

Jean Philip, *L'Exploration géologique de la Provence, deux siècles et demi de débats et de controverses*, Paris : Presses des MINES, collection Histoire, sciences et sociétés, 2012.

© Presses des MINES - TRANSVALOR , 2012
60, boulevard Saint-Michel - 75272 Paris Cedex 06 - France
email : presses@mines-paristech.fr
<http://www.pressesdesmines.com>

ISBN : 978-2-911256-88-2
Dépôt légal : 2012
Achevé d'imprimer en 2012 (Paris)

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution réservés pour tous les pays.

L'Exploration géologique de la Provence

Collection Histoire, Sciences et Sociétés

Dans la même collection

Jean Gaudant présente

Jacques Debelmas (dir.)

*L'Exploration géologique des Alpes
franco-italiennes*

Michel Durand-Delga

Marcel Bertrand (1847-1907), génie de la tectonique

Ouvrage coordonné par Jean Gaudant

*L'Essor de la géologie française
Essais*

Johann Jakob Scheuchzer

Les Fossiles témoins du déluge

Ouvrage coordonné par Jean Gaudant

*Géologues et Paléontologues
De la passion à la profession*

Michel Toyer

Quand les poètes chantent la science

Madeleine Durand-Charre

Les Aciers damassés

Ouvrage coordonné par Jean Gaudant

Dolomieu et la géologie de son temps

René Lesclous

*Histoire des sites producteurs d'aluminium
Les choix stratégiques de Péchiney (1892-1992)*

Emmanuel Grison

*L'Étonnant parcours du républicain Jean-Henry Hassenfratz
Du Faubourg Montmartre au corps des Mines*

L'Exploration géologique de la Provence

Deux siècles et demi de débats et de controverses

Jean Philip



« L'historien se doit de rendre un juste hommage aux chercheurs qui ont frayé le chemin en tâtonnant et entrouvert les portes ; et non pas seulement à ceux qui sont crédités des percées majeures ».

François Ellenberger, *Histoire de la géologie*

Avant-propos

L'Histoire de la Découverte géologique de la France est un projet éditorial qui a pour vocation une mise en perspective historique de l'acquisition progressive des connaissances géologiques accumulées dans chaque région de notre pays au cours de près de deux siècles et demi d'investigations. Dans une période où l'activité humaine est placée sous le signe de la vitesse, ce qui ne laisse que peu de place à une réflexion approfondie, il est important de pouvoir examiner le contexte intellectuel dans lequel ont émergé peu à peu, parfois au cours de débats véhéments, les interprétations qui nous paraissent aujourd'hui les mieux assurées, bien que la révolution conceptuelle d'ampleur exceptionnelle qu'ont connue les sciences de la Terre il y a moins d'un demi-siècle, doive nous inciter à une certaine prudence.

Il convient de souligner ici combien les **Réunions extraordinaires de la Société géologique de France** qui, à de nombreuses reprises, furent organisées en Provence, jouèrent un rôle moteur indiscutable en permettant la confrontation sur le terrain de points de vue divergents ou parfois même radicalement opposés.

L'objectif de cette série d'ouvrages est de prendre du recul en se penchant avec impartialité sur les interprétations anciennes, dont certaines furent jadis considérées comme le *nec plus ultra* de la pensée géologique, comme le fut en son temps « la grande nappe de recouvrement de la Basse Provence » de ce « génie de la tectonique » que fut **Marcel Bertrand** (1847-1907), à qui **Michel Durand-Delga** a consacré en 2010 une biographie détaillée.

Un an après la parution de *L'Exploration géologique des Alpes franco-italiennes*, de **Jacques Debelmas** et d'une équipe de géologues grenoblois, voici donc venu le temps de publier le second volume de *L'Histoire de l'Exploration géologique de la France*, consacré à *L'Exploration géologique de la Provence*, dû à la plume de **Jean Philip**, professeur émérite de géologie à l'université d'Aix-Marseille. Il y évoque avec talent les principaux auteurs qui ont contribué à faire connaître l'histoire et la structure de cette région, à la fois si proche géographiquement et si différente géologiquement des Alpes franco-italiennes.

À la lecture de ce livre, il apparaît clairement que, contrairement aux Alpes, dont les premiers travaux ont, de façon audacieuse, cherché à interpréter d'emblée la genèse d'une chaîne de montagne fort complexe, l'étude géologique de la Provence a fort logiquement débuté par le déchiffrement de la stratigraphie, dont l'exemple le plus significatif est la *Carte géologique du Département des Bouches-du-Rhône*, sur laquelle **Philippe Matheron** (1839) figura une succession de neuf « terrains ». Un quart de siècle plus tard, **Henri Coquand** (1863) put mettre à profit sa connaissance de la stratigraphie pour identifier des contacts anormaux et des renversements de couches dans sa coupe de la chaîne de la Sainte-Baume, en suggérant que ces faits étaient la conséquence de la révolution qui avait engendré les Alpes. Dans son étude de la Sainte-Victoire, **Louis Collot** (1891) fit progresser l'approche tectonique de la Provence en s'efforçant, le premier, de proposer une chronologie des déformations.

Toutefois, l'avancée majeure dans le domaine tectonique fut indubitablement l'œuvre de **Marcel Bertrand**, qui, après avoir renouvelé l'interprétation du lambeau triasique du Beausset, imagina l'existence d'une « *grande nappe de recouvrement* » provençale, qui assura sa célébrité.

C'est aussi à cette époque que progressa l'étude structurale du socle provençal à laquelle contribuèrent **Frédéric Wallerant** – plus connu pour son œuvre de cristallographe –, **Philippe Zürcher**, **Auguste Michel-Lévy** et son fils **Albert** puis, quelques décennies plus tard, **André Demay**.

Au début du XX^e siècle, l'influence de **Marcel Bertrand** continua à s'exercer à travers **Émile Haug** qui s'illustra non seulement dans les Alpes, mais aussi en Basse-Provence dont il décrivit la structure dans une conception nappiste, qu'allait bientôt contester **Albert-Félix de Lapparent**.

C'est alors que se produisit un épisode sans équivalent dans l'histoire de la géologie française : la réaction autochtoniste inspirée par **Charles Jacob**, personnage dominant de la géologie française de l'époque. Ses artisans furent **Georges Corroy** et **Georges Denizot**, qui entreprirent de remettre systématiquement en question les interprétations de **Marcel Bertrand**.

Mais il apparut bientôt, à la lumière de nombreux levers cartographiques, que l'autochtonisme ne rendait pas compte de la structure tectonique véritable de la Basse-Provence calcaire. Celle-ci fut réinterprétée grâce aux travaux que réalisèrent **Jean Aubouin** et **Guy Mennessier**, ainsi que **Gérard Guieu**, à la lumière des conceptions de **Léon Lutaud**. Ainsi s'imposa le concept de « *tectonique de couverture* » qui, au début des années 1960, ouvrit une nouvelle période de recherche favorisée à la fois par la multiplication du nombre de chercheurs et par l'utilisation de méthodes nouvelles.

Durant le dernier demi-siècle, la stratigraphie bénéficia grandement des progrès de la micropaléontologie, tandis que la géochronologie permit de déterminer l'âge des roches éruptives et métamorphiques de la Provence cristalline et de dater les épisodes volcaniques.

Dans cette région qui fut affectée, en 1909, par le séisme destructeur de Lambesc, l'établissement de profils sismiques apporta des informations sur sa structure profonde. La télédétection contribua en outre à mettre en relation les accidents provençaux majeurs avec ceux des régions voisines.

Un nouveau champ d'investigations s'ouvrit également, dans le prolongement des premières recherches de géologie marine du milieu du siècle dernier, grâce aux progrès technologiques qui rendirent possible l'exploration du précontinent provençal.

Enfin, l'hypothèse, émise en 1973, d'une dessiccation de la Méditerranée au cours du Messinien, engendra également des recherches qui montrèrent que l'abaissement supposé du niveau de base était corroboré par la mise en évidence d'un épisode de creusement intensif du cours de la Durance, le principal affluent provençal du Rhône.

En résumé, au terme de deux siècles et demi de recherches, il apparaît que l'*Exploration géologique de la Provence*, telle qu'elle est relatée ici par **Jean Philip**, fut une aventure riche en rebondissements dont le lecteur est invité à prendre connaissance sans attendre.

Introduction

Avant de retracer l'histoire de l'exploration géologique de la Provence, nous nous devons de définir précisément le territoire correspondant à notre étude, d'en fixer les limites géographiques et d'en distinguer les différentes parties.

La carte géologique en couleur hors-texte, aidera à illustrer notre propos.

La Provence présente une certaine unité géographique puisque les limites qui lui sont fixées sont des entités naturelles, relativement bien définies : à l'Ouest la basse vallée du Rhône, au Sud la Méditerranée, au Nord et à l'Est les Alpes.

D'un point de vue géologique, les choses sont plus nuancées. Il y a, tout d'abord, l'opposition radicale entre la Provence cristalline et cristallophyllienne des Maures, de l'Estérel et du Tanneron, d'une part, et la Provence calcaire, d'autre part, bien que la première constitue le soubassement de la seconde.

Le style structural et l'âge des plissements permettent aussi de séparer les régions proprement provençales de celles des Alpes, mais le tracé des limites n'est pas simple, notamment dans les régions où les plis provençaux ont été déformés par la tectonique alpine.

Enfin, la paléogéographie peut tenir lieu de caractère distinctif, étant donné que les grandes plates-formes carbonatées mésozoïques ont imprimé à la région provençale un cachet géologique et morphologique qui lui est caractéristique.

La Provence peut être ainsi subdivisée en deux grands ensembles géologiques : la *Basse-Provence* et la *Haute-Provence*.

I. LA BASSE-PROVENCE

Située au sud de l'axe Verdon-Durance, elle est considérée par certains auteurs (M. Bertrand, 1897 ; J. Aubouin et G. Mennessier, 1962), comme la Provence au sens géologique du terme qui, seule, doit son style exclusivement à des mouvements dits provençaux (d'âge éocène supérieur). Nous verrons cependant que cette conception, relativement étroite, doit être discutée. On lui assigne trois sous-ensembles.

1. La *Basse-Provence cristalline* (L. Lutaud, 1924), qui comprend les massifs hercyniens des Maures, du Tanneron et de l'Estérel, formant le socle provençal proprement dit, ainsi que les massifs paléozoïques de la région toulonnaise (Lamalgue, Pradet, Sicié), engagés dans la tectonique des chaînons nord-toulonnais. On lui associe la dépression permienne (Lutaud, 1924) qui s'allonge en une bande continue de Fréjus à Hyères, et qui constitue le tégument provençal, adhérent au socle, mais au-dessus duquel la couverture provençale est décollée au niveau du Trias.

2. *La Basse-Provence calcaire*. Elle est subdivisée, par certains auteurs, en une *Basse-Provence occidentale* (G. Corroy & G. Denizot, 1943), comprenant les chaînons et bassins des régions de Toulon, Marseille, Aix-en-Provence, et une *Basse-Provence orientale* (A.-F. de Lapparent, 1938), située entre l'axe Draguignan-Brignoles et le cours inférieur du Verdon.

C'est vers le Nord-Est de cet ensemble que la limite entre la *Basse-Provence calcaire* et les Alpes est la plus difficile à situer. Depuis Marcel Bertrand (1897), on s'est cependant accordé pour la tracer en bordure du grand plateau calcaire jurassique des plans de Canjuers, entaillé par le Verdon et dominant les plis provençaux de la région d'Aups. Partant de là, cette limite se dirige vers Grasse et passe au Nord du massif du Tanneron jusqu'à la région de Cannes. Au-delà, se trouvent les chaînons subalpins de l'arc de Castellane et de l'arc de Nice¹.

II. LA HAUTE-PROVENCE

Cet ensemble est situé au Nord de l'axe Verdon-Durance et a été souvent considéré comme appartenant aux Alpes. Cela est vrai pour les Alpes de Castellane et de Digne, qu'A.-F. de Lapparent désigne sous le vocable d'*Alpes de Provence*.

Cependant, le *Bassin tertiaire de Digne-Valensole*, qui représente le piémont de la jeune chaîne alpine, est un ensemble intermédiaire, nourri par les Alpes, mais chevauché par elles et ouvert sur la *Basse-Provence*, ce qui justifie que nous le traitions ici.

Appartiennent aussi à la *Haute-Provence* les unités géologiques situées au Nord de la Basse-Durance et comprenant l'ensemble Ventoux-Lure, le Luberon, le plateau de Vaucluse et les bassins tertiaires adjacents (Apt, Forcalquier, Manosque). De nombreux auteurs les ont rattachés aux Alpes, mais cela reste discutable.

En effet, il serait artificiel, au seul prétexte de leur position géographique respective, de séparer le chaînon du Luberon de celui des Alpilles. En outre, s'il est indéniable que ces régions furent affectées par la tectonique alpine post-miocène, il n'en est pas moins vrai, comme nous le verrons, que des indices d'une tectonique provençale ont été relevés en plusieurs points.

Les calcaires urgoniens, enfin, qui sont l'un des traits géologiques et morphologiques de cette région, font partie intégrante de la grande plate-forme carbonatée provençale, qui s'étend de la bordure du Ventoux à Toulon. Aussi, cette partie de la *Haute-Provence* mérite-t-elle d'être traitée dans le cadre de notre travail.

Les pages qui vont suivre ont pour but de retracer l'histoire de l'exploration géologique de ces différentes parties de la Provence dont nous venons d'esquisser les caractères majeurs.

¹ La Basse-Provence rhodanienne, correspondant aux plaines quaternaires du Rhône (Camargue) et de la Durance, ainsi qu'à la région du Comtat, ne sera pas abordée ici. Elle sera traitée dans le volume consacré à l'histoire de l'exploration géologique du couloir rhodanien.

Cette histoire se déroule sur environ deux siècles et demi. Commençant vers le milieu du XVIII^e siècle, l'exploration s'est développée au cours des siècles suivants, avec de nombreux débats et controverses qui en ont ponctué le cours, jusqu'à aujourd'hui.

La description stratigraphique et celle des grands ensembles géologiques, ont été effectuées durant la plus grande partie du XIX^e siècle, fournissant une base solide et indispensable aux études structurales qui prendront leur essor dans le dernier quart du XIX^e siècle, sous l'impulsion de Marcel Bertrand.

La Basse-Provence, sans doute à cause de sa situation à proximité des grands centres urbains, mais aussi en raison de ses ressources minières, a fait l'objet des premiers travaux. La complexité des problèmes rencontrés, principalement sur le plan structural, a placé par la suite cette région au centre des préoccupations de recherche, et c'est précisément sur les questions relatives à l'interprétation tectonique de la couverture et du socle que les géologues se sont affrontés au cours des XIX^e et XX^e siècles.

Débutant autour des années 1960, la période moderne verra la réalisation du programme cartographique de la Provence à l'échelle du 1/50 000 et la publication des synthèses paléogéographiques et géodynamiques dans le cadre de la tectonique globale.

Dans le but de bien situer l'apport de chacune des phases d'exploration, il nous faudra replacer les recherches qui les caractérisent dans le contexte scientifique de leur époque, mettre en exergue les percées qui ont conduit aux avancées les plus significatives, sans négliger toutefois les travaux régionaux de portée plus modeste, mais néanmoins essentiels pour la collecte des faits et des observations.

Le plan de l'ouvrage suivra un ordre chronologique pour justement montrer les interactions entre les différentes études régionales ou thématiques à chaque étape de l'exploration géologique de la Provence.

Afin de ne pas rompre le fil de l'exposé, nous avons mis en annexe des tableaux récapitulatifs concernant : les principales réunions géologiques consacrées à la Provence, les ouvrages généraux et les guides géologiques, la liste des cartes géologiques à 1/80 000 et 1/50 000 et de leurs auteurs, la liste des stratotypes provençaux et celle des différentes institutions universitaires qui se sont succédé en Provence depuis 1859.

Histoire géologique, mais aussi histoire humaine, la narration de l'exploration de la Provence serait incomplète si n'étaient pas évoqués, même sommairement, les acteurs de cette longue quête scientifique. On trouvera ainsi, à la fin de l'ouvrage, la biographie succincte des principaux géologues ayant pris part à cette œuvre collective. Dans le texte, les références biographiques sont indiquées par un astérisque (*) placé à côté de la première mention du nom des auteurs auxquels elles se rapportent.

L'œuvre des premiers naturalistes

Au XVIII^e siècle, la Provence est une région essentiellement agricole. Marseille, cependant, possède de nombreuses manufactures florissantes (raffineries de sucre, savonneries, verreries, briqueteries, etc.) qui bénéficient de l'activité commerciale du port. Les voies de communication sont peu nombreuses et mal entretenues. Le pays est peu sûr : l'Estérel, les gorges d'Ollioules et la région de Cuges servent de repaires aux brigands échappés du bagne de Toulon.

L'exploitation des couches de charbon est déjà intense (Gardanne, Manosque), mais effectuée de manière artisanale, à la surface du sol ou à faible profondeur, dans des galeries étroites où de jeunes enfants abandonnés constituent une main d'œuvre recherchée. Les conditions sanitaires sont mauvaises et, dans de nombreux villages, sévissent la lèpre, la syphilis, la rage.

Aix et Marseille sont les pôles scientifiques et culturels de la province. L'Académie des Belles-Lettres, Sciences et Arts de Marseille (créée en 1766) bénéficie d'une grande notoriété ; il y existe aussi une École gratuite d'hydrographie et de mathématiques, d'anatomie et de chirurgie.

On déplore cependant les « *progrès fort lents* » de l'histoire naturelle, cette science ayant « *besoin d'être encouragée* » (Michel Darluc). Aussi, les préoccupations des naturalistes de ce temps sont vastes, embrassant les sujets fort divers des sciences naturelles, de la géographie, de la médecine, ou de l'ethnographie.

La part réservée à la « *géognosie* » est mesurée, le plus souvent focalisée sur la minéralogie, les pierres d'ornement, les matériaux de construction et le charbon. Bien que les collections particulières de fossiles soient nombreuses, les connaissances en paléontologie sont très sommaires, souvent hésitantes. Les identifications approximatives de fossiles se font plutôt par référence aux organismes actuels. À défaut de chronologie, on en tire pourtant des indications générales sur le milieu de dépôt des roches qui les renferment.

I. LES OBSERVATEURS DE LA PREMIÈRE HEURE

La côte provençale attira d'abord l'attention du comte **Luigi Ferdinando de Marsigli** (1658-1730), général et naturaliste italien qui s'intéressa particulièrement à la région du Danube, ainsi qu'à la Méditerranée, dont il tira un ouvrage publié en 1725 à Amsterdam, intitulé *Histoire physique de la mer*.

Dans ce mémoire, qui fait une place importante à la description de la végétation sous-marine, à la chimie de l'eau de mer, aux vagues et aux courants, on relève une

carte originale du golfe du Lion entre le Cap Sicié et le cap de Quiers en Catalogne et des « *profils ou coupes de la mer* » de la côte provençale entre le cap Croisette et le cap Canaille, montrant la topographie des fonds depuis le rivage jusqu'à l'« *Abyse* ».

Par ce travail d'océanographie avant la lettre, Marsigli se montre un incontestable précurseur dans l'étude de la morphologie côtière et du précontinent provençal. S'il ne réalisa pas des observations à l'intérieur des terres, il n'ignora pas, toutefois, l'existence des « *mines de charbon fossile* » dont étaient issues, selon lui, des « *lignes* » (rivières) souterraines drainant vers la côte le sel et le bitume « *qui donnent aux eaux de la mer la diversité de leurs goûts* ». Sans doute avait-il été inspiré par l'observation du « *fleuve* » souterrain de Port-Miou, dont il supposa la source dans le massif de la Sainte-Baume.

Les recherches historiques effectuées (1986) par **François Ellenberger** (1915-2000) conduisent à faire débiter véritablement les observations géologiques en Provence avec le célèbre *Telliamed* de **Benoît de Maillet** (1656-1738), ouvrage clandestin écrit vers 1725, publié en 1748 et réédité plusieurs fois.

Partisan de la formation des montagnes, de leurs couches et de leur relief par « *l'action exclusive de la mer en continuel abaissement* », l'auteur cite, à l'appui de sa théorie, un certain nombre d'observations effectuées sur le sol provençal. En effet, après une carrière de consul en Egypte, Benoît de Maillet se retira en 1720 à Marseille d'où il put ainsi parcourir plus facilement la Provence.

À Vaugines, écrit-il, existe « *une montagne entière remplie de coquillages de mer et de grosses huîtres* » où, prodigue en imagination, il ajoute qu'« *il s'y rencontre même de vivantes* ». C'est, évidemment, des couches très fossilifères du Miocène dont il s'agit. Il parla, de même, des « *coquilles pétrifiées* » de la pierre de taille (miocène) de La Couronne, dans laquelle on aurait trouvé, selon lui, un squelette humain.

Le rocher (turonien) du Bec de l'Aigle, près de La Ciotat, servit aussi sa théorie puisque, dit-il, « *toute la croûte de ce rocher est un composé égal de coquillages, qu'elle [la mer] y a attachés dans les tems différents, qu'elle a battu depuis son sommet jusqu'à l'endroit où elle est aujourd'hui* ». Le Bec de l'Aigle étant principalement formé de poudingues on peut supposer que cette formation constituait pour Benoît de Maillet une production marine, ce que confirmerait sa mention des poudingues (oligocènes) constituant le soubassement de Marseille, qu'il qualifie de « *cailloutage* », une « *composition* » qui, selon lui, représente un dépôt de plage.

Au voisinage de la Sainte-Baume existeraient des « *pétrifications, toutes de marbre* » qui seraient « *l'ouvrage des eaux de la mer* ».

Il nota les couches très inclinées entre Septèmes et Aix et au Nord de « *Olioure* » (Ollioules), formées d'emblée, selon lui, dans cette position, sous l'effet des vagues et des tempêtes.

Ses observations sur la côte provençale l'amènèrent à déduire l'avancée du rivage dans la région de Fréjus et dans celle d'Hyères où « *l'île de Giens est devenue une presque île* », et à prédire que « *la diminution de la mer amènera le port de Marseille aux Iles d'If* ».

Un troisième savant naturaliste, et non des moindres, **Jean-Étienne Guettard** (1715-1786), conservateur des collections du duc d'Orléans, élève de Bernard de Jussieu et de Réaumur, a son nom attaché au premier travail de paléontologie (1760) qui fut publié sur la Provence. Son étude consista à déterminer si les ossements trouvés lors de la sape d'un rocher (dit du Dragon)², situé 1 km au Nord-Ouest du centre d'Aix-en-Provence, étaient des restes humains ou des fossiles animaux. Guettard put examiner des morceaux de roches prélevés sur le site. Les journaux de l'époque avaient fait état « *d'os humains mêlés avec des corps marins* », de « *cailloutages* » remplis de cavités, parsemés de « *limaçons ordinaires* », mais surtout de six têtes humaines, de dents pointues et de dents de poissons. Guettard eut tôt fait d'établir qu'il s'agissait de fossiles animaux : « *rien n'est moins exact que ce que l'on vient de lire [...] ce sont des débris de corps qui ont été brisés et qui ont dû être ballotés et roulés dans les flots de la mer* ». Il diagnostiqua « *plutôt des squelettes de poissons que des squelettes humains* ». Quant aux objets pris pour des têtes humaines, il les attribua à des nautes !

Cette découverte eut quelque retentissement dans le milieu des naturalistes. Ainsi, les conclusions de l'article de Guettard furent rappelées dans l'« *Histoire générale de Provence* » publiée par l'abbé Jean-Pierre Papon en 1777 (voir plus loin), sans toutefois, que le nom de l'auteur soit mentionné.

L'étude de ce fameux rocher fut reprise en 1780 par **Robert de Paul de Lamanon** (1752-1787), botaniste, physicien et météorologue, né à Salon-de-Provence, qui arriva à une conclusion différente de celle de Guettard. Pour lui, les pseudo-têtes humaines ne sont pas des nautes mais des tortues pétrifiées mêlées à des ossements d'animaux terrestres ruminants et à des coquillages marins. Ce mélange lui parut si invraisemblable qu'il en vint à émettre l'idée de l'existence dans le passé de grands lacs « *distribués par toute la terre qui ont déposé les fossiles que nous y trouvons ensevelis [...] ces grands lacs par leur réunion et leur écoulement ont formé l'océan* ».

Les descriptions de ce rocher et sa localisation ne laissent planer aucun doute sur son appartenance stratigraphique. Il s'agit du Miocène supérieur continental qui surmonte la molasse marine sur laquelle est bâtie la ville d'Aix. Le rocher du Dragon (grès rouge grossier) est cité par Louis Collot dans sa thèse (1880, p. 120) et il renferme, selon cet auteur, « *des Hélices ; mâchoires et canons de Ruminants parmi lesquels M. Gaudry a reconnu le Tragocerus amaltheus ; dents de carnassiers ; le tout très fragmenté* ».

Robert de Paul de Lamanon s'était donc approché au plus près de la réalité paléontologique du gisement. Mais après un siècle écoulé, sa contribution avait été oubliée, comme d'ailleurs celle de Guettard.

² Le nom de rocher du Dragon vient de la croyance populaire du XVI^e siècle qui attribuait les ossements qu'il renferme aux victimes humaines d'un dragon. Ces ossements ont été étudiés pour la première fois par le savant aixois Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580-1637), parmi lesquels ce dernier identifia, en 1634, « *des os humains et des os de chevaux qui se trouvent meslez et pétrifiez* » (G. Godard, 2005).

II. PREMIERS ESSAIS SUR LA CONSTITUTION « GÉOGNOSIQUE » DE LA PROVENCE

Après Benoît de Maillet et Luigi de Marsigli, les observations vont se succéder durant la deuxième moitié du XVIII^e siècle, sous l'action d'une poignée de naturalistes, pour qui la « *géognosie* » ne constitua, toutefois, qu'une facette particulière de leurs travaux. Parmi ceux-ci, nous retiendrons trois personnalités qui, par leurs écrits, ont donné une vision élargie de la géologie de la Provence, telle qu'on pouvait alors la concevoir.

A. Pons-Joseph Bernard* (1748-1816)

Cadet des premiers explorateurs naturalistes de la Provence, Pons-Joseph Bernard se montra pionnier dans de nombreux domaines. Étonnamment, il resta méconnu des historiens de la géologie et son œuvre tomba rapidement dans l'oubli. Villeneuve-Flayosc, dans son étude sur le Var (1856) ignore totalement son prédécesseur, qui le surpassa pourtant sur de nombreuses questions touchant à la géologie de ce département. Même Émile Haug, dans son excellent historique (1925) sur les recherches géologiques en Provence, cite Darluc et Saussure mais passe sous silence Bernard.

Sa notoriété était pourtant établie de son vivant puisqu'il fut directeur-adjoint de l'observatoire royal de la Marine de Marseille, membre (en 1788) des Académies de Marseille et de Lyon et correspondant de l'Académie des sciences. Mais ses observations géologiques furent publiées dans des ouvrages dédiés à l'agronomie régionale et à l'économie rurale, ce qui a sans doute entravé leur diffusion hors de ces cercles spécialisés. Nombre de ses travaux restent aussi manuscrits.

C'est à **François Ellenberger** que l'on doit la redécouverte (1986) de l'importante contribution de Pons-Joseph Bernard à la connaissance géologique de la Provence, redécouverte complétée par la publication d'une biographie détaillée de ce savant naturaliste par **Georges Pichard** (2002).

Comme l'écrit ce dernier, Bernard s'avéra être un observateur avisé et scrupuleux, privilégiant les faits aux théories en vogue à son époque ; même si, parfois, il sacrifia au « *neptunisme* » pour expliquer l'existence de certaines formations géologiques singulières (tels les poudingues de Valensole et de la Crau). Disciple de Guettard, il entretint de nombreux contacts avec des savants botanistes ou astronomes et avec des naturalistes et érudits provençaux.

Bien que son nom ne soit pas cité, c'est à Pons-Joseph Bernard que l'on doit les observations géologiques incluses dans l'*Histoire générale de Provence*, que publia en 1777 son confrère de la congrégation de l'oratoire, l'abbé **Jean-Pierre Papon** (1734-1803) (cf. Pichard, 2000). Cet ouvrage, dont les développements sont découpés en diocèses, constitue un premier recensement des connaissances géologiques sur la Provence, précédant de cinq années l'essai assez comparable sur certains points, que produira Michel Darluc.

Dans chaque diocèse, sont énumérées les ressources minières, les pierres d'ornement (« *marbres* », « *brèches* »), mais aussi les gisements de fossiles et les

traces d'appareils volcaniques. On apprend ainsi que dans les diocèses d'Aix et d'Apt, les principaux gisements (Vaugines, Cadenet) de « *coquillages fossiles* » (*peignes, huîtres*) et de « *glossopètres* » (dents de requins) de la molasse miocène étaient identifiés. Des « *cornes d'amon* » et des « *bélemnites* » sont signalées à Vauvenargues (probablement extraites des couches du Lias). Les « *brèches* » du Tholonet, de Beaurecueil, du Candelon (près de Brignoles), le « *charbon de terre* » du bassin de l'Arc et de Saint-Zacharie étaient déjà activement exploités. Des mines de fer sont mentionnées à Grambois (Vaucluse) et au Candelon (il pourrait s'agir ici de la bauxite). Les montagnes de la Sainte-Victoire et de la Sainte-Baume sont explorées et leurs altitudes respectives mesurées.

Le diocèse de Fréjus renferme dans l'Estérel et dans le « *terroir de Roquebrune* » de nombreuses variétés de porphyre (rhyolite). Le massif des Maures recèle des mines de cuivre et de plomb ; à la Chartreuse de Laverne affleure la « *serpentine talqueuse* ».

L'exposé sur le diocèse d'Arles donne aux auteurs l'occasion de citer les débris de coquillages que l'on trouve dans ce terroir à Calissane, Saint-Chamas et les « *bancs d'huîtres de 100 pieds de haut* » du secteur d'Istres (il s'agit, bien sûr, des fossiles de la molasse miocène). Ils en concluent que « *la mer a recouvert toute la partie de ce diocèse depuis Carri [sic] jusqu'à Fonvielle [...] et à certains endroits elle s'enfonçait 7 à 8 lieues dans les terres* ».

Quant à la Crau, il en est dit qu'elle avait dû être un étang, que, contrairement à la légende, « *les cailloux n'ont pas été jetés par Jupiter pour fournir des armes à Hercule* », mais « *ont été apportés par la Durance qui passait à travers les montagnes et se répandait dans la Crau par le territoire de Lamanon* ». Preuve en est donnée par les galets de variolite qu'on y rencontre et qui se trouvent aussi dans le lit de la rivière. Dès lors, « *le changement du lit de la Durance est [...] l'événement le plus extraordinaire qui soit arrivé en Provence* ». À noter que cette interprétation de l'origine fluviale des galets de la Crau est à mettre au crédit de Papon car Bernard, plutôt « *neptuniste* », les considérait (cf. sa note de 1783 sur la Durance) comme un dépôt marin.

En 1778(a), dans un intéressant *Mémoire sur les engrais que la Provence peut fournir*, Bernard publia une *Carte minéralogique* de la Provence (fig. 1), d'un grand intérêt historique, où sont représentées, pour la première fois, les principales « *bandes* » de terrain qui caractérisent la région. Ellenberger (1986) considéra cette carte comme étant « *un document de base pour guider toutes les cartographies futures* » et regretta qu'elle n'ait pas été exploitée par les géologues qui ont succédé à Bernard. De fait, on y devine aisément nos différentes subdivisions géologiques : Provence cristalline (la « *bande schisteuse* »), Provence calcaire (la « *bande calcaire* ») et Provence subalpine (la « *bande marneuse* »). Il évoqua aussi (sans la représenter) une « *bande sablonneuse* », préfiguration de la dépression permienne du Luc, Vidauban, Fréjus.

Son *Mémoire sur le charbon*, publié en 1780, donne de Bernard l'image d'un « *premier ingénieur des mines* » de la Provence (comme le qualifie Pichard), connaissant la nature et la disposition des couches de charbon, leurs gisements, leurs fossiles, les conditions de leur exploitation et l'intérêt économique du minéral.

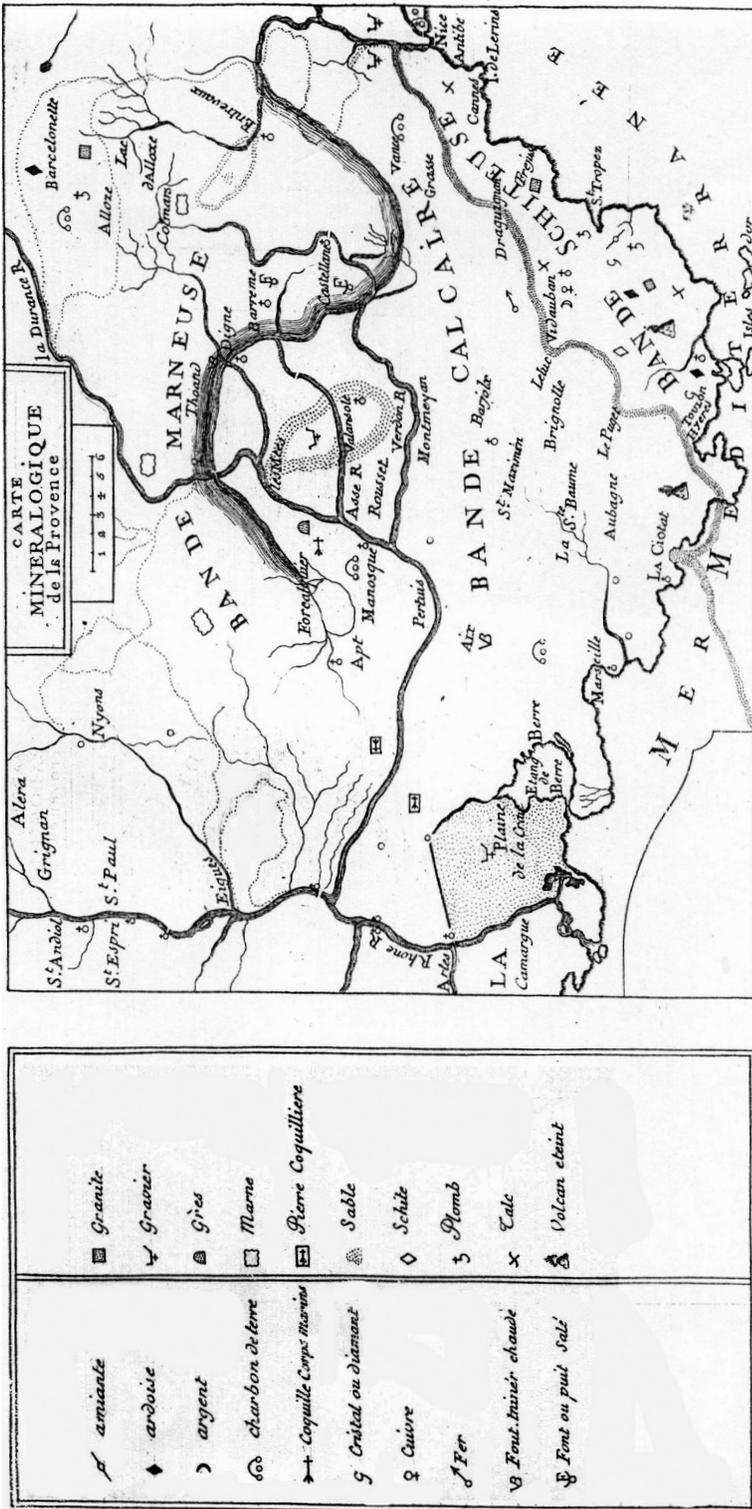


Fig. 1. Carte minéralogique de la Provence par Pons-Joseph Bernard (1778). Sur ce document à l'échelle d'environ 1/200 000, Bernard distingue trois grandes « bandes » de terrains qui préfigurent les subdivisions géologiques classiques de la Provence. Noter l'individualisation de la Crau et du plateau de Valensole et l'utilisation de symboles pour indiquer l'emplacement de différentes roches, de gisements de minerais, de minéraux ou de fossiles.

Dans le *Mémoire sur la Durance*, que Bernard publia en 1783, on trouve la description des « *montagnes de cailloux roulés* » (les poudingues de Valensole) dont l'épaisseur l'impressionne et qui ne doivent pas, selon lui, leur existence à l'action de la rivière, mais à celle de la mer. Il décrit également, en descendant la Durance, une « *Pierre coquillière* », qui n'est autre que la molasse miocène, dont il suivit l'extension dans les autres régions de Provence où elle affleure. L'existence de cette formation, à proximité des dépôts de galets du plateau de Valensole et de la Crau, lui servit d'argument pour conclure à l'origine marine de ces derniers.

Nous verrons ci-dessous que Pons-Joseph Bernard joua aussi, dès 1774, un rôle particulièrement important dans la découverte des terrains volcaniques de la Provence.

B. Michel Darluc* (1717-1783)

Quelque peu mésestimé par les auteurs des XIX^e et XX^e siècles, le médecin Michel Darluc s'est avéré pourtant être un observateur avisé des particularités géologiques de la Provence. Dans trois volumes, publiés entre 1782 et 1786 (le dernier posthume), il brossa un tableau très large de l'histoire naturelle de la Provence, après avoir parcouru et observé, diocèse par diocèse, tous les « *terroirs* » du pays, y compris ceux de la Provence alpine (Digne et Barcelonnette).

Le tome I est consacré aux diocèses d'Aix et d'Apt. Dans la région d'Aix, l'attention de Darluc fut attirée par les carrières de gypse et par les marbres de la Sainte-Victoire (qu'il qualifia judicieusement de « *marbre-brèche* »). Il signala dans les couches renfermant le gypse les « *débris de corps marins, les empreintes de poissons, les silex* », indiquant qu'il « *est indubitable que ces dépôts sont dus en partie à l'action de l'eau [...] et que la mer a couvert auparavant toutes ces côtes* ».

Il nota très justement que « *les cailloux qui constituent les marbres de la Ste Victoire ont été formés du débris des montagnes voisines [...] ils paraissent avoir été roulés et c'est à l'alluvion des eaux qu'ils doivent leur arrangement en couches successives* ».

Darluc gravit la Sainte-Victoire en 1778. Il profita de cette course pour rejeter la croyance populaire de l'origine volcanique de la Sainte-Victoire et pour indiquer que la formation du célèbre gouffre du Garagai est purement due à l'action des eaux d'infiltration qui « *ont laissé des cristallisations sur les parois* ».

À l'instar de Pons-Joseph Bernard, il va s'intéresser aux gisements de charbon du bassin de l'Arc dont il dressa l'inventaire. Les couches de charbon sont surmontées de couches calcaires remplies de « *petites coquilles pétrifiées [...] vis, moules, comes* » (corbicules) qui sont pour lui l'indication de « *dépôts marins* » ! Pour Darluc, « *le charbon minéral, le jayet, le succin, ont une origine végétale* ». Mais il hésita sur la formation du charbon qu'il attribua soit à du bitume s'étant déposé sous la mer dans des lits de sable, soit comme un produit des « *eaux mères, grasses, visqueuses, qui accompagnent la cristallisation des pierres* », cette explication ayant eu, semble-t-il, sa préférence. Il constata les dangers d'asphyxie ou d'explosion liés au gaz (« *mousette* ») qui s'échappe du charbon.

Il rejoint Bernard en établissant, lui aussi, l'origine marine des sables et de la « *Pierre coquillière* » (miocène) de la région de Pertuis, de Cadenet, des bords de l'étang de

Berre (Saint-Blaise) et en soulignant que « *ce qui sert de preuve convaincante, c'est la quantité de coquilles, les débris de corps marins (peignes, tellines, moules, huîtres) qu'on trouve* ».

Notre naturaliste visita la Fontaine de Vaucluse en novembre 1777 et la décrit en ces termes :

« on peut se figurer une correspondance entre la fontaine de Vaucluse et les montagnes voisines qui sont liées avec Lebéron et Mont Ventoux [...] il existe dans ces montagnes des réservoirs d'eaux qui augmentent et diminuent relativement à la quantité de pluie et voilà ce qui fournit à la Fontaine de Vaucluse ».

Observation pertinente, battant en brèche la légende qui rattachait à un volcan l'origine de la Fontaine de Vaucluse.

Toutefois, Darluc attribua à l'œuvre du Créateur l'origine des cavités et des grottes « *où les sources des grands fleuves et des rivières sont tenues en réserve* ».

Le tome II fournit d'intéressantes observations sur le « *terroir* » de Manosque et ses « *fossiles* », terme utilisé par Darluc pour désigner le soufre, le gypse, le charbon minéral, matériaux que l'on exploitait déjà dans la région. D'après lui, « *le fer, combiné avec le soufre dans le sein de la Terre, et pénétré par des eaux salines, peut occasionner des explosions subites, de violentes secousses, qui vont faire trembler la terre dans tous les environs* ». C'est à cette cause que, selon Darluc, « *il faut attribuer le tremblement de terre que la ville de Manosque essuya pendant l'hiver de 1708* ». Il en décrit avec précision les effets : « *la petite montagne qui sépare le Mt Espel du Mt St Michel, s'entrouvrit à la base et il en jaillit une quantité d'eau blanchâtre et écumeuse* » (eau séléniteuse ?), « *formant un ruisseau qui coula pendant quatre mois* ».

Le tome III est d'abord consacré au diocèse de Marseille, ville dont il vanta les mérites dans le domaine des arts, des belles-lettres et des sciences. Il visita le massif de Marseilleveyre et explora la grotte Roland, dont il mesura l'extension (« *434 pieds de longueur* »), tapissée de stalactites et de stalagmites dont il décrit l'origine par l'infiltration des eaux de pluie et par « *le dépôt d'une substance blanchâtre, mêlée d'argile rouge* ».

Il cita, près de Valdonne, des fossiles « *qui se terminent en pointe* » (rudistes ?) et à Cassis : « *des cornes d'ammon* ». À La Ciotat, il identifia le poudingue du Bec de l'Aigle et déclara : « *les naturalistes jugeront, à l'inspection, que la montagne de l'Aigle et celles qui sont attenantes, ont été formées dans le sein de la mer* ».

Il étendit son interprétation aux pierres qui forment les montagnes de Provence, qu'il compara aux récifs de coraux des mers actuelles : « *la terre calcaire qui est dissoute dans la mer contribue à la formation des coquilles et écailles des animaux crustacés* ».

Darluc termina son tour d'horizon de la Provence par la visite des sites volcaniques d'Évenos et des Maures (voir ci-dessous) puis par la description de « *la montagne primitive des Maures* », dont il dira qu'elle est « *vitrescible* » (formée de quartz), et de celle de l'Estérel.

C. Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799)

L'illustre Genevois visita la Provence à deux reprises : lors d'un premier voyage qu'il effectua en compagnie de Marc-Auguste Pictet en 1780, puis à nouveau en 1787. Il traversa la Provence d'Est en Ouest, de Nice à Avignon, en passant par Fréjus, la dépression permienne du Muy, Hyères, Toulon, Évenos, le Beausset, Cuges, Marseille, Aix-en-Provence.

Ses observations ayant été publiées en 1796, il eut la possibilité de consulter les travaux de Darluc, qu'il cite d'ailleurs à plusieurs reprises (mais, curieusement, il ne cite pas Bernard), confirmant le plus souvent les observations de son prédécesseur. Contrairement à ce dernier et à sa connaissance encyclopédique de la Provence, Saussure fut plus attiré par la géographie du pays, ainsi que par ses particularités minéralogiques et pétrographiques, ce qui le conduisit à s'intéresser aux propriétés physico-chimiques des minéraux et des roches qu'il rencontra, grâce à l'utilisation d'instruments divers (loupe, « *chalumeau* », acides, « *barreau aimanté* »).

Saussure s'attarda sur le massif de l'Estérel et sur ses rochers de « *porphyre* », dont il établit la composition minéralogique. Il surprend toutefois le lecteur moderne lorsqu'il affirme ne pas croire à l'origine volcanique du porphyre : « *dans ces contrées je n'ai vu aucune pierre que l'on puisse avec certitude donner pour volcanique* ».

Dans les secteurs de la Napoule, de Fréjus, du Muy, de Gonfaron, il nota la présence de « *bancs de grès de différentes couleurs* » (Permien), « *recouvrant le porphyre, et renfermant des blocs des montagnes du voisinage* ». Selon lui, ces grès ont été formés « *par des courants marins [...] la régularité des blocs étant déjà un indice de cette origine* ».

Les roches calcaires de Provence l'inspirèrent moins que les roches cristallines de l'Estérel ou des Maures et il nota fugacement la présence « *de débris de coquillages bivalves marins* » (les rudistes) dans les calcaires du mont Caumes et de la colline de Notre-Dame de la Garde, à Marseille.

Il donna cependant la première coupe détaillée des calcaires et gypses d'Aix et de ses « *ictyopètres : pierres qui renferment des empreintes et même des squelettes de poissons* ». Les couches à poissons s'expliquent selon lui : « *par de grands lacs qui se remplissent et se vident alternativement par de l'eau douce et par de l'eau de mer* ».

III. LA DÉCOUVERTE DES VOLCANS ÉTEINTS

La recherche des traces de volcanisme en Provence a constitué un des objectifs majeurs des naturalistes du XVIII^e siècle. C'est à eux que l'on doit attribuer l'intégralité des découvertes des sites volcaniques d'âge tertiaire et triasique de Provence, hormis toutefois les volcans permien de l'Estérel.

En grand précurseur, **Pons-Joseph Bernard** signala, dès 1774 (lettre à Gérard de Cotignac, cf. Pichard, 2002), puis, en 1777, dans le mémoire sur l'*Histoire générale de Provence*, et enfin, en 1778(b), dans une lettre adressée à Barthélemy Faujas de Saint-Fond (qui la publia la même année dans son *Mémoire sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*) des « *traces de volcans éteints* » constituées de « *pierres noirâtres*,

pleines de soufflures » ou « *pierres brûlées* » (basaltes), dans les « *montagnes* » des environs d'Ollioules, du Broussan, d'Évenos et du « *terroir de Montrieux* ». Cette dernière mention est surprenante (et instructive), car il pourrait s'agir des couches de basalte intercalées dans le Trias de Méounes (cf. p. 219), que Bernard aurait donc été le premier à observer.

Comme il fut le premier à signaler les « *pierres noires* » (basalte miocène) du piton volcanique Sainte-Magdeleine (au Nord de La Môle) dans les Maures, puis, en 1780 (sous son nom déformé en « *Bertrand* »), l'existence du « *volcan* » du « *terroir* » de Tourves (quartier de la Caudière, au Nord de ce village), associé lui aussi aux terrains du Trias (cf. feuille géologique Brignoles à 1/50 000, 1979) et représenté ici par des « *sortes de pouzzolane d'un rouge noirâtre* ».

Michel Darluc (1786), étendit les observations que fit Bernard au piton basaltique de Sainte-Magdeleine et signala, à l'Est de celui-ci, les traces de volcans éteints dans la « *Montagne* » de Maravielle (table basaltique miocène), jusqu'à Cogolin et sous la ville de Fréjus (sans doute la dolérite permienne).

Par la suite (1788), les volcans éteints d'Ollioules firent l'objet d'une étude par **Charles-Jean-Marie Barbaroux** (1767-1794), avocat né à Marseille, passionné de minéralogie. Il s'intéressa au contexte géologique des basaltes et il indiqua, très justement, que « *les laves coulèrent sur le poudingue qu'on voit au midi* » (en l'occurrence l'Oligocène). Barbaroux prit une part active à la Révolution française. Conventionnel du parti des Girondins il s'opposa à Robespierre et périt sur l'échafaud à 27 ans.

Horace-Bénédict de Saussure décrivit (1796), avec force détails, le basalte d'Évenos, et proposa une interprétation neptuniste de son origine : « *cette espèce de basalte* » écrit-il, « *n'a pas été fondue [...] elle a été formée dans l'eau par déposition ou cristallisation confuse* ».

On doit porter au crédit de **Jean-Baptiste Grosson** (1733-1800), notaire et historien marseillais, la découverte (1776) du volcan de Beaulieu (au Nord-Ouest d'Aix). Le terrain, dit-il, ressemble à un « *immense atelier de forges* ». Il est vrai que la tradition attribuait les roches volcaniques de Beaulieu à des scories provenant de mines que les Sarrazins auraient ouvertes en ces lieux. Il compara les différentes catégories de laves à celles du Vésuve, de l'Etna, d'Agde..., mais aussi d'Ollioules [sic] et d'Évenos, montrant qu'il avait visité (après Bernard ?) ces sites. Il proposa aussi une reconstitution : « *la terre de Beaulieu [...] paraît être en partie sur le cratère de l'ancien volcan [...] qui se serait affaissé lorsqu'il s'est éteint* », mais il resta prudent sur l'origine du phénomène : « *que dire de ces vestiges de révolution si étonnantes ? Je n'aime pas les systèmes, j'aime mieux observer et me taire* ».

De Joinville effectua (1788) une étude du volcan de Beaulieu dans laquelle il réalisa un inventaire des principaux faciès des produits volcaniques et il tenta une reconstitution du dispositif volcanique, indiquant que, depuis son extinction, il se serait écoulé 200 000 ans ! Saussure visita le site lors de son second voyage. Il fut le premier à parler de coulées de basalte et affirma que l'éruption s'était produite au milieu d'un lac. La longue digression (1816) que consacra à Beaulieu **François Ménard de la Groye** (1775-1827), professeur d'histoire naturelle à Angers, n'apporta rien d'original à la description du volcan de Beaulieu, que l'auteur interpréta comme un trapp sous-marin !

En résumé, grâce à leur érudition, à la logique de leur raisonnement, ou simplement à leur bon sens, les naturalistes du XVIII^e siècle ont, en maintes circonstances, contribué à jeter les bases d'une approche scientifique sur la cause de phénomènes géologiques auxquels, jusqu'alors, les légendes seules servaient d'explication. Le rôle respectif de la mer, des lacs ou des rivières dans la genèse des dépôts sédimentaires de Provence a été discuté par eux, sinon toujours bien défini. On doit aussi à leur perspicacité la découverte et la description des appareils volcaniques du Trias et du Tertiaire de Provence. Une première ébauche de la carte géologique de la Provence a vu le jour grâce à l'opiniâtreté de Pons-Joseph Bernard. Ces savants sont allés jusqu'au bout de ce que la science d'alors pouvait leur permettre d'aller. On peut, logiquement, s'étonner que les géologues du XIX^e siècle aient fait table rase, ou presque, de leurs acquis. Il n'est que justice que, deux siècles et demi plus tard, leurs mérites, qui furent grands, soient enfin reconnus.

Le temps des fondateurs

Le début, et surtout le milieu du dix-neuvième siècle, sont placés sous le signe d'une grande effervescence scientifique, d'un renouvellement profond de la géologie, dont les savants provençaux vont largement bénéficier.

On commence à percevoir l'intérêt majeur des fossiles pour la chronologie et les corrélations stratigraphiques. Dès 1811, Georges Cuvier et Alexandre Brongniart en donnent une parfaite illustration dans leur *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*. La première livraison de la *Paléontologie française* d'Alcide d'Orbigny paraît en 1840 et la notion féconde d'étages stratigraphiques prend rapidement un essor décisif sous l'impulsion de cet illustre savant.

Les premières cartes géologiques de la France voient le jour. C'est d'abord le premier essai cartographique de la France et des Pays-Bas réalisé, de 1810 à 1813, par Jean-Baptiste d'Omalius d'Hallo, sous la direction de Charles Coquebert de Montbret, et publiée en 1822, puis le grand projet d'une *Carte géologique de la France*, dont **André Brochant de Villiers** (1772-1840), alors professeur de géologie et minéralogie à l'École des mines de Paris, définit les grandes lignes dans un rapport rédigé en juin 1822, avant d'en préciser trois ans plus tard les modalités pratiques dans un second rapport, destiné à organiser les recherches que menèrent à bien, sous sa direction, deux jeunes ingénieurs des mines talentueux, Armand Dufrénoy et **Léonce Élie de Beaumont***. En novembre 1835, une épreuve de la partie proprement géologique de la carte était disponible mais la nécessité de faire graver un fonds topographique spécial retarda jusqu'en 1841 l'impression de cette œuvre considérable (Gaudant, 2009).

La Société géologique de France est créée en 1830. Son influence va aller grandissante grâce à la publication régulière de son bulletin et aux réunions scientifiques organisées en province sous son égide.

La Provence s'industrialise : ouverture de carrières ; grands travaux et percements de tunnels ferroviaires ; exploitation des mines de charbon. Les voies de communication sont plus nombreuses ; le pays est plus sûr.

I. ÉTAT DES CONNAISSANCES « GÉOGNOSIQUES » SUR LA PROVENCE AU DÉBUT DU XIX^E SIÈCLE

Le premier volume de la *Statistique du Département des Bouches-du-Rhône*, rédigé par le comte **Christophe de Villeneuve-Bargemon** (1771-1829), fut publié en 1821. Il renferme de précieuses indications sur les minéraux, les fossiles et les mines du département et il donne une description des principaux terrains de la Provence,

l'Estérel y compris. Cependant, l'ordre chronologique de ces derniers est très sommairement établi (fig. 2), voire erroné, et aucune carte géologique n'est annexée à l'ouvrage. Villeneuve-Bargemon admet toutefois l'intérêt des fossiles qui, proclame-t-il : « *peuvent être considérés comme les tables chronologiques de la Nature* » et dont il ébauche la succession dans les terrains de Provence. Son exposé sur la « *géognosie* » s'inspire des idées de **Saussure** (que Villeneuve-Bargemon considère comme le créateur de cette nouvelle science) et de l'influent *Traité de géognosie* de Jean-François d'Aubuisson de Voisins (publié en 1819). La Provence, selon Villeneuve-Bargemon, est constituée de la superposition de six « *Terrains* » : *Primitif - Intermédiaire* ou de *Transition - Secondaire - Tertiaire - De transport - Volcanique*. Mais, à l'intérieur de ces subdivisions il place, sans ligne directrice logique, des formations que les auteurs, après lui, ne tarderont pas à reconnaître comme hétérochrones.

C'est ainsi que, pour Villeneuve-Bargemon, les terrains dits « *intermédiaires* » comprennent : les porphyres de l'Estérel, mais aussi les phyllades des Maures, les poudingues (turonien) du « *Cap de l'Aigle* » près de La Ciotat et les poudingues (oligocènes) de l'entrée du Vieux port de Marseille !

Il attribua un rôle de premier plan aux oscillations du niveau de la mer pour expliquer la succession des différents calcaires du *Terrain Secondaire* et il fit appel à la fermeture du détroit de Gibraltar pour justifier la formation des dépôts de son *Terrain tertiaire* (La Crau et la brèche (paléocène) du Tholonet). La Méditerranée écrivit-il : « *était alors un lac* » ! Il compléta ce tableau en affirmant qu'après cet épisode d'assèchement, la mer a envahi l'espace méditerranéen et s'est élevée de 5 à 600 m, remontant par le pertuis de Lamanon la vallée de la Durance, refoulant les eaux de celle-ci jusqu'au défilé de Mirabeau et déposant au cours de ce mouvement « *la pierre coquillière* » (miocène). Cet événement considérable correspondrait, selon lui, à un épisode ancien du déluge d'Ogygès de la mythologie grecque, fixé vers 1800 ans avant l'ère chrétienne.

Interprétation visionnaire si l'on se réfère, à la chronologie près, aux phénomènes eustatiques exceptionnels qui ont affecté la Provence au Messinien et au Pliocène (et que nous examinerons plus loin, p. 184) !

Après la publication de la synthèse de Villeneuve-Bargemon, les terrains très fossilifères du Crétacé supérieur et du Tertiaire du bassin de l'Arc et de l'étang de Berre suscitérent les premières études stratigraphiques et paléontologiques.

Les calcaires à « *Hippurites et Sphérulites* » et les lignites (sénoniens) de Martigues furent signalés par **Joseph Delcros** et **Claude-Antoine Rozet** (ingénieurs géographes de l'Armée) en 1827, mais attribués au Jurassique, tandis qu'**Élie de Beaumont**, qui visita la région de Martigues en 1826, en compagnie de Leopold von Buch, y reconnut (1827) la formation des « *grès verts* » et « *la partie inférieure des terrains tertiaires* » (en fait les couches sénoniennes).

En 1823, le naturaliste et géologue nantais **Charles Bertrand-Geslin** dressa des coupes détaillées des couches à gypse (oligocènes) des plâtrières de la montée d'Avignon près d'Aix et confia, pour détermination, ses récoltes de fossiles (« *ichthyolites* » et plantes) respectivement à Henri Ducrotay de Blainville et Adolphe Brongniart.

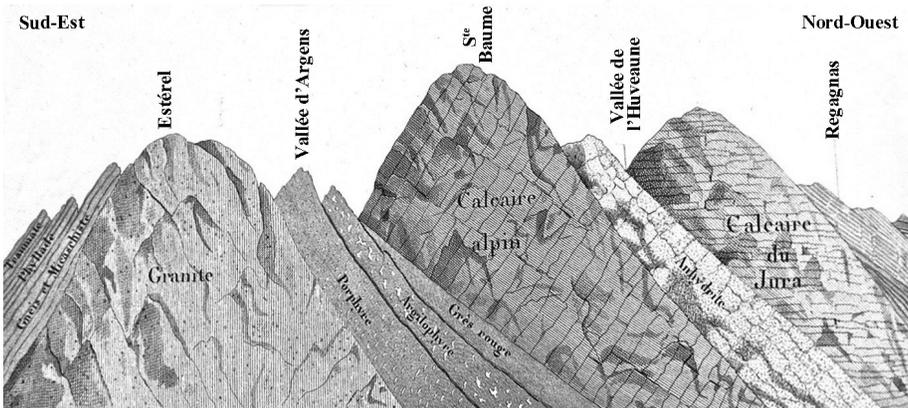


Fig. 2. Coupe « géognosique » de la Provence (d'après Christophe de Villeneuve-Bargemon, 1821). La coupe s'étend de l'Estérel à la bordure méridionale du Bassin de l'Arc, en passant par la Sainte-Baume, la vallée de l'Huveaune, le massif de l'Étoile (« Calcaire du Jura ») et le Regagnas. [La typographie des noms de lieux a été modifiée pour une meilleure lisibilité].

Les Britanniques **Charles Lyell** (1797-1875) et **Roderick Murchison** (1792-1871) firent un voyage en Provence en 1828, à la suite duquel ils publièrent, l'année suivante, une description de la série des terrains lacustres d'Aix comprenant les couches de Fuveau et celles du terrain à gypse.

Marcel de Serres (1780-1862), professeur à la faculté des sciences de Montpellier, visita à son tour la Provence en 1828 et effectua un inventaire « géognosique » des dépôts à lignite de Provence, paru en 1829. Bien des années plus tard (1843), ce même auteur publia une étude de caractère stratigraphique sur les « couches d'eau douce » de la Provence, tirée des notes qu'il avait prises lors de son voyage. Marcel de Serres, réticent à accorder trop de valeur chronologique aux fossiles, et n'ayant eu qu'une vision rapide de la géologie locale, rangea dans le Tertiaire les couches à lignite du bassin de Fuveau et de Martigues, auxquelles Matheron allait finalement (voir p. 34) assigner leur véritable place.

Les géologues régionaux vont avoir une activité de premier plan et vont acquérir peu à peu une incontestable notoriété : **Philippe Matheron***, (1807-1899), dès 1839, dans les Bouches-du-Rhône ; **Hippolyte de Villeneuve-Flayosc*** (1803-1874), dans le Var ; **Henri Coquand*** (1811-1889), grand voyageur, joua un rôle de généraliste, étudiant tour à tour la Provence cristalline puis la Provence calcaire. Sous l'égide des sociétés savantes régionales vont éclore des revues scientifiques de haute tenue (comme les *Mémoires de la Société d'Émulation de la Provence*), dans lesquelles les géologues provençaux publieront leurs premiers travaux. Une chaire de géologie fut créée à la faculté des sciences de Marseille en 1859, dont le premier titulaire fut précisément Henri Coquand.

II. L'EXPLORATION DE LA BASSE-PROVENCE CRISTALLINE

A. Les Maures et l'Estérel

C'est d'abord **Henri Coquand** qui montra son intérêt pour les massifs anciens de Provence et publia, en 1836, un inventaire des roches et des gisements de minéraux de l'Estérel et des Maures, auxquels il ajouta curieusement les gisements de fossiles du Lias et du Crétacé supérieur (« *gigantesques Hippurites* ») de la région de Brignoles. Cette œuvre de jeunesse de Coquand (il a alors 25 ans) n'ajouta cependant rien de bien nouveau aux observations de Saussure.

Il n'en fut pas de même de l'étude de **Léonce Élie de Beaumont** (1798-1874), parue en 1841 (mais sans doute achevée vers 1835), qui représente le véritable fondement de la connaissance géologique des massifs des Maures et de l'Estérel. Élie de Beaumont, ingénieur des mines, avait été chargé par Brochant de Villiers de lever (avec Dufrénoy) la carte géologique générale de la France. La Provence faisait partie du vaste territoire (toute la partie orientale de la France) qu'il avait la charge particulière d'explorer. Son travail sur la Provence cristalline fut facilité par un voyage d'études de six mois dans les Iles Britanniques (qu'il effectua en 1823, avec Armand Dufrénoy), pour s'initier au lever d'une carte géologique et au cours duquel il prit connaissance des travaux du géologue écossais John Mac Culloch (1773-1835) sur le métamorphisme.

Dans le massif des Maures, écrit Élie de Beaumont :

« l'étoffe première semble être un grand dépôt de schistes et grauwackes à grains fins, contenant des assises calcaires et des dépôts charbonneux. La cristallinité semble s'être développée après coup, par voie de métamorphisme. C'est aux environs de Toulon et Hyères que la cristallinité a fait le moins de progrès et que les schistes sont le moins éloignés de leur état primitif ».

Le caractère intrusif des plutons granitiques fut également envisagé : « à la Garde Freinet, le gneiss amphibolique est soulevé par une proéminence granitique ».

Élie de Beaumont donna aussi les premiers éléments de chronologie de mise en place des différentes unités géologiques. Ainsi, « le métamorphisme des Maures est antérieur aux lambeaux houillers des Maures et de l'Estérel » ; « le porphyre quartzifère de l'Estérel a fait éruption à travers le gneiss, il est postérieur à la formation de la houille » ; « les éruptions de porphyre ont eu lieu successivement pendant la période du grès bigarré » (terme usité alors pour désigner le Permien détritique).

Les matériaux du conglomérat qui constituent la montagne de Roquebrune proviennent, selon lui, d'une éruption porphyrique ; ils « furent déposés sur le fond d'une mer ».

Élie de Beaumont évoqua aussi les « *mélaphyres* » (terme regroupant pour les anciens auteurs les dolérites et les porphyrites ou andésites) de l'Estérel et les serpentines des Maures, dont il fit des phénomènes éruptifs postérieurs au Muschelkalk. Les comparant aux ophites des Pyrénées, il émit la curieuse idée « que les *mélaphyres* sont contemporains de la transformation en dolomies de certaines parties des calcaires secondaires et tertiaires des départements du Var et des Bouches-du-Rhône ».

En 1850, Henri Coquand reprit à son compte de nombreuses observations et idées d'Élie de Beaumont sur les massifs des Maures et de l'Estérel, principalement les conclusions de ce dernier. Il décrit longuement les différentes variétés de « *mélaphyres* » de l'Estérel. Quant au porphyre bleu (estérellite), il reconnut sa postériorité « *non seulement au porphyre rouge, mais encore aux mélaphyres et à la formation triasique* » et lui fit jouer un rôle tectonique considérable, affirmant péremptoirement que « *le porphyre bleu a été le levier qui a soulevé l'Estérel* ».

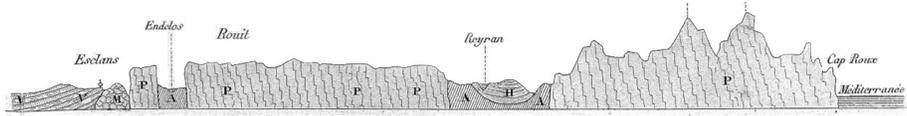


Fig. 3. Coupe de l'Estérel (d'après Henri Coquand, 1850). La coupe est sensiblement NW-SE. Les formations volcaniques permienes (marquées ici P : porphyres rouges) sont interprétées comme un ensemble non stratifié, intrusif dans les séries métamorphiques (A : schistes cristallins) du Tanneron, sur lesquelles reposent les grès houillers (H). Au Nord-Ouest se placent les mélaphyres (M) et le « Grès bigarré » (V) sensu Coquand, attribués par lui au Permien.

La carte géologique à 1/250 000 qui accompagne le mémoire de Coquand pêche par une extrême simplification des ensembles géologiques et, notamment, des Maures et du Tanneron réduits à une seule unité de « *schistes cristallins* ». Mais les rapports chronologiques entre les différentes formations sont exprimés avec une relative exactitude dans les coupes annexées à la carte (fig. 3).

En 1856, ce fut au tour d'**Hippolyte de Villeneuve-Flayosc**, ingénieur en chef des mines, de s'attacher à la description de la Basse-Provence cristalline, sans toutefois ajouter de données significatives à celles issues des travaux de ses devanciers.

Il tenta cependant d'établir une chronologie des terrains cristallins et cristallophylliens des Maures et de l'Estérel, et de les replacer dans un cadre stratigraphique (Cambrien, Silurien etc.) qui avait été établi dans d'autres régions (Ardennes). Villeneuve-Flayosc croyait à l'action prépondérante des phénomènes plutoniques, n'hésitant pas à avancer l'idée que « *les porphyres rouges de l'Estérel ne sont que des sédiments de grès modifiés par l'action ignée après leur dépôt* ».

B. Les bassins carbonifères

Exploités, d'après Darluc, dès 1783, les terrains houillers du bassin du Reyran furent peu étudiés sur le plan géologique pendant la première moitié du XIX^e siècle, mais Élie de Beaumont en donne toutefois (1841) une description générale, et ne fait, par ailleurs, que citer le houiller de Plan-de-la-Tour.

La **Société géologique de France** ne visita le bassin du Reyran qu'en 1877, sous la conduite d'**Alfred Potier** (1840-1905), ingénieur des mines, attaché au Service de la Carte géologique, et un premier débat eut lieu entre Coquand, Gaston de Saporta et Potier sur la stratigraphie de ces terrains.

Potier indiqua (1877a) l'existence « *d'une discordance de stratification entre le terrain houiller et les schistes rouges* ». Il fut le premier à signaler « *dans le voisinage des schistes bitumineux* », des débris de *Cordaites* et de *Pecopteris*. Potier considéra le bassin du Reyran « *comme de même âge que les bassins des Alpes* », tandis que Saporta fit observer dans le compte rendu de la course de l'Estérel (p. 753), « *que la partie supérieure du terrain houiller pourrait correspondre aux couches de Saint-Étienne* ».

C. Le Permien

Élie de Beaumont (1841) et les auteurs qui le précédèrent plaçaient dans le Trias l'ensemble des terrains gréseux entourant les Maures et l'Estérel.

Villeneuve-Flayosc fut le premier géologue à reconnaître en 1856 l'existence du Permien dans la région. Il plaça à ce niveau les couches inférieures du dépôt gréseux, considérant les couches moyennes comme équivalentes du Grès vosgien, tandis qu'il rapporta les assises supérieures au « *Grès bigarré* ».

Ce fut en 1877, lors de la **Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Fréjus et à Nice**, qu'à l'issue d'une discussion opposant Coquand, d'une part, à Potier, Lory et Dieulafait, d'autre part, ces derniers déclarèrent, à juste raison, qu'il est impossible de séparer les assises moyennes des assises supérieures et que toutes doivent être considérées comme permiennes.

Dans la plaine de Fréjus, Alfred Potier (1877b) distingua dans le Permien trois unités qui figurent sur la **première édition de la carte d'Antibes à 1/80 000** (1878), dont il est l'auteur. C'est dans les schistes des environs d'Agay³, intercalés entre deux coulées porphyriques, qu'il recueillit des empreintes de *Callipteris* et de *Walchia* (identifiées par Grand'Eury), signant l'âge permien de ces dépôts.

III. L'ÉTABLISSEMENT DES BASES DE LA STRATIGRAPHIE DE LA BASSE-PROVENCE CALCAIRE

A. L'œuvre de Philippe Matheron, « père » de la géologie provençale

Tenant compte des progrès rapides de la « *géognosie* » au cours des trois premières décennies du XIX^e siècle et consciente des insuffisances de la synthèse réalisée par Villeneuve-Bargemon en 1821, la Société de Statistique de Marseille chargea **Philippe Matheron***, membre de cet organisme depuis 1831, d'établir le premier *Essai sur la constitution géognostique du Département des Bouches-du-Rhône*. Matheron, malgré son jeune âge, était déjà un géologue confirmé qui, depuis 1825, parcourait le département, d'abord en tant que géologue amateur puis, à partir de 1836, en tant qu'agent voyer en chef (l'équivalent d'ingénieur des ponts et chaussées).

³ Attribués à la série supérieure du Permien de l'Estérel par Pierre Bordet en 1951.

Dépourvu de toute carte topographique précise permettant de tracer les contours des diverses formations, Matheron ne recula pas devant la lourde tâche de lever en quatre feuilles, à l'échelle du 1/75 000, le département tout entier.

En 1839, il publia ainsi le premier ouvrage et la première carte géologique des Bouches du Rhône (fig. 4) où sont distinguées les grandes unités stratigraphiques du département dans l'ordre de leur superposition « géognostique ». Deux coupes en complément de la carte dessinent les grandes ondulations anticlinales et synclinales de la région et la discordance spectaculaire de la « mollasse coquillière » (miocène) sur son substratum.



Fig. 4. Carte géologique du département des Bouches-du-Rhône par Philippe Matheron (1839). On notera la distinction des grands ensembles stratigraphiques, bien que les subdivisions classiques ne soient pas encore exprimées (par exemple les terrains du Crétacé inférieur sont englobés dans le Jurassique). Les coupes, dépourvues de toute faille, esquissent les grandes ondulations anticlinales et synclinales de la région. Noter la représentation schématique de la discordance des terrains miocènes (notamment dans la coupe des « Alpines ») et celle, relativement exacte, du pointement volcanique de Beaulieu dans la coupe entre Cassis et Rognes.

Lors de la **Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Aix-en-Provence** (1842), Philippe Matheron fit don à la Société d'une version plus complète de la carte géologique des Bouches-du-Rhône, accompagnée de nombreuses coupes à l'échelle régionale. Le *Catalogue méthodique et descriptif des corps organisés fossiles des Bouches-du-Rhône* qu'il publia en 1842 est précédé d'un *Mémoire sur les terrains supérieurs au Grès bigarré du S.E. de la France*, qui contient des données instructives sur les conceptions stratigraphiques de Matheron en ce milieu du XIX^e siècle.

L'auteur fit preuve dans cet ouvrage d'une bonne connaissance de la distribution des étages géologiques dans les départements du Sud-Est de la France (Bouches-du-Rhône, Var, Vaucluse, Basses-Alpes), ainsi que des corrélations à distance entre les

différents terrains. Bien sûr, l'âge des unités stratigraphiques n'est pas toujours bien établi et les attributions de Matheron feront l'objet de critiques. Toutefois, son apport s'avéra essentiel pour la stratigraphie du Crétacé supérieur continental et du Tertiaire de Provence.

Nous donnons, ci-dessous, quelques exemples des conceptions de Philippe Matheron sur la stratigraphie de la Provence qui ont, rappelons-le, une valeur historique indéniable et constituèrent le point de départ de bien d'autres travaux.

1. Crétacé inférieur

Philippe Matheron (1842) fut d'abord hésitant avec la chronologie du Crétacé. Ce système débute, selon lui, avec les grès verts (« *Gault* ») qui affleurent dans certains secteurs de la Provence (chaîne de la Nerthe) et qui furent, par la suite, logiquement attribués à l'Albien.

Il plaça dans le Néocomien (qui était, à ses yeux, une subdivision stratigraphique particulière équivalente à celles du Crétacé et du Jurassique) les marno-calcaires de l'actuel étage Aptien.

Matheron rattachait à tort au Portlandien les calcaires à *Requienia ammonia* (Urgonien de d'Orbigny, 1847) et au Kimméridgien l'ensemble des terrains marno-calcaires sous-jacents (Berriasien, Valanginien et Hauterivien actuels).

Henri Coquand, Alcide d'Orbigny et Jules Itier s'opposèrent à ces interprétations stratigraphiques et plaidèrent pour l'âge crétacé de ces divers horizons, ce que les travaux ultérieurs confirmèrent. Leurs observations sont consignées dans le compte rendu de la **Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Aix** en 1842.

2. Crétacé supérieur

C'est Philippe Matheron qui, le premier, reconnu (1839) l'existence d'un poudingue « à galets psammitiques [...] formant la montagne dite le Bec de l'Aigle, à la Ciotat, et l'île Verte » et qui en précisa l'âge : « *ce poudingue n'est nullement tertiaire. Il est intercalé dans le grès vert* » (pour Matheron, partie inférieure du « terrain de craie » ou Crétacé). Mais, préoccupé par des objectifs stratigraphiques, il n'en tira pas de conclusion paléogéographique et se contenta de souligner qu'il s'agit d'un « *accident fort remarquable de cette zone de terrain de craie* ».

Suivant les opinions de Marcel de Serres (1843), d'Élie de Beaumont et de Coquand, les terrains du Crétacé supérieur continental et fluvio-lacustre furent tout d'abord rattachés par Matheron (1839, 1842) au Tertiaire qui, selon lui, commencerait en Provence avec « *l'étage du lignite* » (Valdonnien et Fuvélien actuels), mis alors en parallèle avec l'« *Argile plastique* » et le « *Calcaire grossier* » (lutétien) du Bassin de Paris.

Mais les recherches comparatives qu'il fit ultérieurement dans les bassins de Paris et aux environs de Maastricht, ainsi que dans les Pyrénées, la Montagne noire et le Languedoc, l'amènèrent à réviser son interprétation et à vieillir progressivement cette série. C'est ainsi que, dans sa note de 1862, les couches calcaires du Valdonnien furent

mises en équivalence avec les terrains « *pisolithiques* » (Dano-Montien) du Bassin de Paris, et les couches de Rognac avec les sables de Bracheux (Thanétien).

Ce n'est qu'en 1864(a), à l'occasion de la **Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Marseille**, que Philippe Matheron présenta une coupe complète du bassin de l'Arc, en établissant la succession des différentes formations et en rapportant justement au Crétacé supérieur la partie inférieure de la série continentale et fluvio-lacustre, du Valdonnien jusqu'aux « *grès à reptiles et calcaires à *Lychmus** » (étage Rognacien actuel)⁴.

3. Paléogène

Pour Philippe Matheron (1839), le bassin tertiaire d'Aix-en-Provence serait le vestige d'un lac d'eau douce dont les limites pouvaient s'étendre bien au-delà des affleurements actuels du terrain à gypse dont il souligna clairement l'indépendance par rapport au terrain à lignite du bassin de l'Arc.

Ce sont les couches supérieures qui recèlent les riches gisements de mollusques, de poissons, d'insectes et de restes végétaux que Matheron et Saporta firent connaître par la suite. Matheron parallélisa le « *terrain à gypse d'Aix* » avec le terrain à gypse de Montmartre (Ludien)⁵.

En 1862, il affina le découpage stratigraphique des terrains tertiaires du bassin d'Aix, et proposa des corrélations avec ceux du Bassin de Paris, de l'Aude, d'Apt et de Manosque. Il fallut attendre 1876 pour que Matheron fixât précisément dans le bassin d'Aix la limite entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires, faisant entrer dans la « *Base du Tertiaire* » les barres calcaires du plateau du Cengle (localisation, cf. fig. 10) et laissant dans le Crétacé terminal les « *argilolites rutilantes* » de Vitrolles (étage Vitrollien de Matheron).

Matheron reconnut, dès 1839, les deux grandes subdivisions de la série détritique du bassin de Marseille : à la partie inférieure les argiles renfermant de nombreuses espèces de gastéropodes, des empreintes végétales et des troncs d'arbres carbonisés ; à la partie supérieure les poudingues (qu'il appelle « *gompholites* »).

Il commit cependant une erreur en plaçant au-dessus des poudingues, les calcaires en plaquettes de Notre-Dame-de-la-Garde, de l'Estaque, d'Allauch et des Camoins qui s'avèrent en réalité (Depéret, 1889) représenter les terrains les plus anciens (rupéliens) du Bassin de Marseille, en discordance directe sur les terrains plissés du Secondaire, ce que Matheron reconnaîtra en établissant, en 1842, la véritable succession stratigraphique. De même plaça-t-il, à tort, en équivalence d'âge, le terrain d'eau douce du bassin de Marseille (Formation des Argiles et Poudingues de Marseille, d'âge oligocène supérieur) avec la « *mollasse coquillière* » du Miocène,

⁴ Rappelons que c'est dans les couches du Rognacien de Provence que Matheron découvrit les premiers œufs de dinosaures de l'histoire de la paléontologie (Philippe Taquet a relaté, en 2001, l'histoire de cette découverte et celle de la collaboration de Matheron avec Paul Gervais).

⁵ Les travaux modernes (Aguilar *et al.*, 1978) attribuent au gypse d'Aix un âge fixé à l'extrême fin de l'Oligocène, zone de Coderet.

indiquant cependant « *qu'il est extrêmement probable que le bassin de Marseille n'a jamais été recouvert par la mer tertiaire, et qu'il présentait jadis un lac d'eau douce qui a disparu à la suite d'une commotion violente du sol* ».

À partir de 1862, et jusqu'en 1872, Matheron reçut un renfort de qualité dans l'exploration stratigraphique des terrains oligocènes des bassins d'Aix, de l'Huveaune et de Saint-Zacharie avec les contributions du célèbre paléobotaniste aixois **Gaston de Saporta*** (1823-1895). Ce dernier se distingua particulièrement (1872) par son étude sur la flore des « *gypses d'Aix* » et par sa reconstitution documentée du milieu de dépôt et du paléoclimat du bassin oligocène : la première du genre.

4. Miocène

Dès 1839, Philippe Matheron combattit l'opinion générale de la Société de Statistique de Marseille, selon laquelle la molasse miocène avait été déposée entre les XVIII^e et XII^e siècles avant l'ère chrétienne par exhaussement des eaux de la Méditerranée (voir p. 28) ! Il eut cependant tendance à vieillir cette formation qu'il mit en parallèle avec les grès de Fontainebleau (d'âge oligocène). Matheron établit la position « *géognostique* » de la « *mollasse coquillière* » au-dessus du terrain à gypse et de la brèche dite du Tholonet (paléocène). Citant la molasse miocène des Baux, il signala « *son gisement en stratification discordante sur des couches de calcaire marneux d'eau douce* » (le Valdo-Fuvélien), ce qui constitua une observation stratigraphique remarquable pour l'époque, qu'il étendit par ailleurs à la molasse de la Sainte-Victoire, discordante sur les couches fortement inclinées du Lias. Cherchant les limites de la mer ayant déposé la « *mollasse coquillière* », Matheron indiqua que « *les traces des rivages sont nombreuses sur le sol du département, et qu'elles consistent principalement en perforations dans les roches secondaires ou tertiaires qui ont été l'ancien habitat des pholades et modioles des temps géologiques* ».

5. Quaternaire

Philippe Matheron fut le premier à relever l'erreur de Villeneuve-Bargemon et à reconnaître la superposition du poudingue de la Crau à la « *mollasse coquillière* » (miocène). C'est lui également qui, dans le même travail (1839), distingua sous le vocable de « *terrain d'eau douce supérieur* », les calcaires concrétionnés et travertins à nombreuses empreintes végétales du bassin d'Aix et de la Durance (Peyrolles, Meyrargues) et de celui de Marseille (la Viste, les Olives) et qu'il plaça au sommet de sa subdivision qualifiée de « *terrains tertiaires* ».

Mais c'est **Gaston de Saporta** qui fut à l'origine (1864a) de l'attribution au « *Quaternaire inférieur* » des travertins qui couronnent les collines autour de Marseille, grâce à la découverte de dents de l'*Elephas antiquus* dans cette formation, aux Ayalades.

Les travaux de stratigraphie de Philippe Matheron furent estimés à leur juste valeur par les spécialistes de cette discipline mais aussi par les géologues structuralistes. Marcel Bertrand lui rendit un solennel hommage en lui confiant la présidence de la session d'ouverture de la **Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Provence** en 1891.