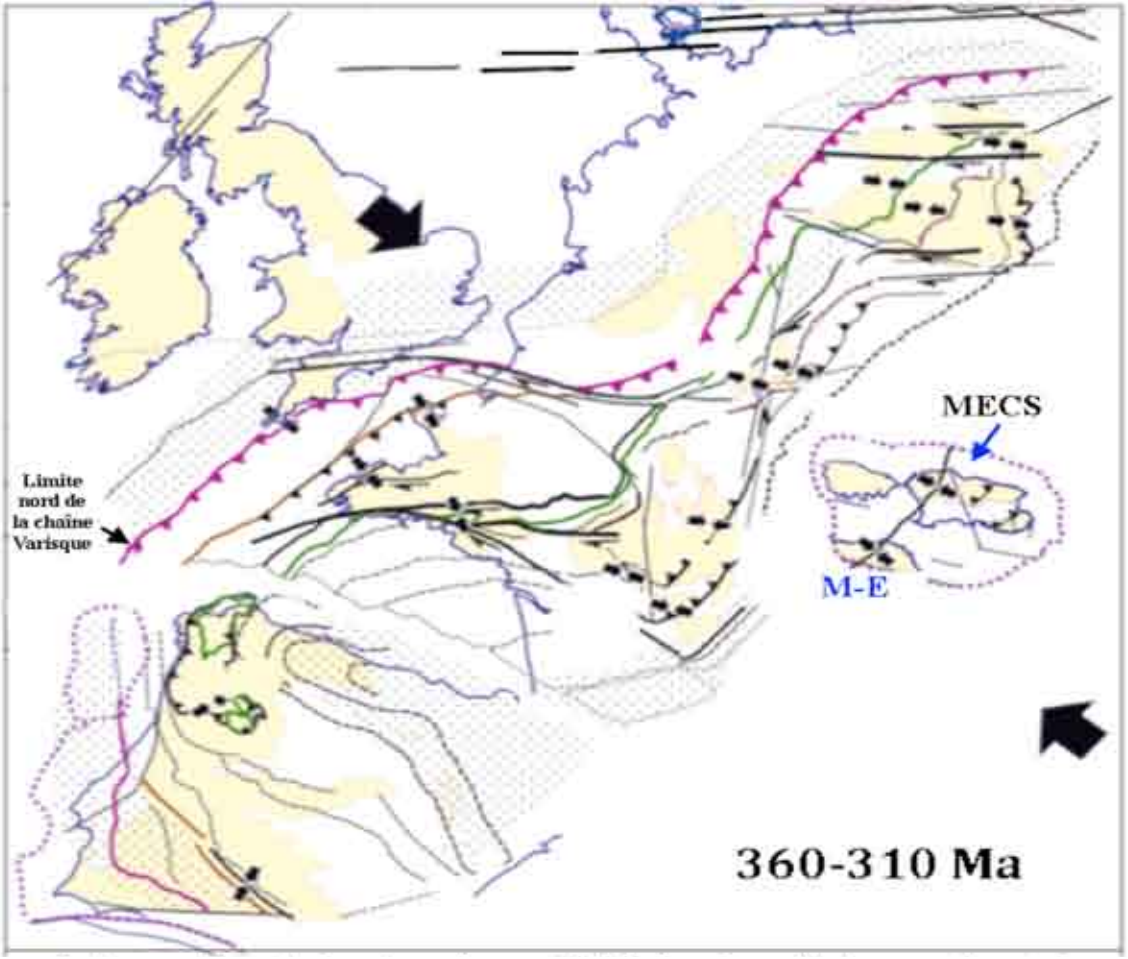


Figure 8 : La position de la microplaque MECS dans la collision continentale varisque.
En jaune sont représentés les principaux massifs dits « anciens » témoins de la chaîne varisque. Les flèches en noir indiquent la direction de raccourcissement imposée par la convergence des plaques illustrée sur la figure 6. M-E= Maures-Estérel. (d'après Edel et al., 2018).

A partir de -300 Ma la microplaque MECS va fortement dériver et se déplacer progressivement vers le sud (Figure 9). Cette rotation est contemporaine de la fracturation générale de la Pangée. Dans le ballet des plaques qui continue, MECS va ainsi faire un numéro de « soliste ». Ce déplacement si singulier va conduire à une forte évolution des conditions climatiques et ainsi conditionner l'histoire de la vie. Au cours du Permien des sédiments très particuliers, aujourd'hui de couleurs rouges et vertes, vont se déposer, et un volcanisme intense va se développer. C'est plus spécifiquement dans le territoire de l'Estérel que sont préservés de façon exceptionnelle les témoins géologiques et paléontologiques de cette période critique dans l'histoire de la Terre et de la vie. C'est dans l'Estérel que le grand public découvrira que **du Permien au Trias, le Var a été une terre de volcans, de Placodontes et d'insectes géants.** Le Var est ainsi une terre de fossiles inédits et extraordinaires révélant la biodiversité d'avant les Dinosaures.

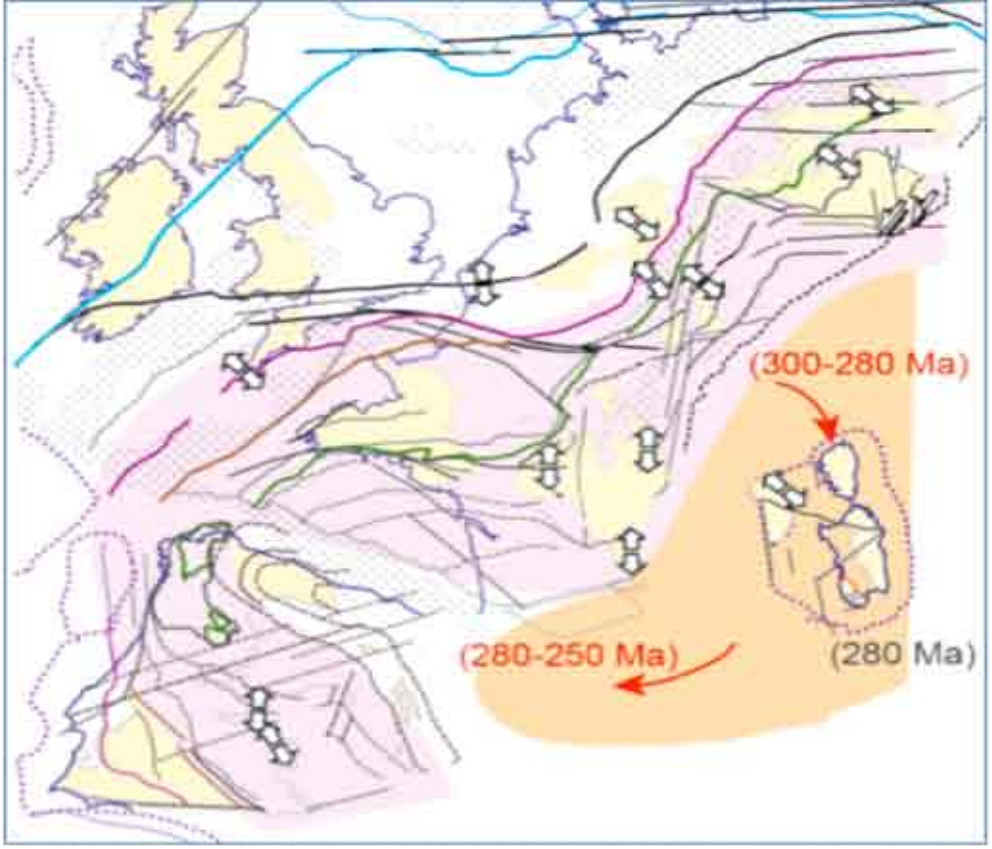


Figure 9: Le déplacement de la microplaque MECS entre – 295 et – 250 Ma, indiqué par les flèches en rouge. Les flèches blanches témoignent de la fracturation générale de la Pangée. Au Trias inférieur, le bloc MECS est situé dans sa position la plus méridionale, en face de l'Ibérie (d'après Edel et al., 2018).

C- Les différentes unités géologiques du Géopark :

D'un point de vue géologique, une succession de lithologies et de domaines différents constitue le territoire du Géopark qui s'étend une surface de 2 100 Km².

Comme le montre la carte géologique simplifiée du Géopark (Figure 10), les roches métamorphiques et granitiques qui affleurent dans le Massif des Maures constituent le « socle anté-Permien » de la région. Elles correspondent aux parties profondes, aujourd'hui exhumées, de la chaîne varisque qui sont particulièrement bien exposées entre la Presqu'Ile de Gien et Roquebrune sur Argens.

Les roches sédimentaires détritiques d'âge Permien, issues de l'érosion des reliefs de la chaîne varisque, et les roches volcaniques de l'Estérel, qui témoignent de la fragmentation de la Pangée, s'observent dans la dépression de l'Argens et sur le pourtour nord du socle des Maures.

L'érosion généralisée de la chaîne, qui conduit à la formation d'une pénéplaine, conduit au dépôt au début du Trias de roches sédimentaires dans un environnement deltaïque et lagunaire observables pour l'essentiel à la limite ouest du territoire du Géopark.

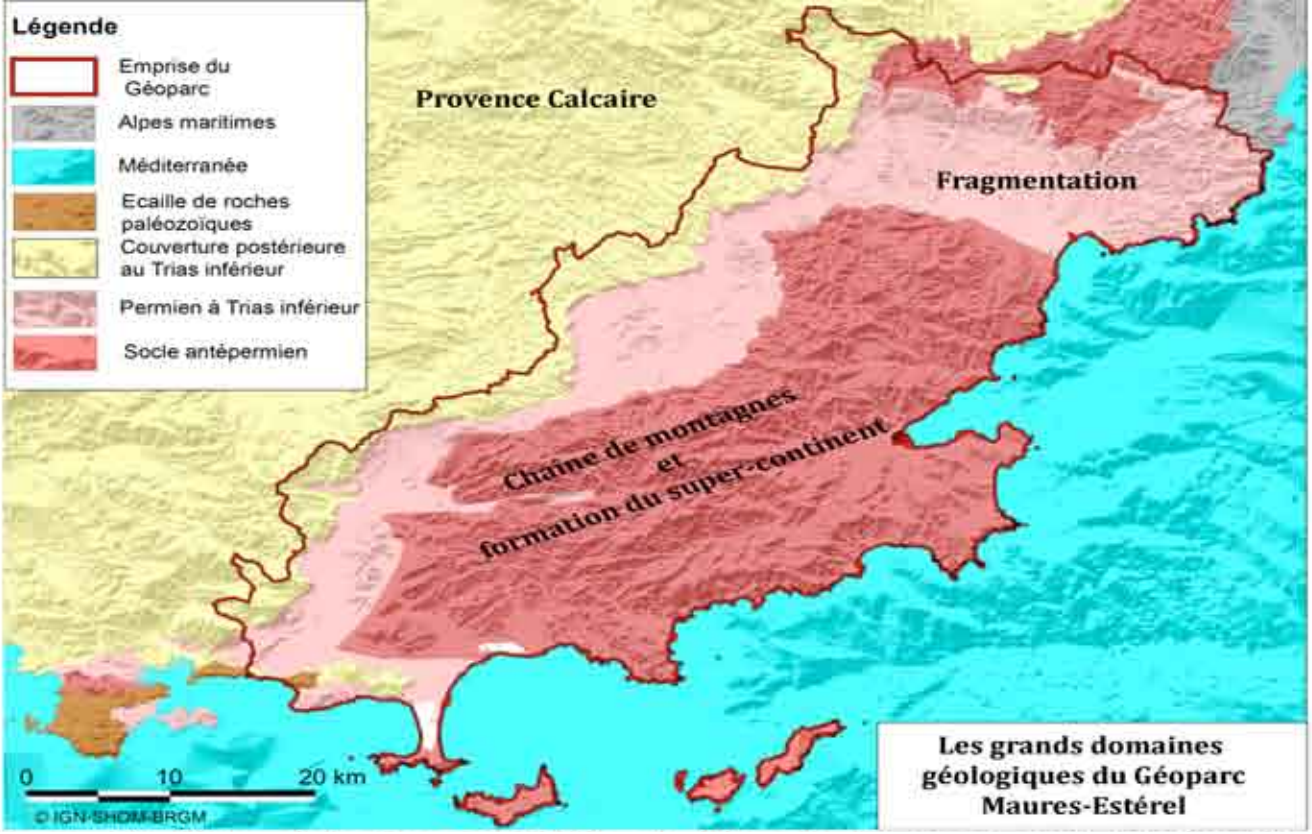


Figure 10: Carte géologique simplifiée du Géopark. En rouge sont représentées les formations de la chaîne Varisque, en rose est représentée la dépression du Permien, en vert-jaune sont représentés, de façon indifférenciée, les sédiments de l'ère secondaire. Au sein du GéoPark, les terrains en vert-jaune correspondent aux sédiments postérieurs au Trias inférieur (d'après la carte géologique harmonisée du BRGM et la BDTopo de l'IGN).

La carte géologique simplifiée du Géopark met ainsi bien en évidence les témoins de la formation du super continent de la Pangée (Socle antépermien des Maures) et de la fragmentation de ce super continent (Permien à Trias inférieur de l'Estérel). Ces deux ensembles sont recouverts par les roches sédimentaires de la Provence calcaire.

De façon plus détaillée, la répartition des unités géologiques, parfois limitées par des contacts tectoniques majeurs, des Massifs des Maures et de l'Estérel a fait l'objet d'importants travaux cartographiques qui ont été récemment (depuis une vingtaine d'années) réactualisés en termes de données géochimiques, géochronologiques, pétrologiques et tectoniques.

La synthèse de ces travaux est présentée sur la carte géologique des Maures et de l'Estérel en Figure 11 qui montre la diversité des roches métamorphiques, plutoniques, volcaniques et sédimentaires observées dans ces deux massifs.

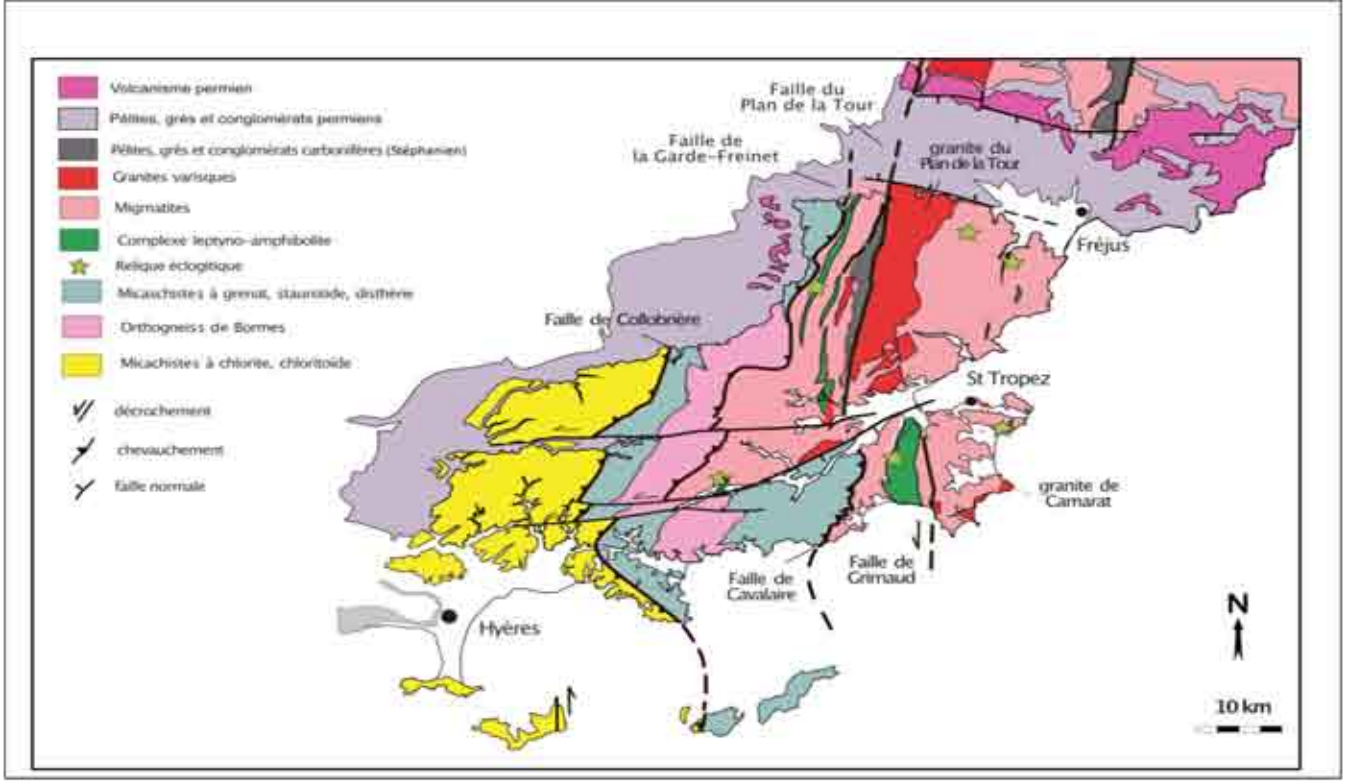


Figure 11 : Carte lithologique et tectonique des Massifs anté-triasiques des Maures et de l'Estérel (D'après Seyler, 1982 ; Crévola et Pupin, 1998 ; Bellot, 2005 ; Corsini et Rolland, 2009 ; Rolland et al., 2009 ; Corsini et al., 2010 ; Duchesne et al. , 2013 ; Schneider et al. , 2014 ; Oliot et al., 2015 ; Gerbault et al., 2018).

8- Les périmètres du GéoPark « Maures-Estérel » :

Le périmètre du GéoPark "Maures-Estérel" proposé contient l'ensemble des sites qui sont les plus favorables à la compréhension de la singularité, et donc du caractère exceptionnel, de l'histoire géologique reconnue dans le département du Var.
Ce périmètre, illustré par les cartes des figures 12 et 13, met en évidence les massifs des Maures et de l'Estérel au sein de la Provence calcaire.

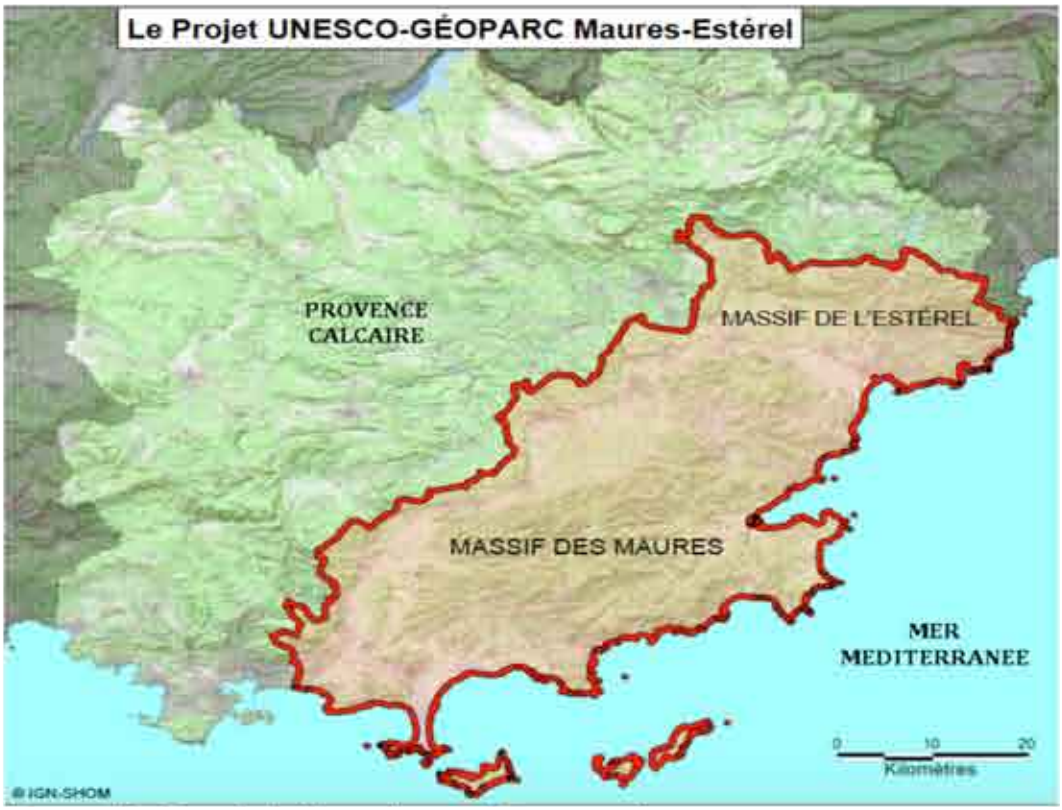


Figure 12 : Le périmètre du projet proposé.

Ce périmètre qui intègre 46 communes sur une surface de 2 100 Km² (Figure 13), permet en outre une découverte aisée des richesses paléontologiques, archéologiques et historiques les plus remarquables du département.

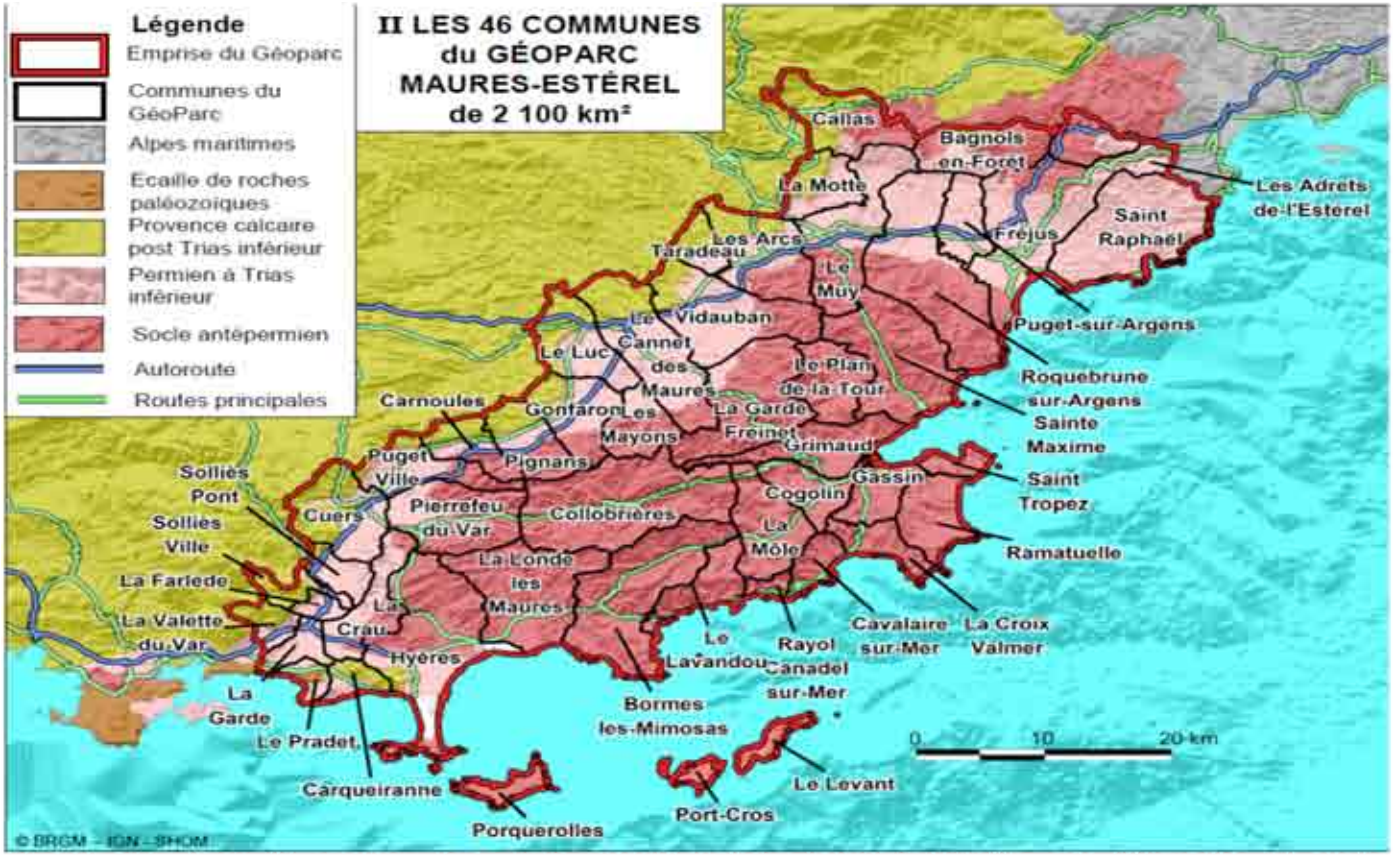


Figure 13 : Les 46 communes sur la carte géologique simplifiée du Géopark. Légende identique à celle de la figure 10.

Le périmètre proposé inclut, outre des intercommunalités (Figure 14), le **Parc National de Port-Cros**, établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle du Ministère de la Transition écologique et solidaire, et de nombreux sites identifiés au sein du **Conservatoire du Littoral**, placé également sous la responsabilité du Ministère de la Transition écologique et solidaire.

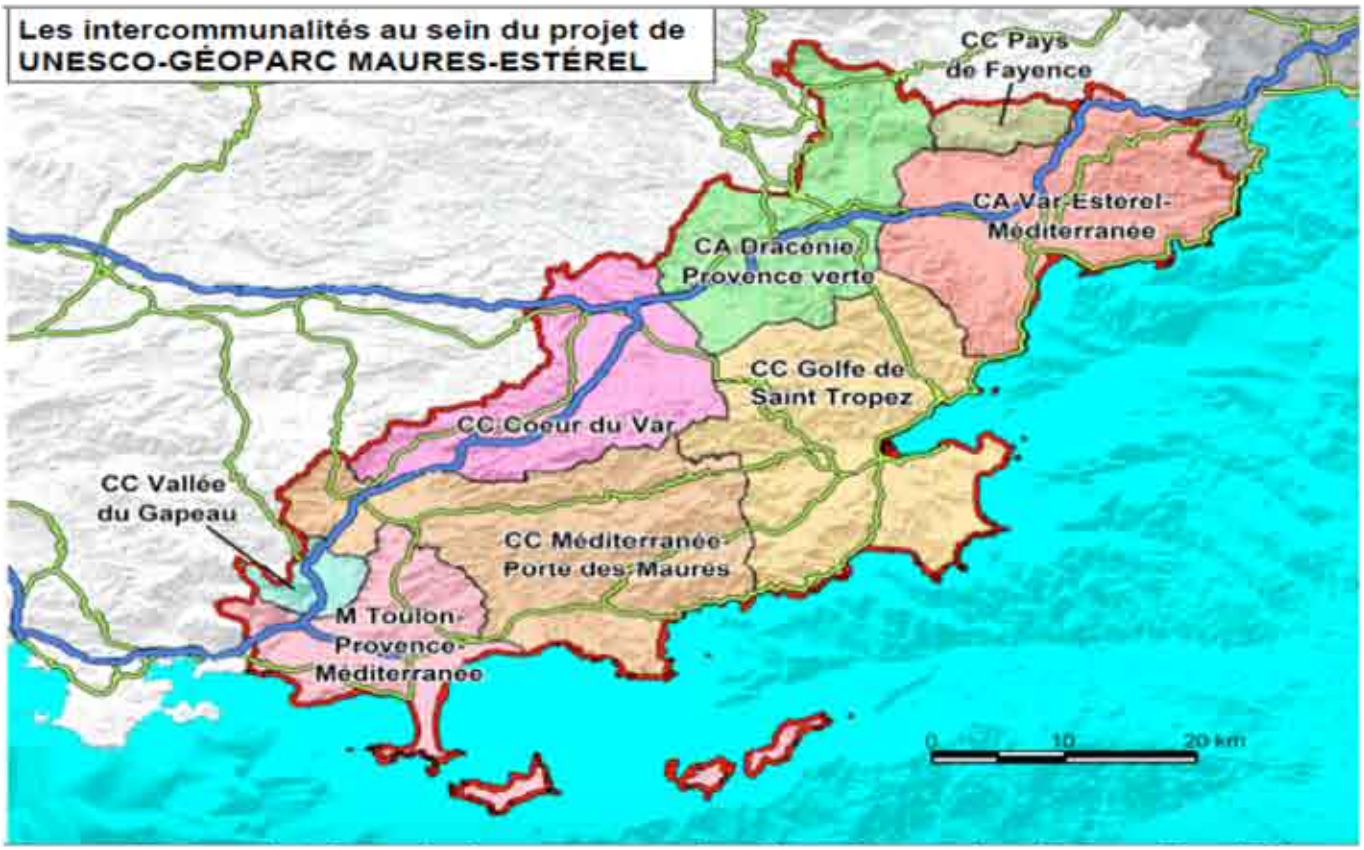


Figure 14 : Le périmètre de la zone cœur du Géopark avec les limites des différentes intercommunalités. (CA = Communauté d'agglomération, C = Communauté de communes, M = Métropole).

Le tableau ci-dessous présente la liste des communes situées dans la zone cœur du projet.

46 COMMUNES	code INSEE	Superficie km²
Vidauban	83148	76,39
Solliès-Pont	83130	17,79
Puget-sur-Argens	83099	26,94
Roquebrune-sur-Argens	83107	106,70
Fréjus	83061	104,60
Les Adrets-de-l'Estérel	83001	22,43
Bagnols-en-Forêt	83008	42,98
Saint-Raphaël	83118	90,66
Les Mayons	83075	28,80
Sainte-Maxime	83115	81,95
Le Cannet-des-Maures	83031	73,66
La Garde-Freinet	83063	76,38
Pignans	83092	34,31
Carnoules	83033	25,74
Gonfaron	83067	41,68
Cuers	83049	50,97
Puget-Ville	83100	37,05
Pierrefeu-du-Var	83091	58,83
Collobrières	83043	113,00
La Crau	83047	37,43
La Farlède	83054	8,35
Bormes-les-Mimosas	83019	96,61

Solliès-Ville	83132	14,14
La Londe-les-Maures	83071	79,77
Carqueiranne	83034	14,65
Le Pradet	83098	10,30
Le Luc	83073	44,14
Le Muy	83086	66,77
Les Arcs	83004	54,23
Taradeau	83134	17,34
La Motte	83085	28,92
Callas	83028	49,14
Le Plan-de-la-Tour	83094	37,89
Hyères	83069	132,95
Saint-Tropez	83119	11,46
Rayol-Canadel-sur-Mer	83152	6,94
Cavalaire-sur-Mer	83036	16,89
La Croix-Valmer	83048	22,57
Le Lavandou	83070	30,17
La Môle	83079	46,13
La Valette-du-Var	83144	15,36
Cogolin	83042	27,73
Gassin	83065	24,84
Ramatuelle	83101	34,91
La Garde	83062	15,57
Grimaud	83068	44,26
TOTAL		**2100,32 km²**

Outre les 46 communes situées dans le strict périmètre du projet (Figure 13), 24 communes situées en périphérie du territoire candidat constituent les portes d'entrée du Géopark et sont donc des partenaires du projet (Figure 15).

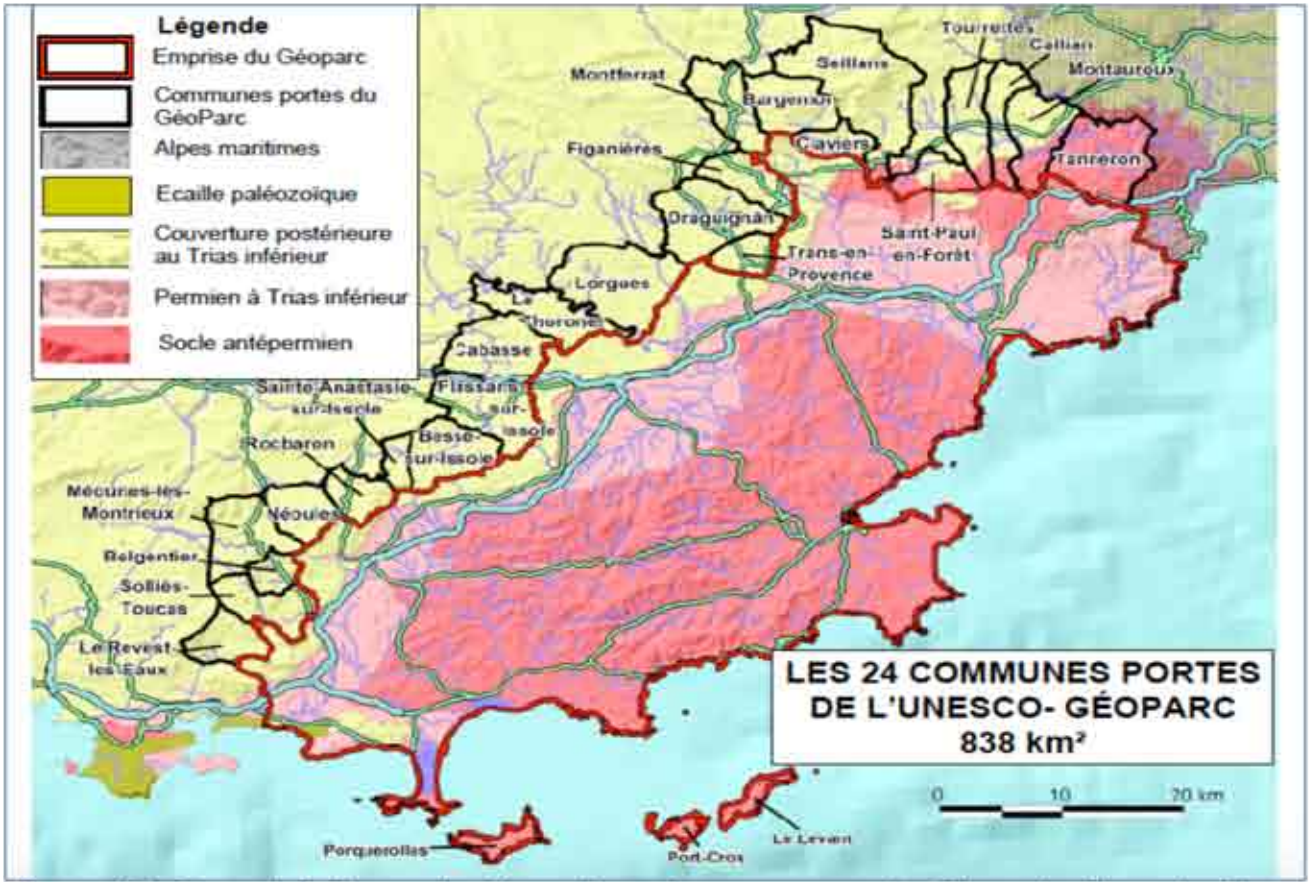


Figure 15 : Les périmètres du Géopark et des « portes » du Géopark. Légende identique à celle de la figure 10.

Le tableau ci-dessous présente la liste des communes constituant les « portes » du Géopark.

24 COMMUNES	Superficie km²
Le Revest les Eaux	24,26
Solliès-Toucas	29,94
Belgentier	13,43
Méounes lès Montrieux	40,67
Néoules	25,13
Rocbaron	20,47
Sainte-Anastasie sur Issole	10,71
Besse dur Issole	37,41
Flassans sur Issole	44,87
Cabasse	45,41
Le Thoronet	36,52
Lorgues	64,47
Draguignan	53,80
Trans en Provence	16,99
Figanières	28,38
Montferrat	34,03
Bargemon	35,20
Claviers	15,96
Seillans	88,81
Saint-Paul en Forêt	20,38
Tourettes	34,01
Callian	25,47
Montauroux	37,15
Tanneron	54,16
TOTAL	**837,63 km²**

Indépendamment du seul critère géologique, d'autres aires protégées existent au sein du projet d'UNESCO GéoPark :

1. La réserve naturelle nationale de la Plaine des Maures,
2. La réserve biologique intégrale des Maures,
3. Des réserves biologiques dirigées comme celle de la mare de Catcheou au Muy et à Roquebrune sur Argens,
4. Des arrêtés de biotopes comme celui des Adrets - Caillan,

Elles sont plus restrictives sur l'usage des espaces naturels et concernent principalement la faune et la flore. Comme l'interaction entre les composantes du milieu naturel est inévitable, le rôle du GéoPark ne peut qu'être conforté dans sa mise en place par les données acquises dans ces espaces protégés.

9- Les sites géologiques remarquables (« géosites ») :

Au sein du territoire proposé à la candidature UNESCO Géopark, les Massifs des Maures et de l'Estérel présentent de très nombreux sites d'intérêt géologique au plan scientifique. Ils permettent d'identifier de façon explicite les principaux marqueurs (roches, fossiles, structures tectoniques, ...) des différentes étapes de la formation et de la fragmentation du super-continent de la Pangée.
Exploré dès la fin du XVIIIème siècle par les naturalistes « géognosistes » (Villeneuve-Bargemon), ces massifs Ont été géologiquement caractérisés dès le début du XIXème siècle (Elie de Beaumont 1835). Sous un angle plus stratigraphique, Henri Coquand (1850) compléta ces premiers travaux. A la fin du XIXème siècle, les massifs des Maures et de l'Estérel sont intégrés à une intense succession d'études géologiques qui se poursuivent aujourd'hui. In fine, grâce aux découvertes stratigraphiques et pétrographiques de la Provence, ce sont les analyses structurales (basées sur une cartographie détaillée), géochimiques et géochronologiques qui sont à l'origine des progrès significatifs acquis

durant le XXème et XXI siècle et qui font de ce territoire une référence pour l'étude de la dynamique terrestre. ***Il existe aujourd'hui une abondante littérature scientifique internationale qui en décrit les principales caractéristiques.***

23 sites sont proposés en fonction de leur intérêt en termes de valeur scientifique, pédagogique et esthétique. Ces sites ont donc été choisis car ils permettent la sensibilisation du grand public à l'histoire de la planète Terre telle qu'il est possible de la lire dans les roches, les paysages ou les structures géologiques. Ces différents sites sont localisés sur la carte géologique simplifiée des Massifs des Maures et de l'Estérel (Figure 16). La numérotation des sites est fondée sur un critère chronologique qui correspond à la succession des évènements géologiques, du plus ancien au plus récent, illustré par chacun des géosites.

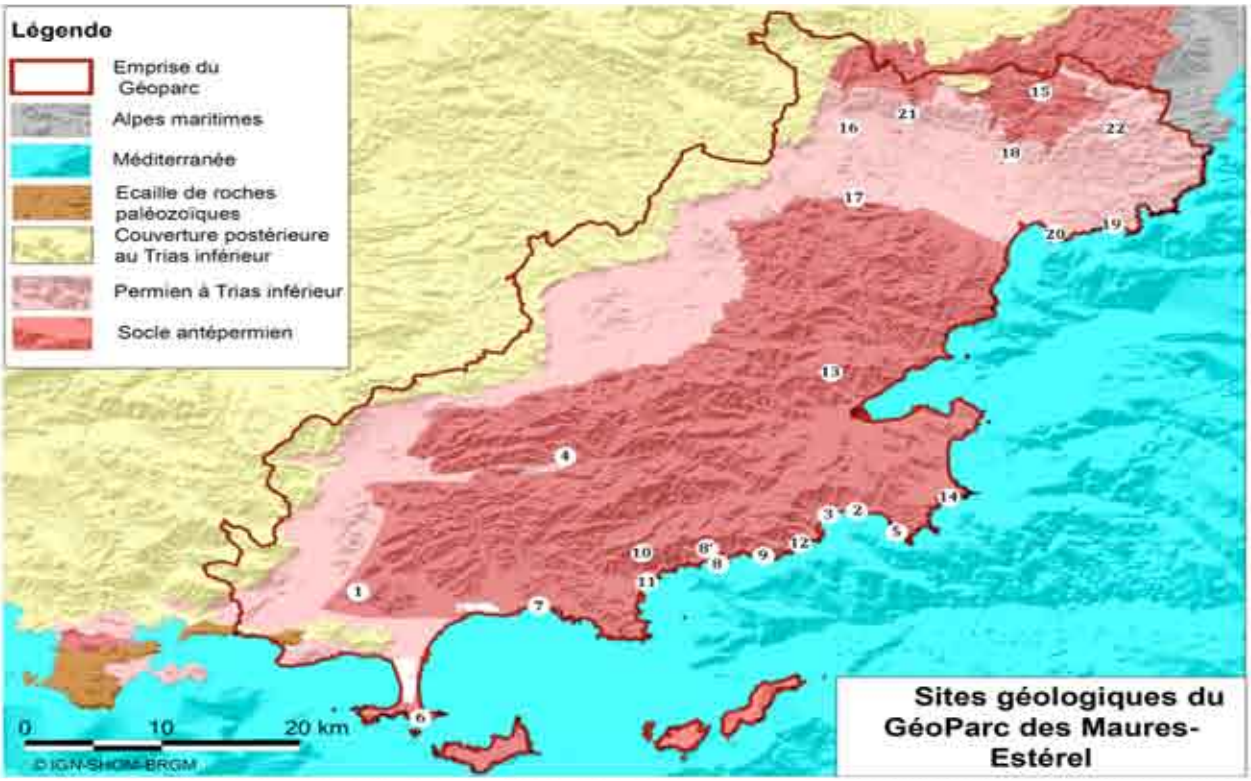


Figure 16 : Localisation des 23 sites géologiques sur la carte géologique simplifiée du Géopark Maures-Estérel. Légende identique à celle de la figure 10.

La liste de ces sites est présentée ci-dessous en tenant compte de leur signification dans l'histoire géologique lisible dans le cadre du Géopark.

* <u>Les grandes étapes de l'évolution de la chaîne varisque conduisant à 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'Hymalaya 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)
- Le granite de Camarat (Ramatuelle) (14)
- Le bassin carbonifère intra-montagneux du Reyran (Fréjus) (15)

Grâce au niveau actuel d'érosion, l'observation des différents sites énoncés ci-dessus correspond à une sorte de « ballade » à la base de l'Himalaya Varois (Figure 17).

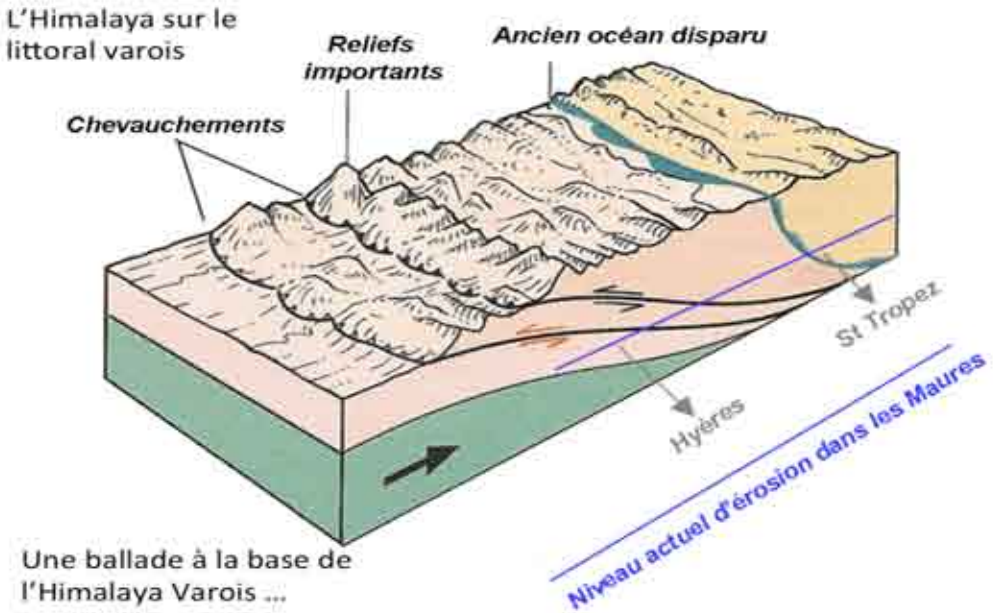


Figure 17 : Schéma d'un « coupe » entre Hyères et Saint-Tropez dans la chaîne varisque.

* <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)

Ces différents sites permettent de reconstituer le rift Varois avec ses volcans et ses dépôts sédimentaires (Figure 18).

Rifting post-Varisque

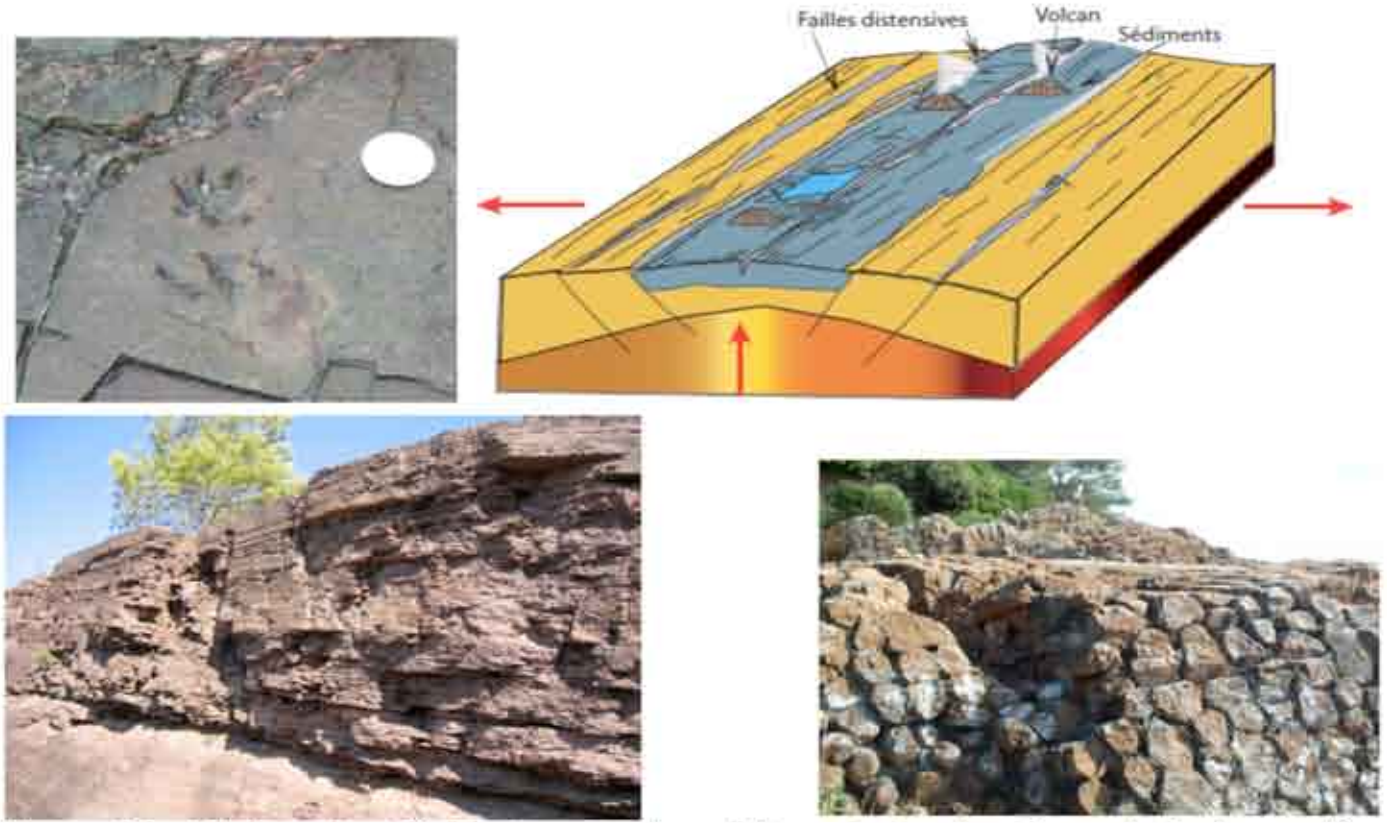


Figure 18 : Schéma du rift Varois avec des sédiments (en bas à gauche), des coulées volcaniques (en bas à droite) et ....des traces du Vivant.

10- Les sites paléontologiques remarquables :

Si la plus grande partie de la zone concernée par le Géopark candidat est azoïque, il existe des zones qui ont pu livrer des fossiles exceptionnels (Mont Fenouillet à Hyères et carrière des Mèdes à Porquerolles, plaine des Maures, ancienne carrière de Peygros au Thoronet...).
La répartition chronologique de ces fossiles s'étend du Silurien (Llandovery) à la fin du Trias (Rhétien), soit une période de plus de deux cent millions d'années. Ces fossiles sont très variés en allant des graptolites aux vertébrés les plus divers (sauroptérygiens, coelacanthe, stégocéphales...) mais en incluant également de très nombreuses traces (empreintes de pas, traces de fouissage, reptation, impacts de gouttes de pluie, rides de courant...) ainsi que des restes d'arthropodes (crustacés triopsidés, ailes d'odonates, orthoptères, blattidés...) dont certains ont permis la création de nouveaux genres et espèces.
Des fossiles de cnidaires ne sont pas à exclure et la grande variété des restes trouvés en quelques années permet d'espérer de futures découvertes à venir.
Les affleurements du Stéphanien n'ont pour l'instant livré que des restes végétaux, mais la présence d'arthropodes liés à ces plantes n'est pas à exclure.

10 sites sont proposés en fonction de leur intérêt en termes de valeur scientifique. Dans liste qui suit, les sites sont déclinés de façon chronologique depuis le Silurien jusqu' au Trias.

Les plus anciens fossiles se trouvent sur le **Mont Fenouillet** sur la commune d'Hyères-les-Palmiers et ont été signalés en 1938 par H. Schoeller. Également présents dans les schistes de **l'île de Porquerolles**, ces fossiles de graptolites ont permis de dater ces roches du **Silurien (Llandovery, entre – 444 et – 433 millions d'années)** ce qui en fait les plus vieux fossiles de Provence.
En 2012, S. Boivin, P. Laville et J. Sougy annoncèrent la découverte de graptolites dans la **carrière des Mèdes sur l'île de Porquerolles** (Diplograptus (Glyptograptus) tamariscus NICHOLSON).

Le **bassin du Reyran** possède des sites paléontologiques du Carbonifère, **étage Stéphanien, - 300 millions d'années**. Ces sites contiennent uniquement des restes végétaux (Sigillaria, Calamites…) mais il n'est pas impossible de pouvoir y trouver des traces d'arthropodes sous forme de marques laissées sur les plantes, voire de véritables fossiles.

La plupart des sites paléontologiques présents dans le périmètre de l'UNESCO Géopark Maures – Estérel se trouvent principalement dans la **plaine permienne** des Maures et quelques endroits précis ont été étudiés et ont montré la richesse de leur sous-sol. *Essentiellement présents dans les pélites, la plupart de ces sites présentent des ichnofossiles avec différentes pistes de locomotions de reptiles, amphibiens mais également de mollusques et d'arthropodes.*
L'un d'eux a été mis en valeur dans la ville de **Saint-Raphaël** dans le cadre d'un aménagement urbain. Il se présente sous la forme d'une zone de quelques centaines de mètres carrés avec à la surface des pistes de nombreux animaux, des reptiles et des amphibiens, qui se croisent régulièrement. De tailles et de formes diverses, elles donnent un aperçu précis de la faune du Permien supérieur, le site ayant été daté de – 272 millions d'années.

D'autres zones fossilifères se trouvent réparties le long de la plaine des Maures et présentent à chaque fois le même type d'ichnofossiles avec traces de paléoenvironnements (rides de courant, fentes de dessication…).
Coulet-Redon, **le Muy**, **le Luc**, mais particulièrement **Gonfaron** ont permis la découverte de nombreux fossiles dont certains très bien préservés et inédits (Bansheepteron gonfaronensis & Gallograma galadrielli gen & spe. Nov.).
La commune de Gonfaron est celle qui a le plus permis le développement des recherches paléontologiques et en plus des pélites contenant diverses pistes de locomotion, ailes d'insectes, crustacés et autres fossiles, des gouttières sédimentaires ont été retrouvées.
Ces gouttières sont susceptibles de posséder des restes fossilisés d'animaux plus gros et sont semblables à celles qui ont été retrouvées à Lodève dans le département de l'Hérault.

Pour en terminer avec les sites du **Permien supérieur**, il est à signaler la présence de paléolacs à Agay et au Pradet. Le **gisement d'Agay** a fourni de très nombreux restes végétaux très bien conservés et le site, exceptionnellement riche mais dans une propriété privée, est à mettre en valeur. Les lamines du **paléolac du Pradet** sont très noires et riches en petits restes végétaux, moins bien conservés qu'à Agay toutefois. A proximité se trouvent des laminations stromatolithiques qui sont sur le bord de la route qui mène à l'ancienne mine de cuivre.

Les sites fossilifères du futur UNESCO Géopark ne sont pas tous datés du Paléozoïque et il est à signaler l'existence de gisements triasiques.
A **Gonfaron,** au-dessus des pélites fossilifères permiennes se trouvent également des grès datés du **Trias moyen** (Anisien). De nombreux restes osseux attribués à des stégocéphales y ont été retrouvés et la couche les contenant semble se continuer sur plusieurs kilomètres le long de la plaine des Maures. Actuellement, seul le bone-bed de Gonfaron a fait l'objet de fouilles régulières et les fossiles sont encore en cours d'études au Muséum National d'Histoire Naturelle.
L'anse des Bonnettes au Pradet est plus un paléo-environnement qu'un site paléontologique proprement dit mais elle présente un intérêt très net. Signalée par Georges Corroy dès 1933, elle présente de nombreuses traces de bio-perturbations des sols par les activités de fouissage de nombreux crustacés mais également de nombreux brachiopodes et de restes d'échinodermes. Des fragments de vertébrés (reptiles et poissons) y ont également été signalés.

Ces différents sites sont localisés sur la carte géologique simplifiée des Massifs des Maures et de l'Estérel (Figure 19). La numérotation des sites est fondée sur un critère chronologique.

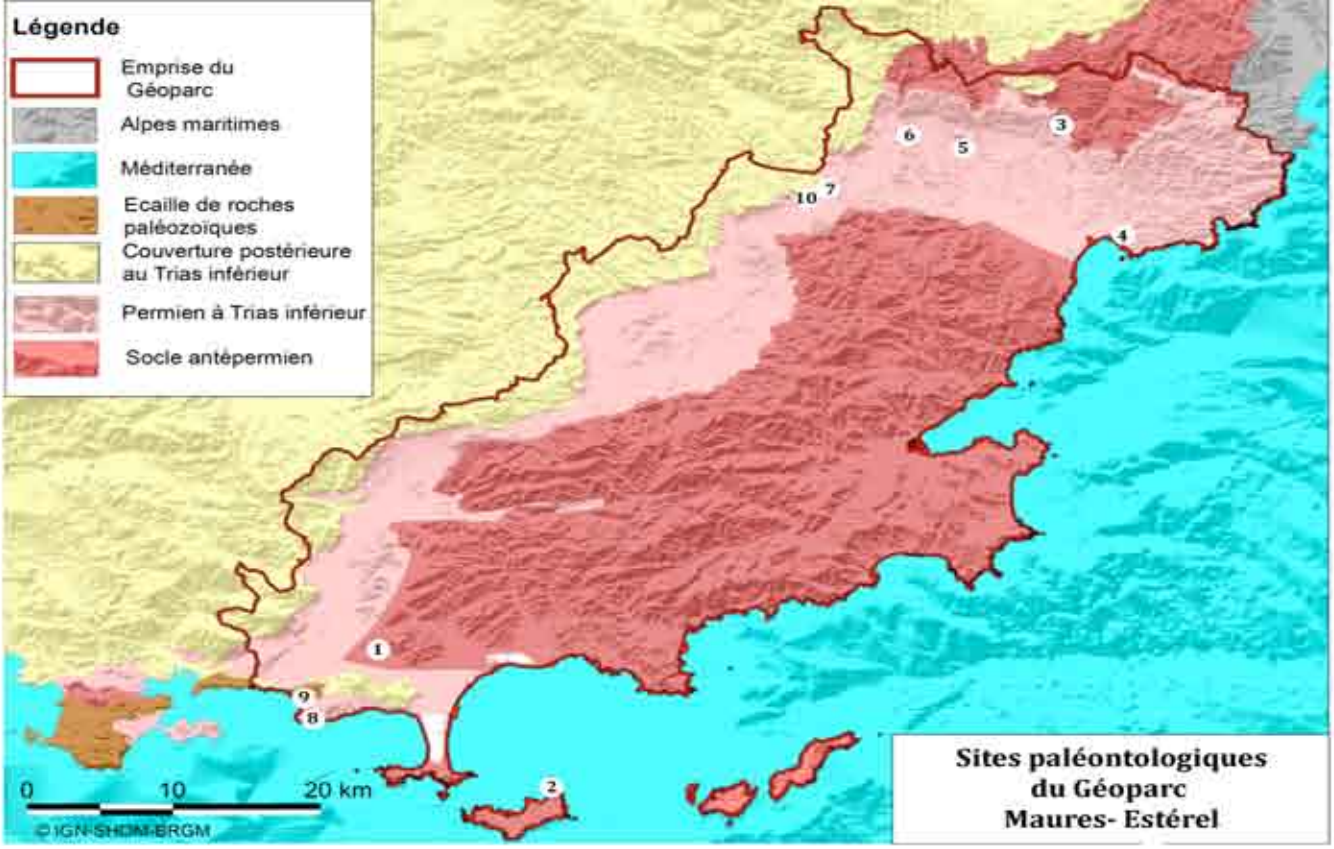


Figure 19 : Localisation des 10 sites paléontologiques sur la carte géologique simplifiée du Géopark Maures-Estérel. Légende identique à celle de la figure 10.

11- Le patrimoine minéralogique et minier et les sites d'exposition :

Dans tous les pays qui ont une histoire minière, le patrimoine minier jouit d'un intérêt grandissant, tant de la part des milieux scientifiques et éducatifs que du grand public, des médias, des collectivités territoriales et des pouvoirs publics. Le « tourisme minier » est aujourd'hui un facteur de développement autant territorial que citoyen (J. Féraud, 1979). C'est probablement parce que les anciennes mines permettent au public d'appréhender, comme les mines et carrières en activité, l'importance pour chaque civilisation, au fil du temps, de l'industrie minérale, essentielle pour les activités humaines, et de visualiser la diversité des techniques mises en oeuvre par l'homme pour extraire et fabriquer le métal.

Dans le territoire candidat, les indices miniers sont particulièrement abondants et diversifiés (Figure 20). On y observe en effet des métaux très différents tels que chrome, plomb, zinc, fer, cuivre, uranium, antimoine, manganèse, mercure, arsenic et même de l'or ; de la fluorine et de la barytine ; de la houille et des schistes bitumineux (G. Mari, 1979; J. Féraud, 1998).
Identifiés et exploitées dès l'antiquité, les gîtes métallifères et les gîtes de charbon des Massifs des Maures et de l'Estérel ont été une ressource majeure à l'origine du développement industriel du XIXème siècle.

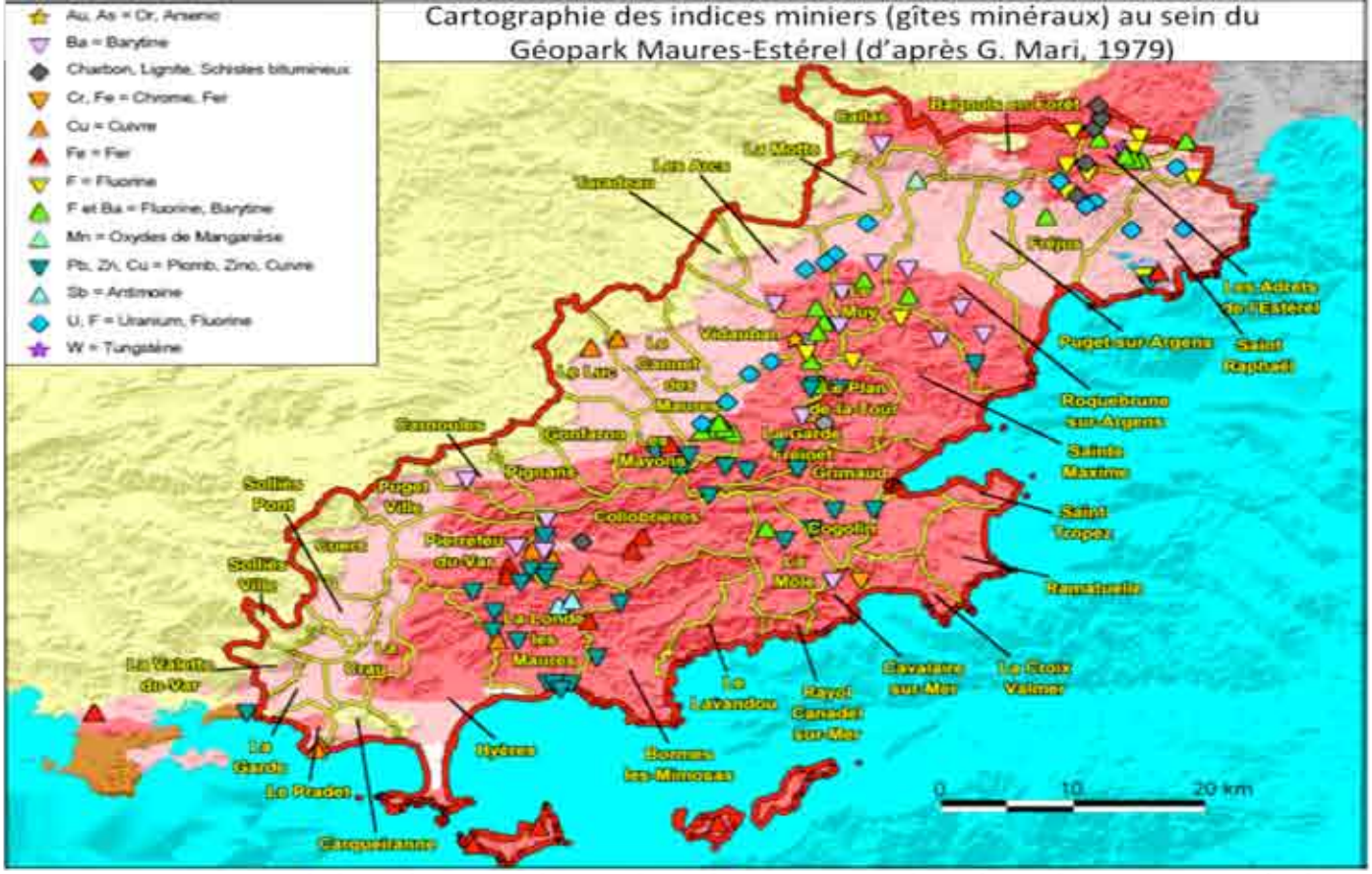


Figure 20 : Diversité des gîtes minéraux dans le territoire du Géopark Maures-Estérel. La limite du Géopark est représentée par le trait rouge, les limites des communes sont en jaune. La légende de la carte géologique simplifiée est donnée en figure 10.

Au plan historique, certaines exploitations de ce massif (celles de cuivre, plomb, zinc, fluorine et barytine) ont connu des heures de gloire. Ainsi, pour le cuivre, la mine de Cap Garonne (à proximité des communes du Pradet, Carqueiranne et La Garde), n'a produit que 3 000 t de métal mais l'histoire de cette production a été longue entre 1862 et 1917. Quelques mines détiennent même des records de production nationaux, comme la mine de zinc et plomb des Bormettes (à La Londe-les-Maures) qui a été le deuxième plus grand filon de minerai de zinc exploité en France.
En ce qui concerne la fluorine, la mine de Fontsante a été un site important au plan national, en produisant environ un million de tonnes de ce minerai de fluor extrêmement apprécié dans les industries métallurgique et chimique.

A l'heure actuelle toutes les exploitations minières ont cessé leur activité et leurs traces ont souvent disparu ou bien sont devenues méconnaissables à cause des terrassements faits pour construire des résidences pavillonnaires.

La démarche proposée au sein du Géopark est donc celle d'une valorisation du patrimoine minier au sein de musées ou d'espaces de découverte qui permettent aux visiteurs de percevoir la signification historique, économique et humaine d'un patrimoine gîtologique important.

7 sites de découvertes du patrimoine minier sont proposés, qui sont répartis sur l'ensemble du territoire du Géopark (Figure 21).

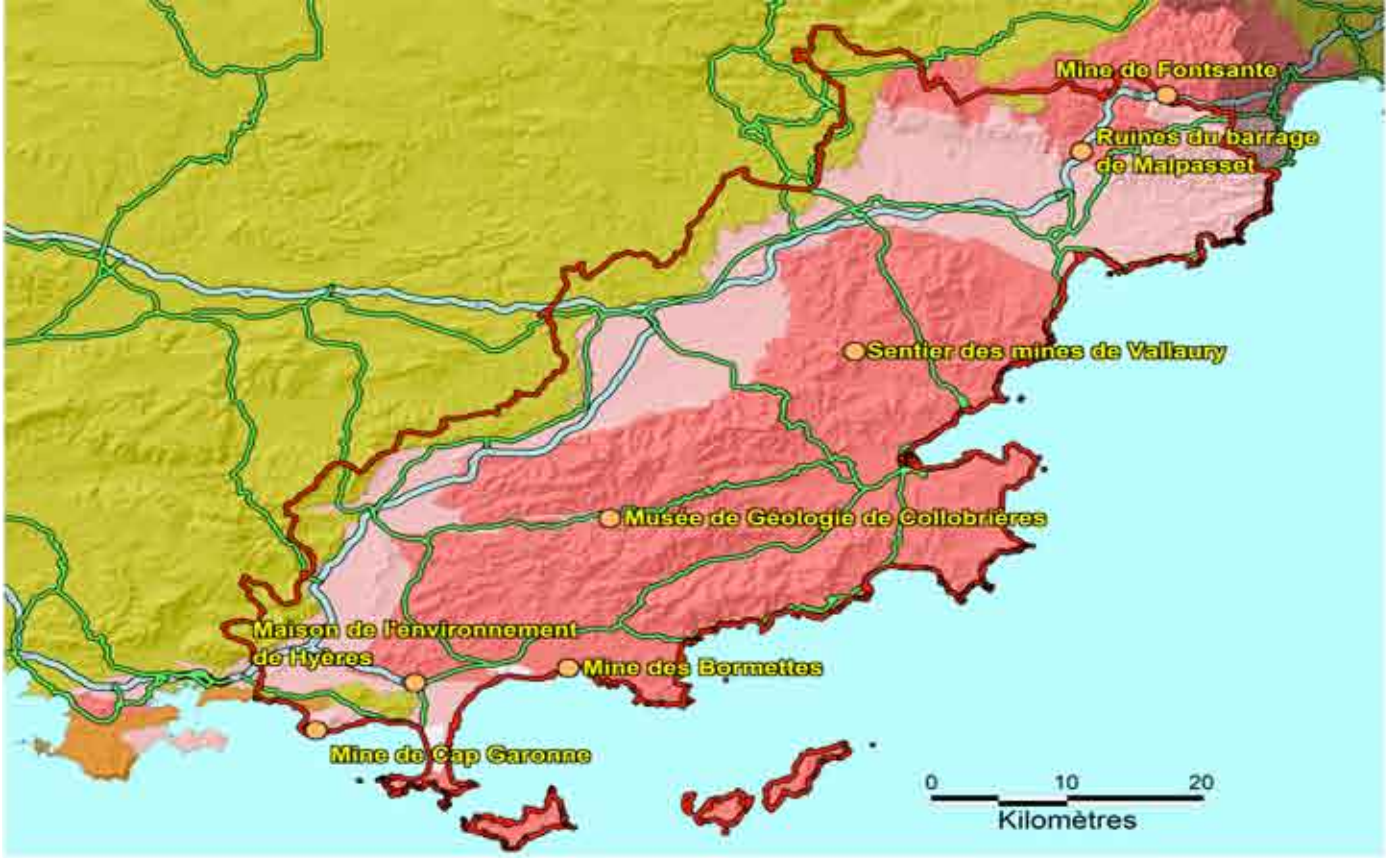


Figure 21 : Les sites de découverte du patrimoine minier dans leur contexte géologique. La limite du Géopark est représentée par le trait rouge. En rouge sont représentées les formations de la chaîne Varisque, en rose est représentée la dépression du Permien, en vert-jaune sont représentés, de façon indifférenciée, les sédiments de l'ère secondaire. Les principales voies de communication sont indiquées.

Il s'agit de 7 sites et d'espaces publics avec des visites organisées, parfois sur rendez-vous, qui peuvent être gratuites ou payantes selon les cas. Parmi ces sites, le « sentier des Mines » de Vallaury est encore un projet dont le statut n'est pas définitivement confirmé à l'heure actuelle.

Le tableau suivant donne la liste et certaines des caractéristiques principales de ces 7 sites.

Site	Type	Thème	Intérêt géologique	Gestionnaire
Musée de la mine de Cap Garonne	Galeries avec collections : - Minéralogiques - Reconstitution de chantier Sentier géologique	Ancienne mine de Cuivre Visites guidées et animations géologiques	Gîtologie Minéralogie Histoire des mines XIXème et XXème siècles	Mairie du Pradet Syndicat communal (Le Pradet, Carqueiranne)
Mine des Bormettes	Galerie Cité ouvrière Vestige de la fonderie	Ancienne mine de plomb et zinc	Exploitation minière	Office de tourisme de La Londe les Maures
Musée de Collobrières (depuis 2019)	Collections : - Minéraux, pétrographie, fossiles - Carte géologique 3D des Maures - Sentier pétrographique du village	Sentier "pétrographique"et minéralogique	Minéralogie Paléontologique Pétrographique	Mairie de Collobrières Office de tourisme
Maison de l'environnement	4 Salles de présentation du patrimoine naturel. Borne 3D interactive sur le littoral varois 2014	Visites guidées, conférences et animations sur : - Géologie - Faune - Flore	Géologie générale Provence	Mairie de Hyères
Sentier des mines de Vallaury	Itinéraire balisé (5 panneaux en cours d'installation) de 5 km au nord de Plan de la Tour	Sentier de visite (5 km) des mines de plomb argentifère	Gîtologie Minéralogie	Office de tourisme de Plan de la Tour
Ruines du barrage de Malpasset (1959)	Sentier avec 10 panneaux explicatifs en 2020	Génie civil	Structure du sous-sol et tenue d'ouvrages d'art	Mairie de Fréjus
Mine de Fontsante	Projet ENGIE-SUEZ d'un musée de la mine	Gîtologie Minéralogie	Dernière mine de spath-fluor en France fermée en 1967	Enclave de la commune de Callian dans celle de Tanneron (détail ignoré de la base de données IGN BDTopo)

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)

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 des 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- Les grandes étapes de l'évolution de la chaîne varisque, témoins de la formation de la Pangée :

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 :

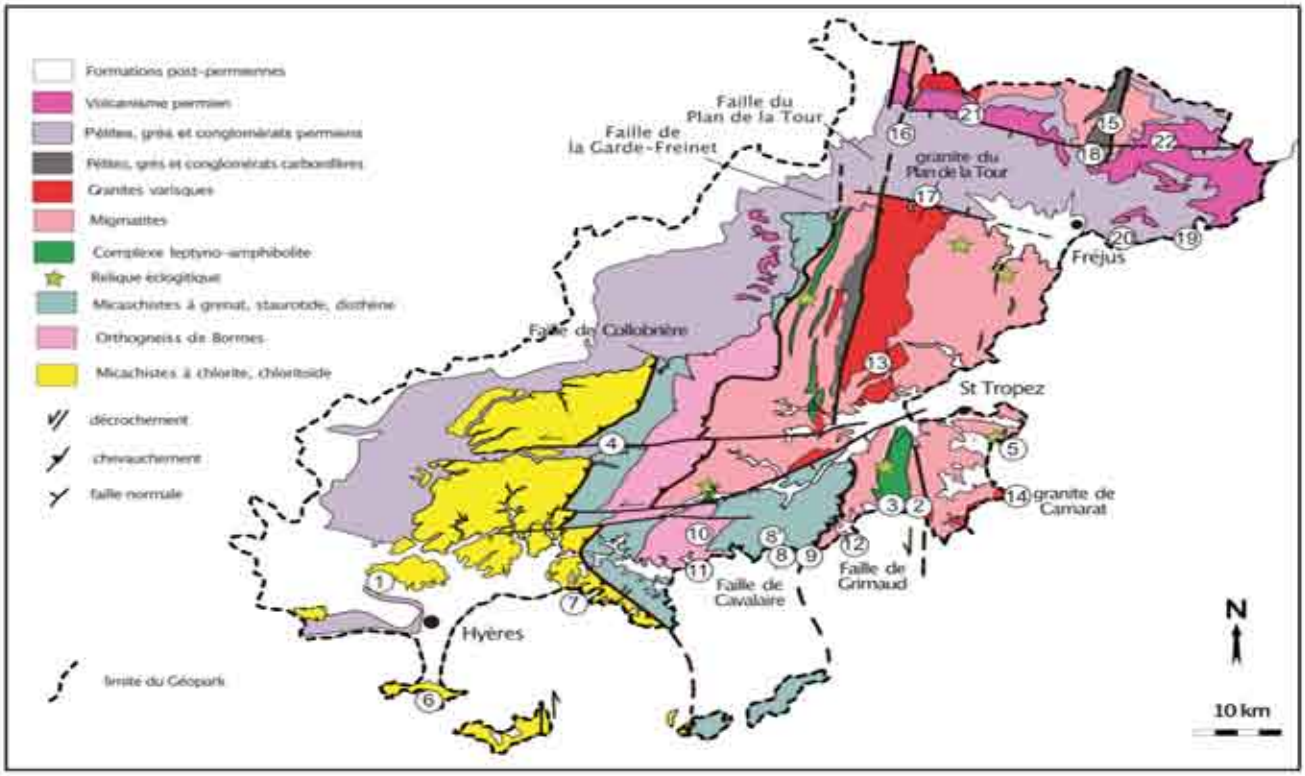
- La carrière du Mitan (Le Muy) (16)
- Le rocher de Roquebrune-sur-Argens (17)

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

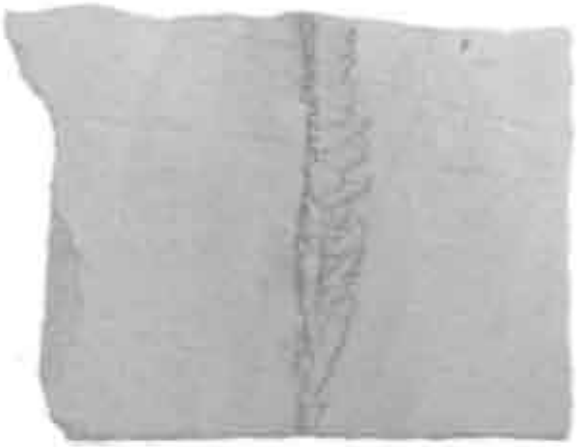
C- Fiches descriptives des sites remarquables

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

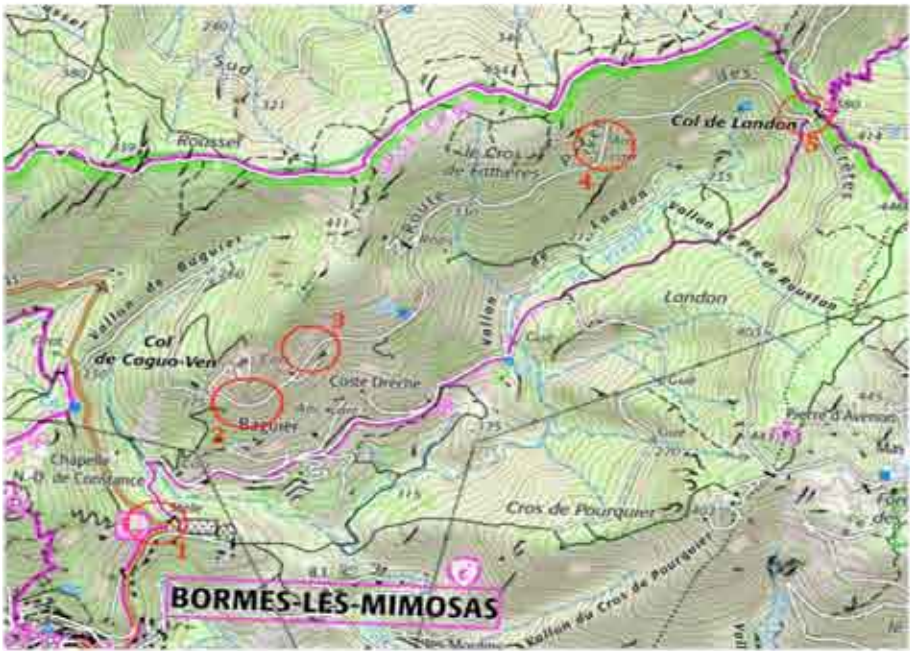
Les micaschistes du Rayol permettent d'observer des structures tectoniques associées au raccourcissement et à l'épaississement lié à la collision continentale (plis, schistosité, cisaillement inverse) d'âge Carbonifère.

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

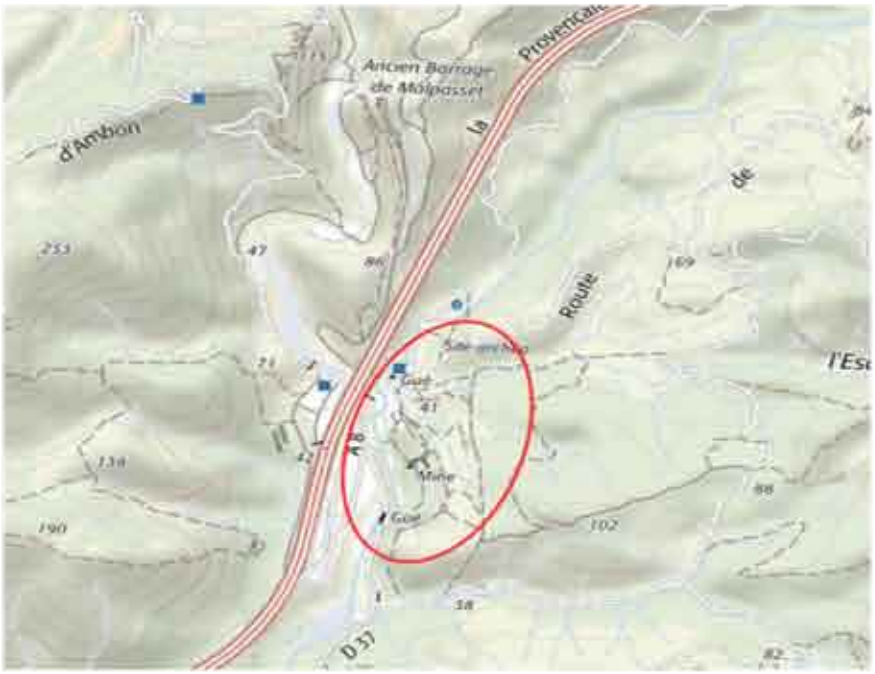
Entre le Cap Camarat et le Cap Taillat affleurent plusieurs plutons de granite emboités de forme allongée selon une direction Est-Ouest. Ils se présentent sous deux facies principaux, l'un à grain fin et l'autre à grain grossier, tous les deux riches en quartz, muscovite, biotite et parfois cordiérite 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

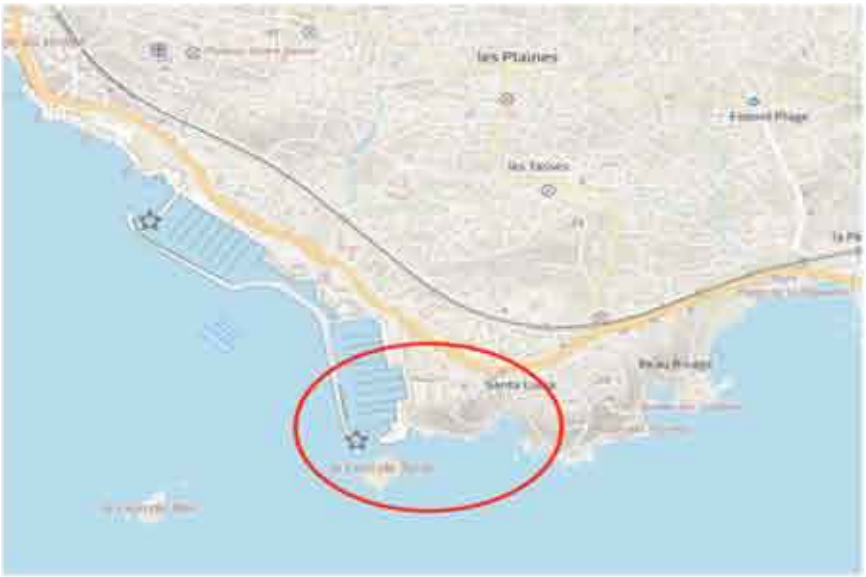
Le site expose des dépôts pyroclastiques basiques avec des tufs, des lapillis et des bombes volcaniques et témoigne du caractère parfois explosif du volcanisme d'âge Permien. Les tufs basiques contiennent des feldspaths blancs (Labrador) de taille centimétrique.

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.

ANNEXE 2 : LES SITES D'INTERET PALEONTOLOGIQUE SUR LE TERRITOIRE DU MASSIF DES MAURES ET DE L'ESTEREL

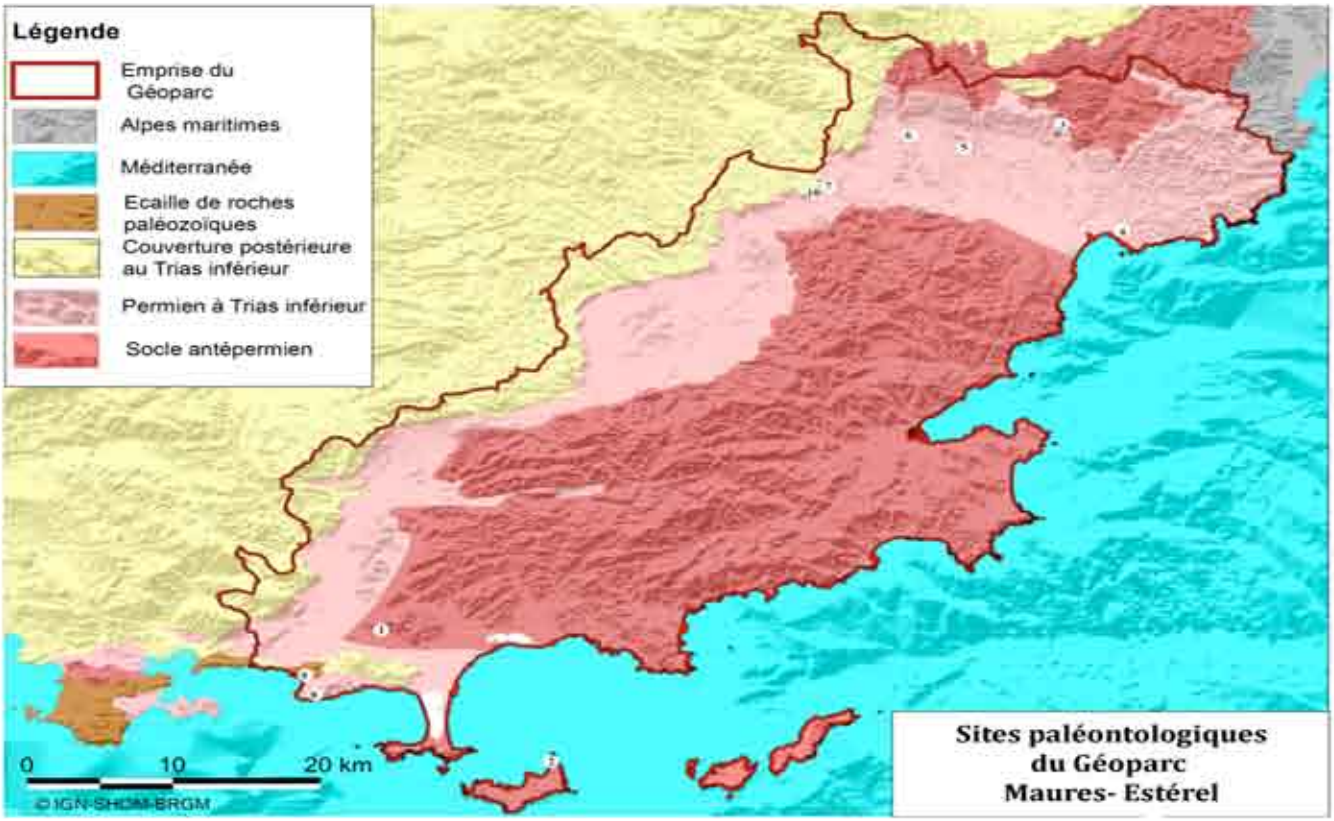
Eléments constitutifs pour un projet UNESCO-Geopark « Maures-Estérel »

(Stephen Giner)

Les sites sélectionnés présentent tous un intérêt scientifique et pédagogique incontestable. Beaucoup d'entre eux ont fait l'objet de travaux et de publications scientifiques qui en démontrent la valeur. Certains de ces sites sont communs avec des sites d'intérêt géologiques présentes dans l'annexe précédente. L'accent est mis dans ce qui suit sur les caractéristiques paléontologiques et/ ou paléoécologiques.

Dans ce qui suit, les sites sont présentés dans un ordre chronologique qui permet de bien illustrer l'évolution de l'Histoire de la Vie sur terre dans le Var pour la période de temps considérée pour le projet de Géopark Maures-Estérel.

La carte de localisation des sites dans le périmètre du Géopark est suivie par une description synthétique et spécifique des caractéristiques de chacun des **10 sites proposés**.



Localisation des 10 sites paléontologiques dans le périmètre du Géopark Maures-Estérel.

Les sites proposés sont localisés au Sud et au Nord du territoire envisagé pour le Géopark. Trois d'entre eux sont situés dans le socle antépermien, les sept autres le sont dans les formations sédimentaires du Permien au Trias inférieur. **C'est donc toute l'échelle de temps du projet qui est illustrée du point de vue paléontologique**.

Enfin, un dernier site à signaler, qui n'est pas porté sur la carte, se trouve dans le périmètre des « portes du Géopark », au **Thoronet**. Il s'agit d'une ancienne carrière de bauxite qui possède de très grands fronts de taille dans des calcaires datés du **Trias terminal** (Rhétien). De très nombreux restes de poissons mais surtout de reptiles marins, dont certains de très grande taille, y ont été retrouvés.

Liste et caractéristiques des sites proposés :

* Site 1 :

Nom : Mont Fenouillet

Type : Graptolites

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X= 952016,84 et Y= 6231201,4

Description (Site, échantillons, etc.) :
Schistes noirs contenant des fossiles de graptolites datés du Silurien.

Publications :
SCHOELLER H. 1938. CR sommaires SGF pp 147-148.

* Site 2 :

Nom : Ile de Porquerolles

Type : Graptolites

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 964288,76 et Y = 6218933,09

Description (Site, échantillons, etc.) :
Schistes noirs contenant des fossiles de graptolites datés du Silurien.

Publications :
BOIVIN S, LAVILLE P, SOUGY J. 2012. Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, 26 : 239-241

* Site 3 :

Nom : Bassin du Reyran

Type : Schistes carbonifères.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 1005577,93 et Y = 6278451,11

Description (Site, échantillons, etc.) :
Schistes houillers avec fossiles végétaux carbonifères (les coordonnées sont centrales)

Publications :
A compléter.

* Site 4 :

Nom : Saint-Raphaël

Type : Dalle avec pistes de vertébrés.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 1006045,84 et Y = 6265744,24

Description (Site, échantillons, etc.) :
Pélites permiennes avec pistes de vertébrés de différentes tailles (900 m^2 de superficie)

Publications :
DEMATHIEU G, GAND G. 1992. Geobios, vol 25, pp 19-54
GAND G, DEMATHIEU G, BALLESTRA F, 1995. Paleontolgraphica Abt. A. pp 97 -139

* Site 5 :

Nom : Coulet-Redon

Type : Pélites avec pistes de vertébrés.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 993661,97 et Y = 6274409,98

Description (Site, échantillons, etc.) :
Pélites permiennes avec pistes de vertébrés de différentes tailles.

Publications :
GARROUSTE R, GAND G. 2009 CR Palevol xxx

* Site 6 :

Nom : Le Mitan

Type : Pélites avec pistes de vertébrés et paléosols.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 989685,76 et Y = 6273576,28

Description (Site, échantillons, etc.) :
Pélites permiennes avec pistes de vertébrés de différentes tailles.

Publications :
GARROUSTE R, GAND G. 2009 CR Palevol xxx

* Site 7 :

Nom : Gonfaron

Type : Pélites avec pistes de vertébrés.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 966750,47 et Y = 6253793,29

Description (Site, échantillons, etc.) :
Pélites permiennes avec pistes de vertébrés de différentes tailles (les coordonnées sont centrales).

Publications :
TOUTIN-MAURIN N. 1980, Thèse, Université Nice Sophia-Antipolis
GAND G. 1987, Thèse, Université de Bourgogne

* Site 8 :

Nom : Le Pradet

Type : Paléo-lac.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 946988,53 et Y = 6224732,1

Description (Site, échantillons, etc.) :
Pélites permiennes avec débris de végétaux.

Publications :
A compléter.

* Site 9 :

Nom : Le Pradet

Type : Fond marin.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 945587,51 et Y = 6226817,8

Description (Site, échantillons, etc.) :
Calcaires avec enchevêtrement de terriers fossilisés.

Publications :
CORROY G. 1933. Bull. Soc. Geol. France (5) 3, 475-483.

* Site 10 :

Nom : Gonfaron

Type : Grès avec bone-beds.

Coordonnées : Lambert 93 (mètres) ou géographiques (degrés décimaux)
X = 966789,84 et Y = 6252827,42

Description (Site, échantillons, etc.) :
Grès triasiques avec os de stégocéphales.

Publications :
A compléter.

ANNEXE 3 :

LE PATRIMOINE MINERALOGIQUE ET MINIER

Argumentaire pour un projet UNESCO-Geopark « Maures-Estérel »

(Jean Féraud* et Pierre Laville)

* Docteur en Géologie Appliquée (Paris) spécialité Gisements minéraux et Minéralogie. Ingénieur-géologue, ancien responsable thématique Patrimoine et Archéologie minière au BRGM, coordinateur du Fichier des Gîtes minéraux de la France de la BSS. Membre du Comité français d'Histoire de la Mine.
Email : jeanferaud@free.fr

Cet argumentaire est un extrait d'un document plus conséquent rédigé par Jean Féraud. L'essentiel des descriptions détaillées qui suivent sont consacrées au patrimoine minier du territoire du Géopark, mais certains sites d'intérêt strictement « minéralogique » sont déjà présentés dans les sites d'intérêt géologique de l'annexe 1.

A- LA PLUS–VALUE DES GITES MINERAUX DANS LES GÉOPARCS

Dans tous les pays qui ont une histoire minière, le patrimoine minier jouit d'un intérêt grandissant, tant de la part des milieux scientifiques et universitaires que du grand public, des médias, des collectivités territoriales et des pouvoirs publics. Les «fleurs de mine», ces cristaux naturels de différents minerais, nous fascinent tous. Les musées et autres centres de connaissance et d'éducation se multiplient. Le « tourisme minier » est aujourd'hui un facteur de développement autant territorial que citoyen. Le beau livre mémorial (collectif 2018) que vient d'éditer l'Agence Nationale ANGDM, qui gère l'ensemble des mines françaises arrêtées et qui protège les droits des anciens mineurs, témoigne de cette prise de conscience.

Les nombreuses causes de cet intérêt croissant :

C'est sans doute, d'abord, parce que les anciennes mines permettent au public de visualiser, comme les mines et carrières en activité, l'importance pour chaque civilisation, au fil des siècles, de l'industrie minérale, essentielle pour les activités humaines, et d'évoquer les techniques ingénieuses inventées par l'homme pour extraire et fabriquer le métal.

Une évolution radicale de la muséographie s'est progressivement développée dans les années 70 : succédant aux musées « capharnaüm » où seul le spécialiste et l'enseignant retrouvaient le fil conducteur, une nouvelle génération de musées est apparue. À la manière des parcs américains, on a créé des « espaces de découverte » où le visiteur se laisse « entraîner par une histoire » que le scénographe lui raconte et lui fait partager.

Dans les années 90, les espaces dédiés plus spécifiquement au patrimoine industriel ont encore franchi une nouvelle évolution : dans les objectifs qui s'imposent à ces espaces (qui restent en partie des lieux de mémoire), il n'est plus question de préserver l'ensemble des témoins désuets du passé mais plutôt de concevoir une nouvelle manière de *vivre avec des racines solides dans le passé*. La valorisation patrimoniale des anciens bassins miniers n'est donc plus seulement un exercice "conservatoire", mais un acte de citoyenneté, un acte social fondant la solidarité des hommes. Le Centre historique et minier de Lewarde dans le Nord-Pas de Calais en a été le premier exemple remarquable. Il a été « consacré » par l'UNESCO en 2012 avec son inscription sur la liste du patrimoine mondial de l'Humanité.

Le développement des GéoParcs miniers :

Parallèlement à cette évolution, après la labellisation des premiers GéoParcs UNESCO, l'engouement s'est étendu à la création de « parcs géominiers ». L'un des premiers a été le Parco geominerario della Sardegna, qui a suscité immédiatement une belle synergie, tant de la part des différents acteurs locaux que du public. Il faut dire que la fermeture des grandes mines de plomb, zinc et charbon de la région d'Iglesias était très récente ce qui a permis de disposer de la coopération, de la mémoire et du savoir-faire d'environ 200 ouvriers mineurs encore actifs qui n'ont ainsi pas été licenciés. Toute une série de sites miniers ont été réaménagés touristiquement aux quatre coins de l'île et ils sont gérés en réseau. Le Portugal a été aussi très dynamique. Ainsi, l'Arouca Geopark labellisé UNESCO permet de visiter d'anciennes mines de tungstène et d'étain. Le Parque mineiro da Cova dos Mouros-Alcoutim, dans l'Algarve, n'est pas un GéoParc mais il fait partie des Routes Européennes du Patrimoine industriel ; il valorise d'antiques mines de cuivre de la ceinture pyriteuse Sud Ibérique. L'Espagne a développé de très nombreux parcs miniers. « Hors compétition » si l'on peut dire, le site des mines antiques d'or alluvionnaire de Las Medulas (Espagne centrale) a été inscrit, lui, au patrimoine mondial de l'Humanité.

La création d'autres GéoParcs miniers a suivi, sous le patronage de l'UNESCO et bénéficiant du cofinancement de programmes européens INTERREG : Idria et sa mine de mercure en Slovénie ; la Styrie et ses mines historiques de cuivre, fer, or de la région alpine de Salzbourg en Autriche ; la Toscane et le Val Sesia en Italie ; les mines de cuivre et de chrome des célèbres (pour les géologues) empilements de laves sous-marines en oreillers du Troodos à Chypre ; le cuivre d'Irlande ; le fer du Mexique. En Espagne, un pas supplémentaire a été franchi avec la création d'une Route patrimoniale internationale du Mercure, sous le parrainage de l'UNESCO et d'ICOMOS. Elle regroupe les trois plus grosses anciennes mines de mercure du Monde, Almaden (Espagne), Idria (Slovénie) et Huancavelica (Pérou).

Les missions particulières des GéoParcs à patrimoine gîtologique important :

Par l'entretien de la mémoire des sites, de leur signification historique, économique et humaine, ces GéoParcs (et les « musées » rattachés géographiquement) rappellent aux visiteurs leurs racines. Par leur approche éducative et ludique, ils contribuent à la gestion des territoires, notamment d'un point de vue touristique. Ils retissent aussi certains liens, qu'ils soient sociétaux, environnementaux ou territoriaux, entre les générations, notamment dans les grands bassins miniers arrêtés où un effort de reconversion important a été effectué.
Comme le soulignaient le magazine Géosciences dans son numéro 7/8 de mars 2008 et le magazine Géochronique n° 112 de décembre 2009 coédité par la Société Géologique de France et le BRGM, l'ancienne mine, la « mine d'autrefois », est devenue, par ses multiples déclinaisons, une « mine de toujours », un lieu d'excursion dominicale ou de voyage de vacances, de visite culturelle, de recherche scientifique, de passion, voire de sport physique (spéléologie, randonnée) et un élément d'aménagement du territoire.
En France, pour l'argent et le plomb, plusieurs musées miniers sont remarquables (cf. Géochronique n°102, 2007, p. 41) mais il n'existe pas encore de GéoParc à contenu gîtologique remarquable.
Dans les Maures, le musée minier et minéralogique du cuivre établi en 1994 au Cap Garonne (sur les communes du Pradet, Carqueiranne et La Garde, département du Var) dans un site splendide dominant la mer, vaut le voyage (THOMAS P. 2010, FAVREAU G. et coll. 2014).
En dehors du massif des Maures mais à proximité, citons encore le musée du charbon à Gréasque (Bouches-du-Rhône), le musée des Gueules Rouges à Tourves qui met en valeur le patrimoine des anciennes mines de bauxite du Var (second district productif français), et tout le patrimoine géologique et minier qui se décline dans le Vaucluse et les Alpes-de-Haute-Provence, autour des Ocres d'Apt. L'exploitation traditionnelle quasi artisanale de pigments colorés s'y poursuit encore de nos jours, dans les collines bariolées du « petit Colorado » du Parc Naturel Régional et de la Réserve Naturelle Géologique du Lubéron. Celle-ci renferme, en outre, la mémoire d'exploitations minières aujourd'hui arrêtées mais qui ont connu autrefois des années de prospérité : fer de Rustrel (avec vestiges de bas-fourneaux de l'Antiquité ou du Moyen-Âge), le lignite de Manosque, la « Pierre du Midi », et le soufre d'Apt ; Apt a été la première mine de soufre sédimentaire française en 1854 et Saint-Michel-L'observatoire la seconde, peu après.

Les règles de sécurité particulières à la valorisation des sites miniers abandonnés :

Un GéoParc en lui-même n'a pas vocation à se poser comme maître d'ouvrage du réaménagement d'une galerie ou d'une ancienne mine dans un but touristique. Les modalités de cette reconversion (s'il s'en propose) sont de la responsabilité de l'aménageur, sous le contrôle des pouvoirs publics en ce qui concerne notamment la sécurité. Ce sera à l'aménageur d'estimer les nécessités de protection (physique et règlementaire) comme les possibilités et contraintes de valorisation ou d'ouverture au public. Par contre, sur demande, un inventaire détaillé des sites qui pourraient se prêter au tourisme (ne serait-ce que pour des visites en surface) pourra être fait au niveau de l'APD du GéoParc. Il est esquissé ci-après.
En outre, à ce stade précoce du projet, il est indispensable d'exposer à titre d'avertissement les principes généraux, en France, du réaménagement des sites miniers et de leur accès au public.
Au plan administratif et juridique, le code minier classe, les sites miniers abandonnés en deux catégories :

- *Les sites dans lesquels la substance recherchée ou exploitée appartient à la classe juridique des « mines » (à savoir tous les métaux, les substances énergétiques comme le charbon et l'uranium, ainsi que la fluorine) relèvent de la Police des Mines, qui est assurée par les DREAL aujourd'hui. Leur sous-sol (notamment les galeries et puits) appartient à l'Etat. Il en a autorisé l'exploration et l'exploitation sous forme de titres miniers (permis miniers ou concessions minières) octroyés en général à des compagnies (car elles offrent bien plus de garanties que des particuliers). En Provence,*

plus aucune compagnie ne possède aujourd'hui de tels titres miniers. Ceux-ci ont tous été retirés ou ont expiré, et les galeries, les puits et les bâtiments industriels ou installations nécessaires autrefois à l'exploitation ont (en principe) été mis en sécurité (condamnés), soit par l'ancien exploitant, soit par l'Etat s'ils étaient orphelins. Lorsque le titre minier a ainsi disparu, la Police des Mines ne s'applique plus. La propriété du sol et le droit de parcourir la surface (et les ruines autres qu'industrielles qui peuvent être encore visitées en surface) sont revenus au propriétaire de la parcelle cadastrale. C'est lui qui est responsable de la sécurité publique dans sa parcelle (si elle n'est pas clôturée) et (à défaut) le maire (Police municipale ou de Droit commun). C'est lui seul qui décide à qui il peut en autoriser l'accès.

- *Les sites dans lesquels la substance recherchée ou exploitée appartient à la classe juridique des « carrières » (à savoir les granulats, les pierres de construction, les argiles, la barytine, le disthène, etc.) appartiennent au propriétaire de la parcelle cadastrale, ainsi que leur sous-sol et (sur autorisation de l'Etat) son exploitabilité. Ce propriétaire a la faculté de louer à des compagnies cette exploitabilité pour une durée déterminée. Dans les sites de ces substances, en matière de sécurité, lorsque l'extraction est arrêtée, c'est toujours le droit et la responsabilité publique du propriétaire du sol qui s'appliquent et (à défaut) la Police municipale de Droit commun. Le cas est identique pour les sites contenant des minéraux (ou des fossiles) ne relevant pas du Code Minier, comme les grenats de Collobrières, les lithophyses, les tourmalines, les filons de quartz ou les troncs de bois fossiles etc. (ces objets pouvant par ailleurs être l'objet d'une protection au titre du patrimoine géologique).*

Ainsi sont régies les responsabilités, en cas d'accident corporel ou de contamination d'un visiteur qui aurait ingéré accidentellement des substances nocives (ceci ne concernant toutefois pas le géologue pour qui le réflexe de « lécher » le caillou pour l'examiner sous sa loupe de terrain est professionnel et inoffensif !).

Du fait que les titres miniers du futur GéoParc ont tous expiré ou ont été retirés (la concession de bauxite de Peygros n'est pas incluse dans le projet de GéoParc), les règles qui s'appliquent dans ses anciens sites miniers (et les assurances individuelles ou collectives) sont les mêmes que celles qui régissent les responsabilités en matière de promenade en pleine forêt, de randonnées sur des sentiers, ou de visite d'une ferme paysanne abandonnée.

Les responsabilités se compliquent dans le cas des risques d'accident survenu en pénétrant dans des galeries anciennes s'il en subsiste, ou en échantillonnant sans protection un ancien front de taille dans une carrière laissée ouverte. Les professionnels (géologues miniers, archéologues miniers) sont en principe formés aux risques particuliers de ce milieu et les assurances considèrent qu'ils s'y aventurent donc en pleine responsabilité. Par contre, ce n'est pas le cas des autres professions ni du public. Les assurances rechercheront donc des responsables de l' accident survenu. Ces galeries ne sont plus entretenues depuis longtemps mais ce sont (sauf cas de galeries « clandestines », ou antérieures à l'existence du Code Minier) des ouvrages qui relevaient de la Police des Mines. Elles auraient donc dû être condamnées par l'exploitant sous le contrôle de l'Etat (Service des Mines puis DREAL aujourd'hui) avant de lui donner quitus. Si le propriétaire de la parcelle souhaite néanmoins conserver ouverte une de ces galeries pour organiser des visites du public, il a la possibilité de demander à l'Etat le transfert à son profit de la responsabilité de la sécurité publique, s'il présente les garanties nécessaires (capacité de surveiller et d'entretenir la galerie, et dépôt d'une caution bancaire pour financer l'obturation de la galerie après son décès).

L'autorisation de faire visiter au public un ouvrage souterrain nécessite ensuite des travaux de confortement et un audit de la part des services de la protection civile (aménagement en Etablissement pouvant Recevoir du Public ERP). Qu'on se rassure : dans le territoire du GéoParc, les anciennes galeries de la mine de cuivre de Cap Garonne ont brillamment passé cet « examen ».

B- HISTOIRE MINERALOGIQUE ET MINIERE DU MASSIF

Outre les paysages ensoleillés et la proximité de la mer, les amateurs d'histoire industrielle et les minéralogistes régionaux se réjouissent aussi de la riche **histoire minière** de la Provence cristalline. En effet, les phénomènes géologiques qui se sont succédé dans la croûte terrestre de cette région ont été favorables à la genèse de **minéralisations de types très variés** dont la mise en place est essentiellement d'âge paléozoïque.

Une densité exceptionnelle dans la variété :

Cette grande diversité de minéralisations, rassemblées dans un (relativement) petit territoire, alliée à la fréquence kilométrique des gîtes minéraux, sont un atout important. Dans la Provence cristalline, les minéralisations successives se sont diversifiées aussi bien en ce qui concerne l'origine et le type des minéralisations (gites de ségrégation magmatique, filons hydrothermaux, accumulations sédimentaires, concentrations dues au métamorphisme, etc.) que la nature des substances déposées. On y rencontre en effet des métaux divers tels que chrome, plomb, zinc, fer, cuivre, uranium, antimoine, manganèse, mercure, arsenic et même de l'or ; de la fluorine et de la barytine ; de la houille et des schistes bitumineux ; plusieurs sortes de silicates de métamorphisme, ainsi que des circulations fossiles de silice, omniprésentes sous forme d'innombrables filons de quartz d'exsudation, c'est-à-dire de la silice reconcentrée lors du métamorphisme. Certains de ces filons de quartz livrent de petites géodes de cristal de roche ou plus rarement d'améthyste.

Certains sites à inscrire au « Guinness » des records nationaux :

Au plan historique, certaines exploitations de ce massif (celles de cuivre, plomb, zinc, fluorine et barytine) ont connu des heures de gloire. Ainsi, pour le cuivre, la mine de Cap Garonne n'a produit que 3 000 t de métal mais l'histoire de cette production de 1862 à 1917 a été longue, riche et mouvementée.
Quelques mines détiennent même des records de production nationaux, comme la mine de zinc et plomb des Bormettes (à La Londe-les-Maures) qui a été le deuxième plus grand filon de minerai de zinc exploité en France juste après celui de Pontpéan (Ille-et-Vilaine). Exploitée en souterrain jusqu'à 560 m de profondeur en dessous du niveau de la mer voisine, elle a produit (avec les mines de la même concession) 1,2 million de tonnes de minerai donnant 162 000 t de zinc métal, 9 000 t de plomb et 61 t d'argent. Il est vrai que l'Hexagone a livré des mines de zinc plus grandes encore (comme Les Malines, dans le Gard, mais qui a été une mine de type autre que filonien : amas karstiques, lentilles stratiformes).

En ce qui concerne la houille, les minuscules bassins exploités dans la vallée du Reyran et à Collobrières ont donné eux-aussi dans l'originalité, dans la mesure où, ponctuellement comme le charbon à algues ou *boghead* de Boson (charbon adapté à la fabrication de gaz) le potentiel pétrolier de la roche atteignait le chiffre record de 500 kg d'hydrocarbures par tonne de roche, pour des contenus en matière organique de 65%. Ces gisements ont fourni une huile de bonne qualité (MASCLE, 1990) à une époque où l'on pouvait encore se permettre d'exploiter artisanalement ces couches décimétriques, irrégulières, hachées par des failles, mais la quantité n'y était pas. Ajoutons (pour rassurer les riverains inquiets du gaz de schiste !) que ces tout petits bassins sont aujourd'hui complètement épuisés.
En ce qui concerne la fluorine, la mine de Fontsante s'est taillé une place fort honorable au plan national, en produisant environ un million de tonnes de ce minerai de fluor extrêmement apprécié dans l'industrie métallurgique (par exemple pour abaisser la température de fusion de l'alumine en aluminium) comme dans l'industrie chimique. Pour la barytine, le massif s'est taillé le deuxième rang national (juste après le gisement stratiforme de Chaillac (dans l'Indre) en produisant 760 000 tonnes de ce sulfate de baryum très coté dans l'industrie des charges pour peinture, papeterie et boues de foration. On n'en connaît en France qu'un seul autre gisement qui pourrait rivaliser en tonnage, celui d'Arrens dans les Pyrénées. Mais il s'agit là-bas d'un gisement quasi vierge, dont l'exploitabilité est hautement sinon totalement compromise en raison de ses impacts paysagers potentiels, en plein massif des Pyrénées.
On comprend-là l'immense chance dont les gisements provençaux ont bénéficié, de pouvoir être exploités (et donc valorisés, aussi bien capitalistiquement que pour les retombées en terme d'économie locale et de croissance industrielle et commerciale nationale).

Des sites miniers arrêtés en général depuis longtemps et de faible emprise au sol :

Au plan environnemental, en effet, ces exploitations, si elles étaient commencées aujourd'hui, n'obtiendraient probablement *pas facilement* les autorisations nécessaires. On a pu le constater dans les années 80 lorsqu'un permis d'exploitation a été accordé pour le petit gisement d'uranium qui venait d'être découvert par sondages aux Neuf Riaux, dans la plaine au sud de Vidauban. Il est vrai que la nature radioactive du minerai rendait d'autant plus hostiles les opposants, qu'ils soient riverains ou simples citoyens sensibles à l'écologie.
Pour la grande chance du GéoParc, les exploitations sont *anciennes*, principalement du 19ème siècle jusqu'à la grande crise mondiale de 1929 (1927 pour le zinc). Il faudrait même ajouter qu'il y a eu très peu (une trentaine) d'exploitations importantes, rentables, et bien davantage (une ou deux centaines) de petites recherches à caractère très éphémère, qui se sont en fait avérées des fiascos financiers. À cette époque, l'intérieur du massif n'était fréquenté que par les forestiers, les exploitants de liège et les chasseurs. Les estivants se massaient déjà sur le littoral. Personne n'avait encore ressenti le besoin de poser des contraintes efficaces pour protéger le patrimoine paysager et environnemental, parce qu'on n'avait pas encore pris conscience que c'est une vraie richesse matérielle, au même titre que les substances minérales du sous-sol, les ressources en eau, les infrastructures, les terres arables et les monuments historiques qui étaient bien sûr protégés.

En outre, ces exploitations ont affecté des surfaces de territoire relativement modestes, principalement en raison de la nature filonienne et souterraine de la quasi-totalité des mines, qui a considérablement limité leur emprise au sol. Il n'y a pas eu de grandes excavations en carrières. On n'observe nulle part d'immenses friches industrielles parsemées de matériels rouillés et de déchets. Seules ont redémarré après 1945 les exploitations (filoniennes et souterraines toujours) de fluorine et de barytine, et la petite exploitation de tungstène de La Favière, jusqu'à leur fermeture échelonnée, suivant l'épuisement des différents filons, de 1975 à 1987 environ.
Même si on a exploité quelques beaux gisements de zinc (Les Bormettes), de fluorine (Fontsante) et de barytine (Les Porres), tous les autres furent des mines de classe très moyenne voire petite, masquées aujourd'hui dans des collines de chênes et dans un maquis luxuriant qui sent bon le lentisque et le thym. Même des exploitations comme celle du cuivre de Cap Garonne, dont on voit la cheminée de très loin, apparaissent comme des "pépites" minières bien intégrées aujourd'hui dans un paysage serein et même souvent époustouflant.

De cette époque minière parfois animée, les petits villages de Callian, des Mayons, Gonfaron, le Planestel, les Adrêts de Fréjus, les Arcs etc. ont conservé la mémoire, malgré l'invasion récente des résidences secondaires. En effet, beaucoup de mineurs (souvent d'anciens harkis) parvenus à l'âge de la retraite sont restés sur place. Certains font partager volontiers leurs souvenirs des mines, en faisant visiter leur petite collection minéralogique à leur domicile. D'autres (comme Bernard Bekte, des Porres (qui fait connaître volontiers son reportage vidéo et ses souvenirs) ont déjà accepté d'être interviewés par P. Rostan, J. Féraud et d'autres mordus, et ces témoignages rares seront précieux pour le GéoParc.

Une histoire minière fort ancienne :

Au stade de cet argumentaire préliminaire, le lecteur qui désirera des informations historiques détaillées est invité à se reporter aux publications spécialisées listées dans le chapitre d'orientation bibliographique, en particulier celles de Marie-Pierre LANZA-BERTHET, Bruno ANCEL, Christian VIALARON, Pierre ROSTAN, Gilbert et Danielle MARI, Jean FERAUD, Frédéric GIRAUD D'AGAY, Marie-Christine BAILLY-MAITRE, Pierre MASLARD, Olivier THUAUDET etc. La documentation disponible est volumineuse et riche, malheureusement pas toujours facile d'accès pour le public (la fameuse « documentation grise » des archives de compagnies minières et des rapports de synthèse des prospections minières notamment).
Naturellement, dans le document définitif du projet, cet historique pourra être développé.

- *La Préhistoire et l'Antiquité* :

Les données de terrain sont encore rares sur cette période.

Jusque dans les années 1990, l'ensemble de la communauté des historiens, des géologues miniers et des minéralogistes ont, à tort, adhéré à la tradition locale qui attribuait aux Sarrasins (en particulier autour de La-Garde-Freinet, Grimaud et Cogolin) toute exploitation qui comportait des vestiges de creusement au feu. Les études archéologiques principalement de Bruno ANCEL et Marie-Pierre LANZA-BERTHET ont montré que ce n'était absolument pas un critère, ni en Provence ni ailleurs, dans les Alpes françaises notamment. Le creusement au feu, qui donne aux galeries un profil arrondi si caractéristique et qui laisse d'abondants débris de charbon de bois et des enduits tenaces sur les parements des chambres d'abattage, peut dater aussi bien de l'Antiquité que du Moyen-Âge, et même cette pratique a pu subsister jusqu'à la Renaissance. Les archives minières témoignent même qu'à la mine de plomb du Grand Clot (Hautes-Alpes) on a encore pratiqué cette méthode dans les années 1880 (perfectionnée il est vrai au moyen d'une tuyère ou sorte de lance-flamme, montée sur un chariot qui projetait une flamme concentrée sur les parois).
Les datations de charbons de bois au C14 sont au demeurant le critère le plus indiscutable.
Dans les Maures, on a trouvé dans les années 1980 (comm. orale P. ROSTAN) un nombre important de percuteurs et de tables de broyage en pierre, en volantes dans le maquis et en bordure des vignes du secteur du champ filonien du Peirol (secteur cité dans MARI 1979 p. 127). Ces trouvailles corroborent l'hypothèse de travaux très anciens, pour le cuivre.

Le rapport final de la prospection de 1999 de Bruno ANCEL liste comme gallo-romaines les mines de cuivre du Peirol et de Maraval, (avec doute) la mine de La Rieille pour le plomb argentifère. Il situe aux 1er et 2ème siècles après J.-C. le début de l'exploitation du fer sur le filon de quartz de l'Acate de Vaillas (secteur de Ste-Maxime), qui a été fouillé par M.-P. LANZA (1995-1999). L'attribution aux Romains des travaux sur le filon Jeanne de Pic-Martin reste hypothétique faute de preuve, de même que le four antique qui a été fouillé récemment par l'abbé Boyer à la mine de St-Daumas. Ces fouilles ont mis à jour des vestiges circulaires qui font penser aux tables circulaires de concentration gravimétrique (tables de Linkenbach ou *round buddles*) qui ont été fouillées à Vaucron (ANCEL 1999, LANZA et VIALARON 1999). Aux Ferrières d'Agay, les fouilles ont caractérisé (BERATO et coll. 1995) une fréquentation à la Préhistoire, aux IIè-1er s. avant J.-C. puis à la période gallo-romaine, mais sans preuve jusqu'ici quant à l'extraction de la magnétite ou de la pyrite du gîte voisin.

La seule preuve tangible d'une exploitation antique pour le plomb et l'argent des Bormettes est attestée par l'effigie de la lampe à huile romaine (trouvée dans une galerie ?) que la compagnie exploitante avait fait frapper sur ses jetons qui servaient de monnaie locale. Sur le site, on peut encore visiter au niveau de la mer un travers-bancs du 19è s. qui, effectivement, recoupe d'importants boyaux creusés au feu, qui corroborent la tradition.

Jeton de nécessité de la Sté des Mines des Bormettes (coll. et photos FERAUD). Les initiales entrelacées sont celles de Victor Roux, le fondateur de la compagnie

- Le Moyen-Âge et la Renaissance :

Les données sont un plus nombreuses pour cette longue période.

Le rapport de B. ANCEL (1999) liste comme médiévales les premières exploitations minières de L'Argentière (carrière) et des Bormettes, à La Londe-les-Maures ; de Faucon-L'Argentière à Cogolin. À ce jour, l'activité minière des Sarrazins n'est toujours pas prouvée par les fouilles. La mine de Dardennes, située entre Toulon et le Revest sur un gisement de plomb argentifère encaissé dans des formations du jurassique (?) pourrait être rapprochée d'un texte de 1180 concernant les Argentarii de Toulon (BENOIT 1962, LANZA 1998-1999, BAILLY-MAITRE 1997).
La visite (Lanza *ibidem*) de vestiges d'extraction du fer à Six-Fours (les Lecques) corrobore un texte de 1450. L'extraction du plomb argentifère dans le secteur au sud de Gonfaron à la fin du Moyen-Âge est attestée par le contrat daté de 1502 qui a été retrouvé et étudié par Noël COULET (1975). On associe à une concession attribuée en 1478 à un certain Antoine Payant les premiers travaux connus sur les minéralisations en fer et/ou en plomb des Mayons, la Plaine de Véran, Castel d'Aou et des Mourgues de Vaquier, c'est-à-dire des mines de Rascas et des Armands (LANZA 1995, LANZA et VIALARON 1999, ANCEL 1999).
Bruno ANCEL (1999) liste du XVe s. le début de l'extraction pour le plomb argentifère aux Mayons, pour le fer aux Lecques près de Six-Fours. À la Renaissance, ensuite, la Provence connaît un grand essor minier et métallurgique, comme le retracent Noël COULET (1975), Frédéric D'AGAY (1980, 2012, étudiant en partie les archives de sa propre famille), René COLLOMP (1962, 1966), Alain COLLOMP (2011) puis Marie-Pierre LANZA-BERTHET (2004).

- La période Moderne (17è-20è siècle) :

Au Muy, les recherches pour plomb argentifère de l'Argentière dateraient du XVIIe.
Les documents abondent progressivement dès le XVIIIe, avec des indications d'extraction de plomb argentifère à Grimaud (le Roucas Blanc), Les Mayons, le Cannet-des Maures (St-Daumas, Pic Martin), La Garde-Freinet (Colle Dure, Vaucron, Bougay, Les Mourgues), Plan de la Tour (Valaury), Ste-Maxime (Le Revest), La Molle, et de fonctionnement d'une fonderie (toujours pour le plomb argentifère) aux Mayons et à Saint-Daumas.

À partir du XIXè, on assiste à une véritable « ruée minière », comme dans les Alpes-Maritimes voisines et comme dans d'autres massifs anciens. Cette ruée a été bien décrite dans le livre de G. MARI (1979) et les études d'ANCEL, LANZA, VIALARON, BAILLY-MAITRE la confirment pleinement. Quelques grandes compagnies minières internationales et nationales y participent, et surtout une foule de petits investisseurs qui tentent leur fortune, en général vainement. À ce stade du projet de GéoParc, on ne développera pas davantage, si ce n'est les trois faits majeurs qui marquent la fin de cette période :

Trois événements, en effet, sont remarquables pendant la dernière phase de cet historique.

La fluorine devient « une mine »
Dans les années 60, l'Etat décrète le passage de la fluorine dans la classe des Mines du Code Minier (de même que celui de la bauxite).
Dans la Provence cristalline, toutes les mines de plomb et zinc avaient fermé irrémédiablement suite à la crise mondiale de 1927-29. Néanmoins, après la Grande Guerre, une petite activité artisanale avait réapparu pour l'extraction de la fluorine, sous l'appellation de spath-fluor. En effet, ce minéral (F_2Ca) qui est le principal minerai de fluor, est aussi un excellent fondant dans la métallurgie de l'acier (en l'incorporant au bain de fusion, on diminue la température à fournir). Or, après la Libération, la vogue prodigieuse de l'aluminium provoque l'essor de la bauxite varoise. Comme la fluorine s'avère très utile (comme la cryolite) dans la métallurgie de l'aluminium, l'augmentation des besoins du pays en aluminium amène l'Etat à considérer la bauxite et la fluorine comme bien plus « stratégiques » que les sables ou granulats. C'est pourquoi l'attribution du statut de « Mine » confère à leurs exploitations des droits accrus par rapport à leur régime de « Carrière » antérieur. Il s'en suit, en Provence comme dans les autres massifs anciens métropolitains, une vague de prospections et d'exploitations, de toutes les tailles.

Pour les amateurs de beaux cristaux, ces filons donneront lieu, en outre, à des découvertes merveilleuses (Gilbert Mari, Pierre Rostan et coll., voir bibliogr.). Ils seront une énorme inspiration pour les études scientifiques de minéralogie, avec notamment les thèses de doctorat de Jean-Pierre VERVIALLE soutenue à Orléans et celles de Pierre DETANG, Pierre ROSTAN et Hugues FALZON à l'Université de Nice.

L'uranium : beaucoup de peur pour rien
La politique d'indépendance nationale de la France provoque dans la Provence, à partir de 1957, une prospection préliminaire rapide des ressources en uranium du bassin permien (Bassin du Luc et Estérel). Plusieurs indices sont découverts mais aucun ne justifie, alors, la moindre exploitation. Cette campagne est réactivée à la fin des années 70 et, au final, des tonnages plus importants sont finalement inventoriés par sondages au sud de Vidauban, dans le bassin permien, au pied nord des collines de Saint-Daumas et Pic-Martin. La COGEMA sollicite une concession mais n'obtient qu'un permis d'exploitation, de durée limitée. Au terme d'une étude préliminaire de faisabilité, le contexte général amène l'abandon du projet d'exploitation. Le permis a expiré fin 1993. Il résulta de toute cette agitation beaucoup d'émoi et surtout, au plan scientifique, un énorme progrès dans la connaissance géologique du bassin permien. Les nombreux sondages disponibles ont débouché sur la thèse de doctorat d'état de Nadège TOUTIN-MORIN sur la stratigraphie et la paléogéographie du bassin permien du Var.

L'inventaire minier métropolitain : du tungstène des Adrêts aux pépites d'or du Réal Collobrier
Après le Choc Pétrolier de 1975 qui alerte sur le risque de pénurie des matières premières, l'Etat fait réaliser par le BRGM un inventaire national des ressources minières du sous-sol des massifs anciens métropolitains. Les crédits, d'abord consacrés au Massif Central et au Massif Armoricain, réputés plus fertiles métallogéniquement, sont ensuite basculés sur la Provence cristalline. Dans cette région, le BRGM venait de découvrir, par une prospection de nuit à la lampe à U.V., une concentration de tungstène intéressante : il s'est agi du gisement de La Favière, entre le village des Adrêts de Fréjus et l'autoroute. Il a été exploité par l'entreprise Gagneraud de 1981 à 1985 et a livré 850 t d'oxyde de tungstène, ce qui est un tonnage très modeste. Les réserves du même ordre n'étaient pas encore épuisées mais le dumping de la Chine sur les cours mondiaux a obligé la mine à fermer. À propos de dumping, il faut signaler que ce n'est pas le dumping chinois qui a fait arrêter toutes les mines de fluorine du massif, mais simplement l'épuisement des filons connus.

Ni la prospection du BRGM ni celles (légèrement antérieures ou concomitantes) des quelques autres opérateurs miniers (Royale Asturienne des Mines-CRAM, Société Centrale de l'Uranium et des minerais Radioactifs (SCUMRA) qui se diversifiait alors dans les métaux de base, la Sté Vieille Montagne, SOGEREM, COMINCO, Peñarroya, COGEMA…) n'ont hélas débouché sur d'autres découvertes industriellement valorisables. Globalement, les principaux sujets travaillés en détail (puis abandonnés) autres que les filons de fluorine et de barytine (tous exploités) ont été l'antimoine de Valcros, le disthène du Rayol-Canadel, les filons à plomb-zinc (cuivre) du secteur de La Rieille-Le Peirol, le filon de zinc de Bérard, la fluorine de la faille sud du Rocher de Roquebrune, la fluorine des skarns des Marjoris, le tungstène (scheelite) du Tanneron, les indices d'uranium de La Cabre, du Gratadis, de Castelly et de surtout de Vidauban.

Certaines de ces prospections nous font parfois rêver : ainsi, on imagine le géologue Alexis MOÏSSEEFF en 1960, jeune diplômé de la Sorbonne qui vient d'être engagé par la Royale Asturienne des Mines (CRAM) ; il pagaie prudemment, dans le silence, seul dans son minuscule canot pneumatique, sous les parois impressionnantes du dépilage noyé du grand filon de Valaury que sa lampe à acétylène éclaire fugitivement. Ou encore (en 1970) Yves Péronne et Pierre MASLARD (BRGM) qui prospectent en pleine nuit la scheelite derrière les Adrets (à la lampe U.V.) et que les gendarmes alertés par des riverains inquiets viennent appréhender. Ou enfin, les mêmes qui créent l'émoi sur une plage de naturistes des Maures en faisant irruption le marteau à la main.
Autre anecdote amusante encore : les prospections ont démontré un potentiel intéressant, à l'échelle locale, pour des exploitations artisanales d'or alluvionnaire, notamment dans le cœur des Maures. Paradoxalement, un ou deux prospecteurs locaux astucieux n'avaient pas attendu ces études pour parcourir le maquis, la batée à la main, comme Jean SOBANSKI qui a été interviewé par G. MARI (1992). Ont-ils fait fortune ? Le Service des Mines n'a pas eu à

s'en soucier longtemps : les petits flats ont vite été épuisés. Il n'empêche, ces « artisans » ou « artistes » de la mine, eux aussi, nous ont fait un peu « fantasmer ».
C'est bien ce qu'on recherche dans un GéoParc : apprendre, se distraire, mais surtout s'émerveiller.

Des recherches minéralogiques nombreuses et encore pleines d'espoirs :

Historiquement, cette succession de prospections et d'exploitations minières a été l'occasion, de tout temps, de découvertes minéralogiques originales pour les « érudits locaux » comme pour les scientifiques.

Les précurseurs
Dans le début de cette chronologie, on distingue d'abord des œuvres maîtresses, à savoir les mémoires de Michel DARLUC (1717-1783 ; médecin originaire de Grimaud, professeur de botanique à Aix-en-Provence), DOUBLIER et PANESCORCE, VILLENEUVE FLAYOSC, etc., tous contemporains des premières études de géologie pure du massif. Hippolyte, comte de Villeneuve-Flayosc (1803-1874) est un parfait exemple des promotions de jeunes ingénieurs pleins de dynamisme et de confiance, hommes de science en même temps, qui sont issus des écoles d'ingénieurs de l'Empire et de la Restauration. Polytechnicien, ingénieur des mines (1822), ingénieur en chef du département du Var, puis directeur de l'Institut agronomique, il est l'auteur de la Description minéralogique et géologique du Var publiée à Paris en 1856. Certains (comme lui) s'efforcent de valoriser les jeunes arrondissements minéralogiques où l'Administration les affecte et où (contrairement à notre époque de la mondialisation) il est encore très facile de lancer des exploitations minières prospères. D'autres vont mettre en valeur les mines du monde entier.
Au terme de cette première époque, on peut situer dans le dernier quart du 19è s. les premières découvertes de minéraux intéressants dans la mine de Cap Garonne (encore en activité alors), par LOTTI, PISANI, DAMOUR et GONNARD (cf. FAVREAU et coll. 2014). Alfred LACROIX, dans son travail monumental, allonge la liste des minéraux alors identifiés. En outre, le travail de prospection minière de Joseph GIRARD (1919) est l'occasion de noter beaucoup d'espèces minérales intéressantes.

Le temps des prospections minières de l'après-guerre
Après 1945, le besoin de relancer l'économie nationale amène les services de l'Etat à promouvoir le réexamen des anciennes mines du massif. La Société Minière et Métallurgique de Peñarroya (qui deviendra plus tard Metaleurop) obtient sous l'impulsion des Rothschild la mutation à son profit du vaste domaine minier plomb-zinc de la Sté des Mines des Bormettes : le zinc du filon Courchet, à Cogolin, est un moment réexploité ; deux des meilleurs géologues de la compagnie, Maurice REY et Jean-Gilbert MICHAUD (1975) réévaluent le potentiel des différentes mines de plomb-zinc mais cet inventaire ne débouche pas sur de nouvelles prospections, la compagnie préférant reporter ses moyens sur les gros gisements plus prometteurs des Malines, l'Argentière (en Ardèche) puis St-Salvy (Tarn).

Quand un thésard en Pharmacie de la Marine provoque un tsunami…
En 1952, un étudiant de l'école de Pharmacie de la Marine passionné de minéralogie, Claude GUILLEMIN, élève du professeur Jean Orcel au Museum, publie sa thèse de doctorat sur la minéralogie très intéressante du gisement de cuivre du Cap Garonne dont l'exploitation s'est éteinte en 1917. Tout le monde sur place connaît la suite… mais pas toute ! En effet, la liste (déjà) impressionnante des métaux inventoriés provoque des remous dans la profession minière. Le BRGGM (qui vient d'être créé) y envoie en mission fin juin 1954 un jeune géologue, Lucien BURNOL, pour expertiser le potentiel de la mine. La Peñarroya (qui ne veut pas être en retard) y envoie S. LESTY (1955). Elle trouve avec le BRGM un accord pour se partager ce nouveau « terrain de chasse » du Trias varois, qui semble si prometteur. La « Peña » aiguillonnée par ses découvertes pour plomb de Largentière (Ardèche) et les recherches BRGM simultanées pour cuivre du Dôme de Barrot, pose un permis de recherche sur les indices de cuivre liés aux strates du Trias basal derrière le Luc et sous le village du Cannet des Maures (ancienne mine de La Geoffroise ou de La Colle de Jauvarde, remontant à 1880). Cinq sondages géologiques (le plus profond atteignant 450 m) resteront

vains. Ces recherches sont suivies sur le terrain par André COURNUT qui en fera sa thèse de doctorat (Nancy, 1966). Le BRGM, de son côté, missionne une équipe pour examiner le potentiel éventuel du Trias de Fayence, La Motte et Taradeau (R. LILLE 1969). Tout le soufflé retombera rapidement. BURNOL (1954) conclut à l'absence d'intérêt minier du Cap Garonne. Quant à son intérêt minéralogique, il n'en finira pas de fructifier ! Parmi les nombreuses personnes qui depuis 1954 ont œuvré pour la valorisation des minéraux de cette petite mine de cuivre extraordinaire, on citera ici deux personnes : Jean-Paul FORET et Marie-Thérèse MAGNAN, tous deux disparus.
Au fur et à mesure de ses prospections, le BRGM échantillonne les minerais des anciennes mines connues et les étudie en laboratoire. Jean BOULADON, Paul PICOT et Paul SAINFELD (1968) ont ainsi particulièrement étudié les minerais Pb-Zn de toutes les Maures. Parallèlement, deux élèves du professeur Pierre ROUTHIER à Paris, René MIGNON et Jean-Claude GAILLARD, ont réalisé deux thèses de doctorat de 3ème cycle de l'Université de Paris, le premier sur la moitié ouest des Maures et le second sur la moitié Est. Les résultats en furent prometteurs (redécouverte notamment du cinabre que Joseph GIRARD avait trouvé en 1919 aux Bormettes). Dans les années 1980, Jean-Jacques GUILLOU remarque au microscope, dans quelques lames minces de fluorine, la présence de fantômes de cristaux de sulfates (anhydrite et barytine) ayant été remplacés par du quartz, par exemple à Maurevieille (comm. écrite à J. FERAUD, 1980) ; il soupçonne tenir-là une preuve que les filons résultent de la rencontre d'eaux continentales et de saumures marines sursalées ; il publie une première étude avec ARNOLD (1980) mais son décès laissera cette piste non exploitée. Peut-être le Géoparc créera-il un climat favorable pour la reprise de ce sujet scientifique prometteur.
En 1986, Eric MARCOUX perpétuant cette lignée de prélèvements sur le terrain et dans des collections anciennes, en lien étroit avec des analyses sophistiquées en laboratoire, soutient sa thèse de doctorat sur les isotopes du plomb des filons français. Il ne fait qu'entamer l'examen des galènes des Maures (Les Bormettes, le Verger, Faucon l'Argentière-Cogolin et Vaucron).

L'inventaire minéralogique départemental « Var » du BRGM fait long feu
À partir de 1969, le BRGM, sur la base des résultats minéralogiques de ses premières prospections minières en métropole, prend conscience de l'intérêt particulier de lancer des inventaires départementaux systématiques. En effet, un certain nombre de nouvelles espèces minérales, jusqu'alors inconnues au Monde ou très rares, viennent ainsi d'être découvertes. La stratégie de lancer une « collection éditoriale » prend corps au BRGM, sous l'impulsion de son directeur, Claude Guillemin. Le but est à la fois de découvrir des sites industriellement valorisables et, en même temps, de dresser un nouvel inventaire à la façon d'Alfred LACROIX, qui avait réalisé avant la Première Guerre Mondiale un extraordinaire inventaire minéralogique de la France en six gros volumes.
L'inventaire BRGM commence par l'édition du volume Cantal, puis les Hautes-Alpes, le Finistère, les Alpes-Maritimes où des correspondants locaux déjà très actifs existent. Le Var est ensuite sélectionné et son inventaire sur le terrain commencé. Malheureusement, les trois créateurs et principaux artisans de la Collection (Claude Guillemin, Roland Pierrot et Paul Picot) décédèrent presque simultanément, emportant la mémoire de leurs observations varoises avec eux, au moment où le 14ème tome (l'inventaire de l'Ariège, qui sera le dernier) était publié. La partie laboratoire de cet inventaire minéralogique du Var ne fut donc jamais achevée ni l'ensemble publié.
Le New Deal
Heureusement pour le massif, il se trouva dans la région plusieurs « repreneurs » bénévoles de cet inventaire « manqué ». On trouvera leurs noms dans la deuxième partie de la liste bibliographique placée en fin du présent document. Comme l'a souligné l'un des responsables de la commission scientifique internationale de validation des nouveaux minéraux, Yves MOËLO (2002), ces « repreneurs » appartiennent à des mondes très différents, mais qui travaillent en général en étroite collaboration mutuelle : on y trouve en effet des universitaires dont la minéralogie est le métier, des doctorants, des scientifiques d'autres spécialités qui s'adonnent à la minéralogie pendant leurs loisirs, des enseignants et de très nombreux amateurs éclairés, passionnés par la « cueillette » des minéraux le dimanche et par leur étude, le soir, avec la simple binoculaire de leur petit « atelier » à la maison.
Assez rapidement, ces chercheurs impriment à la prospection, à l'étude et à la publication de leurs découvertes un rythme soutenu. C'est en particulier le cas pour la mine de Cap

Garonne (cf. la liste bibliographique impressionnante) : la liste des minéraux connus qui était « seulement » de 40 après la thèse de doctorat de Claude Guillemin et qui était restée à ce stade jusqu'en 1979, est passée à 140 ces dernières années, parmi lesquels 15 NOUVELLES ESPECES MINERALES jusqu'alors inconnues au Monde (qui font de Cap Garonne leur *localité-type* au niveau mondial).
Ces résultats spectaculaires et l'enthousiasme communicatif amènent les élus locaux, sensibilisés par quelques enseignants du Secondaire et des fonctionnaires visionnaires (comme Marie-Thérèse Magnan et Jean-Paul Forêt) à se mobiliser en faveur de cette « cause ». Le 9 juillet 1994, le Musée de la Mine est inauguré (cf. le site internet du musée : http://www.mine-capgaronne.fr/).
Aujourd'hui, on peut donc se réjouir des résultats de tout le travail de bénévole et « de fourmi » de ces chercheurs ...qui est loin d'être achevé, de leur point de vue manifestement !

Ainsi, on se propose de promouvoir le classement en GéoParc d'un massif qui présente un patrimoine minéralogique riche, et démontré prometteur, mais qui, paradoxalement, n'a encore pas été totalement inventorié.
En conclusion, ce GéoParc présente un potentiel de découvertes minéralogiques encore énorme.
Il est évident que l'élévation du massif au label « GéoParc » de l'UNESCO permettrait de donner à ces travaux scientifiques un cadre mondial encore plus motivant, « sous le regard, en quelque sorte, de l'Humanité » ! ...à la condition que l'équilibre le plus propice soit trouvé par les responsables entre les quatre pôles classiques du patrimoine :
Inventorier-Protéger (et donc interdire)-Développer (et donc autoriser)-Porter à connaissance.

C- SITES ET ENSEMBLES DE SITES REMARQUABLES

On a rassemblé ci-dessous ce qu'il faut retenir des principaux sites miniers ou minéralogiques remarquables du projet de GéoParc, qui méritent la visite de tous les types de publics.

Afin de conserver à ce dossier un volume raisonnable, adapté à la lecture de décideurs, on a renoncé à paraphraser les détails du livre-clé de G. MARI (1979). Ce livre est indiqué comme le complément indispensable, de même que les cartes topographiques IGN à 1/25000 pour le repérage des itinéraires pédestres.
Si des documents complémentaires sont souhaités (en particulier des cartes), ils pourront bien sûr être fabriqués au stade ultérieur du projet.

<u>Des merveilles à visiter d'abord sur le terrain, sac au dos :</u>

Qui dit GéoParc ne « dit » pas seulement un patrimoine inventorié, mais surtout un patrimoine « à visiter » : un patrimoine non seulement « à apprécier » scientifiquement ou culturellement, mais aussi à « déguster », à savourer, sous la forme de la « découverte », sur place, sur le terrain et dans les musées dédiés. Dans le massif, cette découverte qui, jusque dans les années 60, était la mission et le privilège d'une poignée de scientifiques et de prospecteurs miniers, est devenue quasiment un sport, comme le trekking. Ses adeptes allient aux plaisirs simples de la randonnée (marche au grand air dans des paysages odorants, et casse-croûte tiré du sac à dos, en famille ou entre copains) la joie de la découverte intellectuelle, que ce soit celle de l'Histoire industrielle provençale ou celle des curiosités minéralogiques (et des autres motifs de passion : géologie pure, volcanologie, faune, flore... traités dans ce dossier argumentaire).
On ne peut (heureusement) pas parler d'un tourisme de masse car le nombre des adeptes est loin d'atteindre celui des hordes estivales de touristes sur les plages. On pourrait cependant souligner que (justement) ce tourisme dédié à la découverte de l'Histoire et de la Nature constitue une alternative salutaire au tourisme de plages estival (et économiquement un complément).
A titre d'exemples, on peut citer les innombrables « sorties » collectives organisées dans le massif depuis les années 70, par la Société d'Histoire Naturelle et d'Archéologie de Toulon, l'Association des Naturalistes de Nice et des Alpes-Maritimes, la Société d'Etudes Archéologiques et Scientifiques de Draguignan ou les Amis de la Presqu'île de Gien. Leurs

adhérents se souviennent que, entre 1970 et 1985, il y eut 110 participants à la sortie de « cueillette » de fluorine sur les déblais de la mine de Fontsante (si bien que le directeur, qui les accueillait officiellement, tint à signaler aux organisateurs avec ironie qu'on lui avait bien enlevé une tonne de minerai mais que Pechiney s'en remettrait) ; autant à Maureveille (où la magie de découvrir un très beau volcan s'ajoutait à celle de la mine de fluorine) ; autant pour traverser et échantillonner les différents massifs d'estérellite ; la recherche des lithophyses de la Colle de la Motte ; la visite de la mine de Cap Garonne bien sûr, plusieurs fois etc.

On aurait tort de croire que ce « virus » de la minéralogie s'arrête aux frontières. Les curiosités du massif sont connues des « mordus » du Monde entier et l'on vient souvent les voir (la Côte d'Azur ne manquant pas d'autres intérêts) comme l'attestent les publications dans des magazines spécialisés comme le vénérable *Mineralogical Magazine* britannique et le *Mineralogical Record* américain, la *Rivista Mineralogica Italiana*, le *Neues Jahrbuch für Mineralogie* allemand, le Cristallier Suisse ou le *Schweizer Strahler*.

Différents itinéraires de découverte ont été décrits dans le livre de G. MARI (1979). Ces descriptions gardent aujourd'hui toute leur valeur, si ce n'est que la fermeture des mines (lorsqu'il y en avait en activité sur l'itinéraire) et la fréquentation des sites ont considérablement diminué le nombre de beaux spécimens que l'on peut récolter dans leurs déblais.

Le site phare : le Cap Garonne.

À tout seigneur, tout honneur. La mine de Cap Garonne, insérée à la base des dépôts conglomératiques du Trias, a gravi au fil des décennies la plus haute marche du podium régional, et même décroché un accessit au plan mondial. Le site doit cette reconnaissance au talent de ses passionnés : déjà quasiment 140 espèces minérales y ont été inventoriées. Sur ce total (qui ne cesse de s'accroître au fil des échantillonnages et des études) seules 8 sont des sulfures c'est-à-dire la minéralisation « primaire » (au sens d'originelle) arrachée par l'érosion aux dépôts volcaniques précédents du Permien voisin. Les 132 autres espèces dénombrées sont des minéraux « secondaires », générés lentement sur place au gré de l'action des agents météoriques. Pour 15, c'est la « localité-type » c'est-à-dire le lieu de la première découverte mondiale du minéral considéré : bariopharmacoalumite, camérolaïte, capgaronnite, deloryite, forêtite, géminite, gobelonite, guarinoïte, iltisite, mahnertite, perroudite, pradétite, pushcharovskite, thérèsemagnanite et zdéniékite.

Pourquoi une telle richesse ? Probablement parce que Vulcain a trouvé à sa disposition, dans la croute terrestre à l'aplomb de ce recoin du continent primordial, presque tous les éléments du Tableau de MENDELEEV à mettre, à volonté, dans son creuset infernal : cuivre, plomb, zinc, manganèse, fer, antimoine, arsenic, mercure, argent, cobalt, nickel, bismuth, molybdène, titane, vanadium, uranium, tout cela donnant un piment prodigieux à sa soupe de silice, baryum, brome, phosphore, magnésium, calcium, potassium et aluminium, avec une grosse louche de sel de mer et une pincée d'yttrium pour corser ce mélange qui sent le soufre.

Tous les autres ingrédients de cette « recette de chef » sont évidents : la réputation d'un paysage de toute beauté dominant la mer, la « magie » qu'exerce sur le public les roches rouges du Permien au sommet duquel la minéralisation s'est accumulée, la fascination d'une longue visite en souterrain, et enfin le plaisir d'une muséographie et d'une scénographie déjà anciennes (1993) mais bien réussies.

La chromite de Cavalaire et la Chartreuse de La Verne :

Ces sites et ce minerai de chrome méritent peut-être la seconde place du podium, pas tant pour la rareté et la beauté des minéraux découverts mais pour leur prestige historique. C'est en effet sur un échantillon de ce minerai tout noir bizarre ramassé en 1787 par un amateur (déjà un !) le Citoyen Pontier, dans la carrière de serpentinite de La Carrade, à Cavalaire, que le chimiste français Louis-Nicolas Vauquelin et le grand minéralogiste Haüy identifièrent en 1801 pour la première fois au monde la chromite $FeCr_2O_4$. Sur la plage de Cavalaire toute proche, le visiteur pourra en outre se rafraichir et examiner les sables à silicates de métamorphisme, triés par la houle.

La carrière (étudiée par J.P. BELLOT 1998, 2008) n'offre pas de particularités remarquables, ni celle de la Gorbière, plus petite. Cette roche (une serpentinite, cf. photo ci-après) fait partie du C.L.A. ou complexe leptyno-amphibolique des Maures. Ces deux affleurements sont des fragments arrachés par la tectonique à la croûte océanique d'il y a environ 460 millions d'années, milieu de l'Ere Primaire (INNOCENT et coll. 2003). La roche a été utilisée pour édifier le porche de la Chartreuse de la Verne, monument historique inscrit et classé qui est célèbre dans le massif (MAZERAN 1996, ARFIB et coll. 2012). On l'a également mise en œuvre à Fréjus dans le porche de l'ancienne chapelle des Dominicains rue Montgolfier, et à La-Garde-Freinet.

Serpentine de Cavalaire : spécimen de référence 10x5x5 cm pour les Monuments Historiques. Collection lithothèque du BRGM, Orléans (photo FERAUD).

Collobrières : son musée, sa collobriérite et son grenat almandin.

À partir de la Chartreuse, on peut visiter plusieurs autres sites proches très intéressants comme le musée de Collobrières, les grenats de Sarvengude, les vestiges de l'ancienne mine de collobriérite (magnétite) du Vallon de Vaubarnier, les mines de même type de Rascas-Valpayette, les anciennes mines de fluorine et barytine de Pic Martin - les Migraniers et celles de plomb et zinc de Saint-Daumas, de Vaucron, et de Vallaury en allant vers le Plan de la Tour.

Les mines de galène de Vallaury ont livré récemment de très belles cristallisations de wulfénite (DIETRICH et coll. 1994, 1995, 1999). Les galeries sont obturées mais la beauté du site en extérieur et les déblais valent bien l'effort d'une petite randonnée.

Néanmoins, c'est Collobrières qui mérite vraiment un séjour important.
Le musée tout d'abord, qui vient d'être inauguré : il abrite de très belles collections régionales de pétrographie, minéralogie, paléontologie et il organise des conférences et des excursions sur ce thème.
Aux environs, l'ancienne (1850) et éphémère mine de fer du vallon de Vaubarnier ne se trahit plus que par des échantillons de la fameuse collobriérite en volantes dans le maquis. Découverte par le grand minéralogiste GRUNER en 1846, décrite par COQUAND en 1848 et dénommée par l'encore plus célèbre Alfred Lacroix en 1917, cette roche noire, dense, à éclat un peu métallique, contient jusqu'à 55% de fer. C'est un mélange intime de magnétite, d'hématite, de grenats et de silicates ferro-magnésiens. Il constitue des couches métriques intercalées dans les micaschistes. Depuis le temps où les amateurs s'arrachaient le petit guide que Simone GUEIRARD venait de publier (1962) et exploraient « fiévreusement » les déblais des galeries, les pentes du vallon sont devenues méconnaissables à cause des terrassements faits pour construire des résidences pavillonnaires. On a du mal à reconnaître dans le paysage l'emplacement des anciens déblais de galeries. Des

affleurements plus accessibles sont décrits à proximité du Col des Quatre Chemins. Avec de la patience (et en respectant les propriétés privées) on peut réussir à dénicher quelques beaux spécimens de collobriérite. Sa pétrologie a fait l'objet de la thèse de doctorat de Pierre de GROULARD (1982).
La taille minuscule du gisement ne soutient aucune comparaison avec les gisements de fer de Lorraine ! Néanmoins, grâce au magnétisme élevé de la collobriérite, c'est l'anomalie magnétique de la croûte terrestre la plus forte de toute la zone de Nice-Toulon-Gap, avec (DEBEGLIA 1977) un gradient vertical réduit au pôle, à 3000 m d'altitude, de 14 gammas par kilomètre. Les avions détectent la mine de Collobrières même à 2000 m d'altitude (cf. carte aéromagnétique en annexe).
Enfin, à quelques centaines de mètres au nord de Collobrières, en contrebas de la route qui longe le versant oriental du vallon de Valescure en direction des Mayons, se trouve le gisement historique des grenats de Sarvengude. Ici furent trouvés des almandins jusqu'à 8 cm de diamètre, sous l'habitus notamment du dodécaèdre rhomboïdal. Leur couleur est marron clair à brun rouge à violacé, les bords de cristaux pouvant être transparents. Plusieurs lentilles de grenatite ont été repérées dans les micaschistes. Là encore, il importe de respecter les propriétés privées. L'idéal pour la collection est de pouvoir détacher partiellement les grenats de leur gangue de schiste chloriteux gris-vert au moyen d'une fraise électrique, ou encore de pouvoir faire « sabler » les plaques dans un atelier spécialisé au moyen d'un jet de sable abrasif.

Les micaschistes à minéraux : disthène, andalousite, staurotide ; la cordiérite et la tourmaline .

Les micaschistes dits du Groupe du Cap Nègre renferment de nombreuses occurrences des silicates typique du métamorphisme que sont le disthène, l'andalousite, la sillimanite et la staurotide. La taille des cristaux varie de moins d'un millimètre à plusieurs centimètres. Dans certains sites, ceux de disthène, qui sont allongés de plusieurs centimètres et d'un beau bleu clair, constituent de telles accumulations qu'il a été envisagé, dans les années 50, de les exploiter pour la fabrication de réfractaires utilisés dans l'industrie céramique. C'est notamment le cas du gîte de la Pointe du Rossignol près de Cavalière ; du gîte du Cap Nègre proprement dit en bordure de la mer ; du gîte de La Rouvière entre le col du Canadel et le col de Gratteloup ; du gîte de la Pointe de l'Ecuelle au nord du Cap Nègre, celui du Fenouiller, celui du vallon des Pierrugues, des Pradels, du Peinier et du Signal de Biscarre. L'île du Levant présente des affleurements très beaux, dans la Falaise du Sémaphore, dans la falaise entre la Plage et la Pointe du Titan, et dans la Calanque des Pierres de Fer. On en connaît aussi de petites occurrences dans le massif du Tanneron. Par contre, la sillimanite, elle, est malheureusement de taille microscopique.
La staurotide forme des cristaux prismatiques brun rouge jusqu'à plusieurs centimètres de longueur avec parfois la mâcle à 60° caractéristique. Elle peut être, elle aussi, facilement récoltée, sans risque de pillage ni d'épuisement des gîtes, en de nombreux sites : Canadel, Pramousquier, Pointe du Rossignol, île du Levant etc.
La cordiérite, quant à elle, se présente souvent en cristaux de 1 à 2 cm de long dans divers granites et migmatites du massif. La tourmaline est très fréquente dans les pegmatites du massif des Maures et du Tanneron, sous la forme de prismes de sa variété de couleur noire pouvant atteindre plusieurs centimètres de long.

L'exploitation de barytine des Porres.

La Forêt des Arcs recèle de très nombreux filons de fluorine et de barytine. Quasiment tous ont été exploités et épuisés. Quasiment tous ne sont plus accessibles par galeries aujourd'hui, et c'est heureux parce que ces souterrains, une fois abandonnés, étaient en général très dangereux à explorer.
C'est en particulier l'état actuel de la mine de barytine des Porres. Ce « monstre » de la Provence cristalline qui a été le second gisement national de barytine au point de vue tonnage produit, doit en fait être appelé « la carrière souterraine des Porres » (et non pas « mine »), parce que la barytine est rangée par le Code Minier dans la classe des « carrières ».

Au plan minéralogique, l'abattage du filon a rencontré plusieurs vastes géodes (Falzon 1981, Rostan sous presse). Elles ont livré (notamment dans la lentille Bruno) des groupes

de toute beauté de cristaux de barytine crêtée blanche, de fluorine finement crêtée mauve-chocolat (pseudomorphoses), de calcite en scalénoèdres pluricentimétriques enduits d'oxyde de fer jaune et des rognons décimétriques de marcasite mamelonnée irisée. Sur place, il ne reste quasiment rien à voir, si ce n'est (bien sûr) des quantités de spécimens en volantes dans les pentes. Le site vaut la peine de la petite randonnée parce que la piste d'accès sent bon le maquis, et qu'on pourra se rendre compte, sur la coupe longitudinale du filon reproduite en annexe, de l'importance industrielle de cette exploitation.

La mine de Fontsante.

L'ancienne mine de fluorine de Fontsante constitue un autre site-phare du projet de Géoparc, du fait de la réputation que ses cristaux ont atteint au niveau national et même international. Cette richesse a été soulignée par l'ouvrage fondamental de G. MARI (2005).
Les galeries sont devenues extrêmement dangereuses après l'arrêt de la mine en 1987. Toutes ont été obturées par l'ancien exploitant. C'est donc en surface qu'il faut se contenter de chercher des minéraux. L'un des clous de la visite, c'est, d'abord, de se rendre compte de la taille très importante du gisement, le plus gros de la Provence cristalline : le champ filonien comporte une vingtaine de filons, chacun de direction Ouest-Est, subverticaux, profonds pour le plus grand jusqu'à 270 m, tous échelonnés sur 2 500 m du Nord au Sud, et s'allongeant pour le plus long sur 620 m, dans les gneiss et migmatites du massif de Tanneron. L'épaisseur moyenne de chaque filon est de 1 m, avec des épanouissements fréquents à 2 m, et exceptionnellement 7 m.

Le principal attrait minéralogique du gite réside dans la beauté et la richesse des habitus de la fluorine et sa variété de couleurs (ROSTAN 1983, 2005) qui correspondent chacune à des phases différentes du dépôt hydrothermal. En particulier, son habitus en pyramides aztèques est désormais célèbre dans la profession des minéralogistes. Naturellement, la barytine et la galène sont abondante mais de formes classiques. D'autres cristaux de toute beauté comme ceux d'acanthite et de proustite qui sont de rares sulfures d'argent, furent peu fréquents dans le remplissage des filons, malheureusement (MARI 2001, 2005). Au total 30 espèces minérales ont été inventoriées dans le gisement par MARI (2002), liste à laquelle SARP et MARI (2002) ont ajouté un arséniate de fer rare, la kaatialaïte $FeAs_3O_9.6\text{-}8H_2O$.
Une autre particularité minéralogique de Fontsante, exceptionnelle dans les filons de fluorine du Monde, a été l'abondance étonnante d'un fluorure de magnésium très rare dans de telles quantités, la sellaïte (MgF_2). Découverte sous la forme de rares agrégats dans le filon Clet au moment où l'extraction tournait encore au ralenti (BORDET et coll. 1964), il en a été abattu plusieurs dizaines de milliers de tonnes de 1972 à 1978 (REMY et coll. 1974), lorsque la maison-mère de la SECME concessionnaire, Péchiney, se rabattit sur Fontsante après l'épuisement de ses filons de Langeac. La sellaïte intimement associée à la fluorine formait alors quasiment tout le remplissage du filon St-Barthélémy et du filon Blanc notamment, leur conférant une remarquable couleur « chocolat au lait » qui s'atténuait à la lumière et au sec. On évalua sa présence à 6 % du minerai tout-venant extrait annuellement, ce qui pour 900 000 t de minerai abattu dans cette période représente le tonnage incroyable de 54 000 tonnes de minéral. On en reste tout songeur lorsqu'on sait que les autres occurrences métropolitaines comme les masses de gypses de Savoie ne fournissent que quelques géodes centimétriques. Malheureusement, la sellaïte de Fontsante n'a pas fourni de cristallisations bien remarquables. Aussi bien Jean FERAUD qui, au BRGM, examina son volumineux échantillonnage de 1974 pour la galerie de minéralogie de l'Ecole des Mines de Paris, que DALIA et MARI (2003), signalent que les formes cristallines sont très peu nombreuses, trapues, blanches à incolores, et qu'on n'a trouvé aucun spécimen exceptionnel.

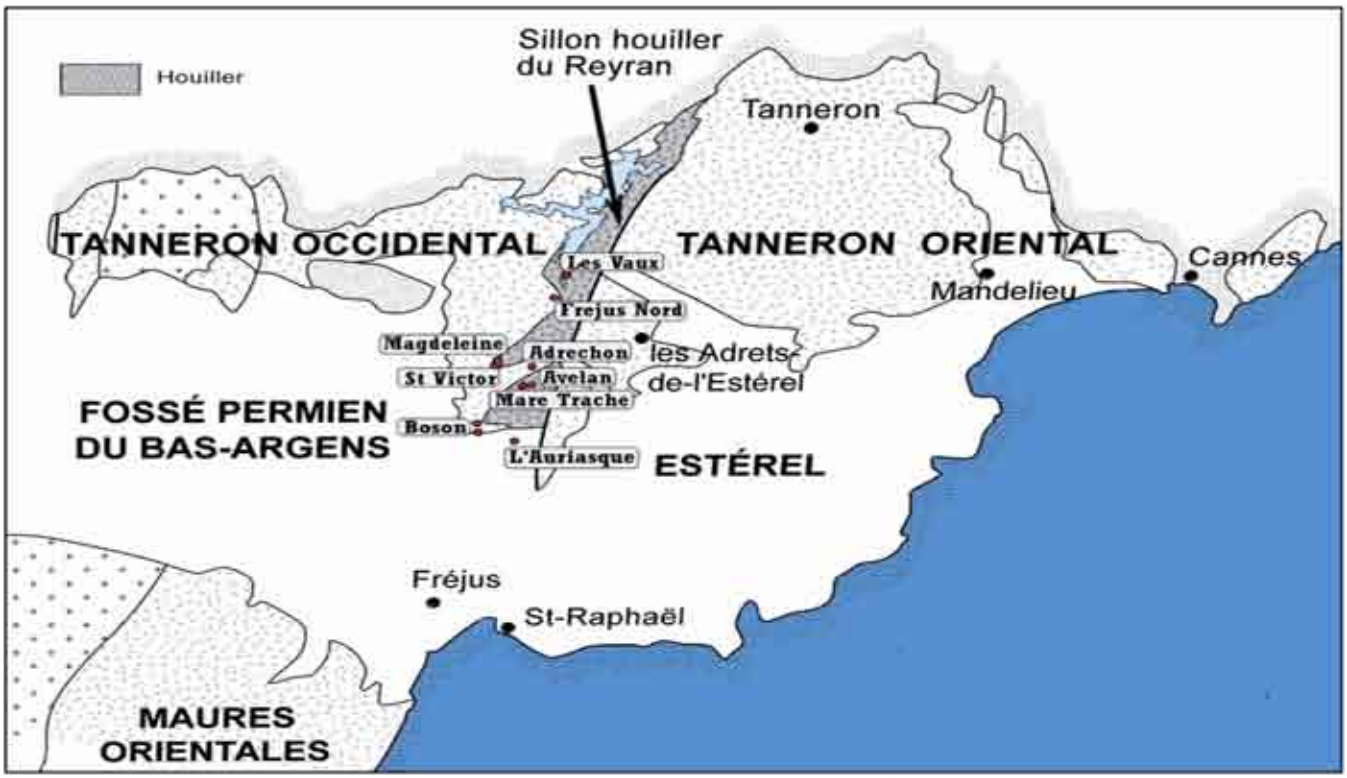
La vallée du Reyran, ses lithophyses et ses bulles, sa fluorine (mine de L'Avellan).

Cet itinéraire associe (entre autres intérêts culturels) la découverte du patrimoine géologique pur et celle du patrimoine minéralogique et minier.
En effet, la vallée du Reyran permet d'abord de visiter (à l'est du péage de Fréjus) l'extrémité de coulées permiennes d'obsidienne dévitrifiée (pyroméride et rétinite) à la

Colle de la Motte avec leurs belles lithophyses à remplissage d'agate rubanée. Comme le rappelle Geowiki, la Colle de la Motte est un gisement entré dans l'Histoire au dix-huitième siècle sous le nom de **Colle de Grane**, « lorsque Michel DARLUC, médecin originaire de Grimaud (Var), publia son *Histoire Naturelle de Provence* : il signale à la Colle de Grane des *agates* dont certaines contiennent de l'améthyste. Environ un siècle plus tard, Henri COQUAND, avec *sa grandiloquence bien de son temps*, ne craint pas lors de l'excursion du Congrès Géologique Fréjus-Nice, de comparer la Colle de Grane au gisement d'Idar-Oberstein… Quelques décennies après, les rétinites (pechstein) de la Colle de Grane ont été utilisées en laboratoire pour réaliser la synthèse du granite. De nos jours, la Colle de Grane domine toujours la vallée du Reyran et le gisement excavé plus récemment par les amateurs, dénommé " la Vigne ", mais la récolte de lithophyses s'avère de plus en plus délicate. Bien évidemment, la Colle de Grane était un très célèbre gisement de lithophyses : les plus grosses connues avoisinaient les 80 cm de diamètre » !

Non loin de là mais de l'autre côté (ouest) de l'autoroute, on peut encore échantillonner les coulées de basalte et de dolérite à bulles d'améthyste et de fluorine, dans lesquelles vient d'être découverte (AUGÉ et coll. 2014, 2015) une curieuse minéralisation en terres rares (synchysite à cérium). Qu'on se rassure : la quantité de terres rares dans certaines bulles du Reyran est infime, il n'y a aucun risque que la frénésie des téléphones portables provoque la ruée des industriels pour ouvrir une nouvelle mine dans le Var !

Plus en amont, l'ancienne route du barrage de Malpasset atteint le bassin carbonifère et les anciennes mines de schistes charbonneux et bitumineux d'Auriasque, à proximité desquelles sont repérés (MARI 1979) d'intéressants gisements de septaria, puis les mines de Boson.



Carte de situation du bassin houiller du Reyran (empruntée au site internet Geocaching du Petit Poucet, reprenant les publications de maints auteurs antérieurs)

Au-delà, le secteur des ruines impressionnantes de la catastrophe (1959) du barrage permet de récolter des pegmatites à larges micas (lépidolite). Enfin, au prix d'une petite marche sur piste, on atteint l'ancienne mine de fluorine de l'Avellan. Cette petite mine a fourni en grand nombre de très beaux cristaux de fluorine verte (ROSTAN et MARI 2018). Son histoire a été riche (ROSTAN 2006). Les galeries sont aujourd'hui obturées mais on peut récolter quelques spécimens verts, aux cubes malheureusement abîmés, dans les déblais.

Le Marsaou, ses deux volcans et sa fluorine.

Dans la partie orientale de l'Estérel, le Col des Trois Termes sera un site naturel particulièrement riche pour le Géoparc, car il permet de voir deux volcans particulièrement bien conservés et deux anciennes mines de fluorine. Situé sur la limite entre le département du Var et celui des Alpes-Maritimes, il n'a que 303 m d'altitude mais le site se mérite car, en raison des risques d'incendie, la petite route anciennement goudronnée qui permet de le gravir depuis la RN7 est barrée la plupart du temps. Au sommet, pourtant, que de récompenses !

Du coté Est du col, la piste des citernes à incendie des Œufs de Bouc (ne pas se tromper : ne pas prendre le sentier du Sommet Pelet) permet, en quelques minutes, d'atteindre un autre col d'où la vue « plonge » sur la caldera de Maurevieille, avec la splendide rade de Cannes pour horizon. C'est le plus beau volcan permien de la Provence. Enchâssé dans une cuvette au centre de petites collines juste à l'arrière de Théoule, La Napoule et Mandelieu, il a conservé ses formes en caldera quasiment intactes malgré l'érosion, ce qui en fait un sujet de visite très impressionnant. Les affleurements et notamment l'ancienne carrière du vallon du Maupas sont particulièrement démonstratifs du dynamisme explosif phréato-magmatique du volcan, avec de remarquables dépôts de déferlantes basales avec anti-dunes, stratifications obliques, pisolithes volcaniques (les fameuses « gouttes de pluie » des anciens auteurs). On y voit la superposition des retombées verticales de bombes et des déferlantes basales horizontales, qui se produisaient simultanément pendant les explosions phréatiques. En outre, dans la faille bordière sud de la caldera s'est injecté un filon de fluorine qui a été exploité et qui a livré de jolis rubanements alternativement violets, jaunes et verts de ce minéral très prisé du grand public, que l'on peut encore récolter dans les déblais. Sur la pente, on peut apercevoir en toute sécurité les spectaculaires remontées au jour du « dépilage » tout le long du filon, heureusement ceinturées par un solide grillage. Les plus grands pourront apercevoir, tout au fond du trou béant, les « stots » de filon qui ont été laissés en place pendant l'extraction pour que les deux lèvres ne s'éboulent pas l'une sur l'autre. L'exploitation a atteint 250 m de profondeur, et le filon continuait en aval. On trouve sur internet plusieurs suggestions d'excursions. Dans celui de DE LORENZI (2010), la « magie » du lieu est particulièrement bien exprimée, malgré quelques inexactitudes (les vastes cavernes dans les falaises ne résultent pas de bulles de gaz, mais de l'érosion de type « taffoni » ; la grande tranchée n'est que le vide artificiel qui résulte de l'extraction de la fluorine qui remplissait complètement la faille, ce n'est pas une faille restée béante).
Du coté nord-ouest du col des Trois Termes, côté Var, une ancienne piste quasi horizontale permet de gagner en un kilomètre l'ancienne mine de fluorine dite du Col des Trois Termes ou de St-Jean de l'Estérel. Les galeries ont été obturées mais on peut encore voir le filon en surface et récolter de jolis morceaux de fluorine verte. Auparavant, la piste recoupe un puissant filon, subvertical, d'alimentation de la coulée de rhyolite ignimbritique tabulaire A7 qui couronne le Marsaou, ; S. MAURY (2015-2016) y a trouvé de toutes petites mais très intéressantes géodes comprenant anatase, chlorite, opale hyalite, ilménite, kaolinite, orthose et quartz. Plus au Nord, un bon sentier permet en une heure de faire le tour du Marsaou via le Pas de la Cèpe et de revenir (par l'Ouest) au sentier GR51 puis au Col des Trois Termes, en passant par la Baisse Violette. Ce toponyme provient de la présence de fluorine violette aux environs (anciens travaux de Baume Trocade). Ce sentier qui évolue toujours en altitude permet, par le Pas de la Clavette, d'avoir plusieurs vues dominantes sur les formidables pitons du volcan des Baraques, au Nord (cf. CREVOLA 1971 ; mais ceci n'est plus de la minéralogie !).

La mine de zinc des Bormettes, à La Londe les Maures.

Parmi les paradoxes de la Côte d'Azur, l'extraordinaire concentration des baigneurs, en été, sur la plage des Bormettes qui fut, jusqu'aux abords de la Seconde Guerre mondiale, le théâtre d'une intense activité minière, ne manquera pas de surprendre le visiteur. C'est en effet ici que se faisait le traitement du minerai de zinc et plomb qui était extrait des galeries situés 560 m plus bas, complètement sous le niveau de la mer.
Aujourd'hui, on a du mal à imaginer cette effervescence. Un vaste lotissement a été construit sur la colline, qui masque presque totalement les anciens déblais de la mine et qui cache à la vue l'emplacement des trois anciens puits, obturés depuis longtemps. Il ne reste quasiment aucun minerai intéressant à ramasser.
Le paysage urbain a conservé de nombreuses habitations de mineurs de type corons. Les archives nationales témoignent qu'en 1890, 918 personnes sont employées dans la

compagnie, 90% d'entre eux étant des immigrés italiens. De 1881 à 1901, la population de La Londe passe de 879 à 3219 habitants. Les équipements se multiplient : construction de corons, d'hôpitaux, d'écoles. La Londe se sépare d'Hyères en 1901 et devient une commune indépendante. Albert Roux, fils de Victor Roux le premier directeur de la Société des Mines des Bormettes, devient maire en 1904. En 1892, les actions de la mine sont les plus cotées en bourse. En 1900, année de la plus forte extraction, la compagnie atteint les 70 000 tonnes de minéraux lavés. Il faut attendre 1900 pour qu'un chemin de fer (dont on peut encore suivre la voie) relie les différentes concessions. Les filons baissent en qualité et en quantité dès 1899. L'année 1900 connait plusieurs accidents mortels et les grèves se multiplient pour lutter pour de meilleurs salaires et conditions de travail. Entre 1905 et 1925, les différentes concessions sont fermées temporairement. La production cesse en 1908 et on tente ensuite, la plupart du temps en vain, de trouver de nouvelles réserves, aux Bormettes et dans les filons voisins (le Trapan, la Rieille, le Verger, etc.). En 1925, un groupe anglais rachète les mines, mais celles-ci doivent progressivement fermer en 1929 à cause de l'effondrement mondial du cours des métaux qui a commencé en 1927. En 1933, la société est dissoute et liquidée.
Jean MALAQUAIS a retracé l'atmosphère extraordinaire des dernières années de la mine, dans son roman Les Javanais (1939) qui a obtenu le Prix Renodot. On dépile les derniers piliers de protection pour essayer de survivre, les accidents sont fréquents. Le rééditeur Phoebus (1998) présente l'intrigue comme suit :
« Nous sommes quelque part en Provence (…), non point la Provence de Pagnol, mais celle de vieilles mines d'argent et de plomb où trime une faune rien moins que recommandable. La mer n'est pas loin, le soleil plutôt bon zigue. Quant aux mines, disons qu'elles sont tellement pourries que les ouvriers français refusent d'y descendre – alors on fait appel au bon vouloir des tordus de passage qui n'ont pas peur de s'y frotter. Ils ont tous quelques points en commun : des gueules de métèques, des permis de séjour défaillants, la dalle en forte pente, et jaspinent des langues bizarres. Mais la police du coin n'est pas trop regardante, et puisque la douce France a besoin de bras… Ils sont allemands en rupture de Führer, russes en délicatesse avec le petit père des Peuples, espingos fâchés avec leurs frères phalangistes, italiens fatigués des mussolinades, mais aussi moldovalaques, arméniens, turcs, polaques, lithuaniens et zarabes. Bref tous "Javanais", et le quartier de baraquements où on les parque est vite baptisé: c'est l'Île de Java, tout simplement. (…) et la brave Madame Michel, épicerie-buvette, ne chôme pas. Le bordel non plus, où les filles font bon accueil à ces gaillards nostalgiques (…). Bien sûr, on devine que ça finira mal, car la mine a de graves problèmes de santé. Mais c'est la vieille Europe aussi qui ne va pas très bien et qui tousse. Drôle d'époque décidément (…) et drôle de bouquin, sur lequel le temps semble ne pas avoir de prise… »

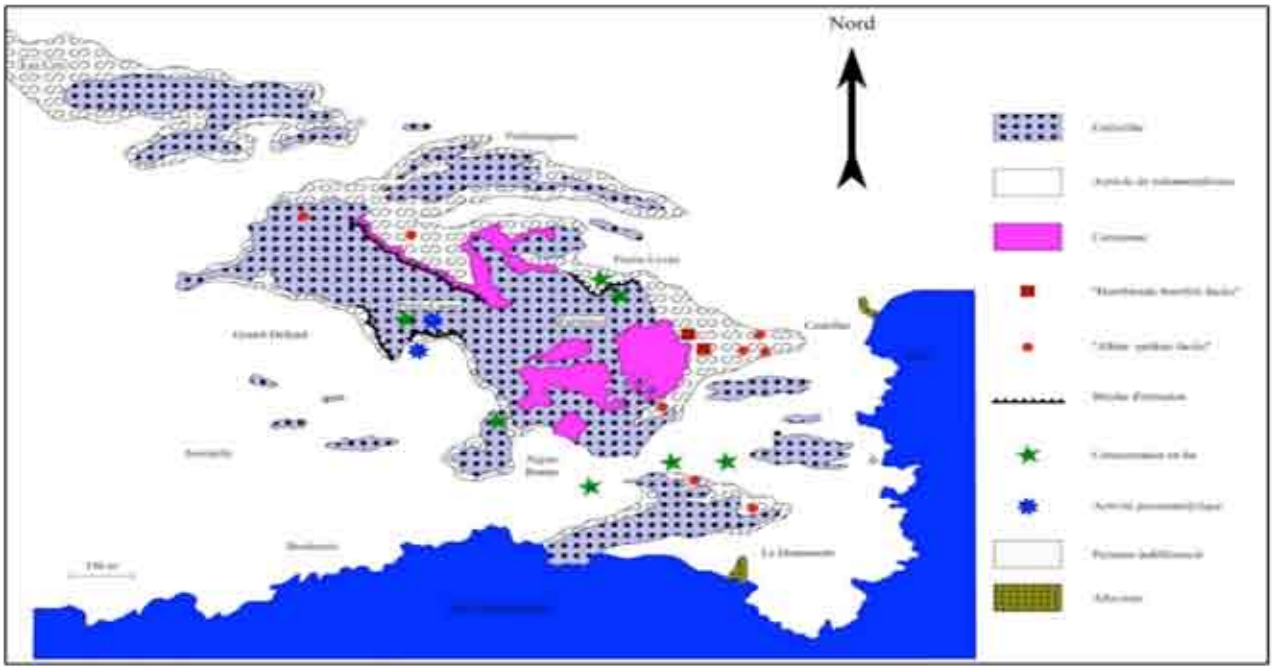
L'Office du Tourisme de La Londe-les-Maures s'efforce de sensibiliser les touristes à cette grandeur passée dont les vestiges sont encore assez spectaculaires, en organisant notamment des visites de terrain, en surface, le long des pistes qui sillonnent le maquis. Marie-Pierre LANZA qui a effectué de nombreuses études (1995-1999) d'archéologie minière dans les Maures, citait même l'opportunité d'organiser une véritable « route » de découverte du patrimoine minier de tout ce secteur, jusqu'aux anciennes mines d'antimoine de Valcros au Nord.
Une des galeries dites des Phocéens est encore accessible. On la découvre en pénétrant dans un travers-bancs du 19è s. long d'une cinquantaine de mètres, qui démarre de la plage à l'intérieur d'un lotissement (propriété strictement privée ; porte à cadenas). Ce travers-banc rejoint le filon Est-Ouest jusqu'à un point d'effondrement généralisé, mais en chemin on intersecte des travaux creusés au feu qui sont manifestement très anciens. Ce site mériterait l'organisation de visites guidées.

Parmi les centres d'intérêt tout autour des Bormettes, il y a notamment l'ancienne mine de plomb-zinc de la Rieille et celle du grand filon du Verger. Il y a aussi, à environ un kilomètre au nord de La Londe, la spectaculaire conduite d'évacuation des fumées de l'ancienne fonderie de plomb, qui escalade une colline sur plusieurs centaines de mètres de long et dont la cheminée sommitale, malheureusement, a été détruite.

L'estérellite et ses minéralisations en pyrite, magnétite, grenat, béryllium.

L'honneur de clôturer cette première sélection de sites minéralogiques emblématiques revient, *last but not least*, à la fameuse estérellite. Certes, en ce qui concerne les roches remarquables de la Provence cristalline connues du grand public, la roche qui impressionne le plus le touriste est sans conteste le « porphyre rouge » de l'Estérel (la « rhyolite amarante » des premiers géologues provençaux). Sans rivaliser, pour la statuaire et l'ornementation des monuments, avec le Porphyre Rouge Antique, cette roche subjugue le regard du visiteur, tant on ne voit qu'elle dans le paysage. La partie « géologie » de ce dossier pour l'UNESCO lui consacre bien sûr une place importante.

L'estérellite est une roche beaucoup moins connue du touriste mais elle a été très appréciée des Romains pour l'ornementation (MAZERAN 1996). On la retrouve dans plusieurs monuments antiques de la Provence. C'est pour le pétrographe une microdiorite quartzifère, claire, qui s'est injectée lentement sous forme de filons de magma (on parle de *corps subvolcaniques* car il n'y a pas eu d'éruption du magma au jour) pendant l'Ere Tertiaire, dans le bâti des terrains volcano-sédimentaires du Permien, refroidis depuis longtemps. La partie « géologie » de cet argumentaire UNESCO lui dédie une place importante également, d'autant qu'elle constitue de très beaux affleurements au Dramont, dignes de la visite.



Carte géologique des affleurements de l'estérellite et des principales minéralisations associées (extraite du site internet de S. Maury, reprenant les publications de maints auteurs antérieurs)

Au plan de la minéralogie et de la cristallographie, cette roche présente deux intérêts notables pour le GéoParc.

D'abord, pendant qu'elle s'injectait lentement dans les terrains, sa chaleur et les fluides magmatiques surchauffés (surtout si les filons ont réchauffé des nappes phréatiques préexistantes) ont provoqué dans ces terrains des réactions à haute température : métamorphisme de contact, formation de cornéennes, et minéralisations de type pneumatolytique (vapeurs) et hydrothermal (fluides géothermaux chargés de sels minéraux dissouts) ; il en résulte, ici et là, de petites mais jolies cristallisations de pyrite, sphalérite, améthyste, magnétite, grenats notamment, que les amateurs éclairés locaux décrivent au gré de leurs cueillettes (MARI et coll. 2015 ; LEBOUCHER 1998, 2005 ; LATIL 2000 ; MAURY 2015, 2016). On y a même identifié, dans les bulles d'un filon couche de dolérite permien, des cristaux de béryl (et peut-être de bertrandite et de phénakite) déposés sur la magnétite (ROSTAN 2003). Dans la masse de l'estérellite on observe souvent de jolis cristaux de pyrite très brillants (carrière d'Aigue Bonne).

En outre, au plan pétrographique, le zonage des grands cristaux blancs de feldspath plagioclase qui donnent à l'estérellite sa beauté (notamment dans l'ancienne carrière probablement antique de l'ancien orphelinat de Boulouris) a fait l'objet de plusieurs études à caractère désormais historique (MICHEL-LEVY 1897, QUIN 1961, 1962). Il motive beaucoup les collectionneurs amateurs débutants.