

CHAPITRE IV

La Provence souterraine

Embuts, ragas, garagais, etc. — Le mystère du gouffre de Caussols. — Les Foux provençales. — Les tufs et ponts naturels (grotte Saint-André, Ponadiou, perte de l'Argens; cascades de Sillans, Barjac, Cotignac, etc...). — Lacs fermés de Besse et des Lautiens. — Ruiniformes de Valbelle et de la Loube. — Lapias d'épouvante. — Ragas du Grand Cap et de Roca Trouca. — Ragas, foux et barrage de Dardenne. — L'eau potable à Toulon. — Bassins fermés de Provence. — Cavernes de Marseille. — Garagai de Sainte-Victoire. — Eaux souterraines de Fuveau.

IL s'en faut de beaucoup que les avens de Canjuers soient les seuls de la Provence. Comme les formations calcaires abondent jusqu'au delà de la crête même des grandes Alpes Maritimes, les investigations souterraines futures pourront être fructueuses en ces parages. On a déjà signalé des abîmes, des dolines, des pertes d'eau aux pieds des cimes italiennes de l'Argentera (3 290-3 300 m.; le plus haut sommet), des Marguareis, etc.

Des fissures, « d'où sort de l'air froid », sont connues, et jusqu'ici impénétrables, derrière Monaco, dans la montagne de Beausoleil. — D'autres à *air chaud*, au contraire, dans le Montboron, entre Nice et Villefranche : l'une aurait environ 100 m. de profondeur (d'après M. Ch. Gallois).

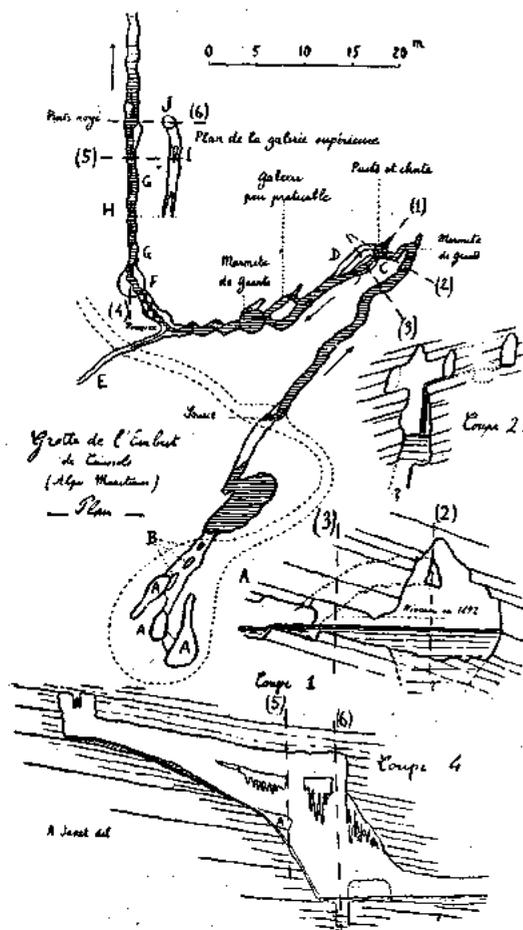
Au pied du Cheiron, la route qui descend de Coursegoules vers le coude du Loup (v. p. 76) suit, de Vallongue, un ancien passage de la Cagne, avant qu'elle eût été capturée par sa clue actuelle. Au sud, le bois de Garavagne doit être plein de lapias, et la carte au 80 000^e y figure de nombreux creux absorbants. Au sud-est, vers les Combes, et les Crotes, autour de la cote 1044, il existerait (d'après ce qu'on m'a dit en 1911) une quarantaine d'*embuts*, sous forme de crevasses très allongées et de profondeur inconnue. Aucun n'absorberait de ruisseau permanent. Mais leurs infiltrations doivent alimenter Bramafan (v. p. 40).

Plus bas et au sud, sur la commune de Roquefort (qui présente cette particularité de ne pas posséder de chef-lieu aggloméré), J. Gavet a trouvé plusieurs petits avens, grottes et résurgences.

Dominant le flanc ouest de la grande gorge du Loup, la « plaine des rochers de Caussols » (véritable cause en effet) possède l'Imbut (ou Embut, ou Embucq), ou gouffre absorbant, le plus célèbre de la région. Il ressemble tout à fait aux Ponors des Polje (ou bassins fermés) de Bosnie-Herzégovine et Carniole. Presque toute l'année, il recueille les eaux de ruissellement des crêtes qui enclosent son enceinte sans issue. Son orifice (alt. 1 074 m.) est un ensemble de longues crevasses, d'accès facile au début : mais à l'intérieur, la visite devient rapidement dangereuse. A trois reprises l'exploration a été engagée par A. Janet (1892, 1895, 1897). Je l'ai tentée moi-même le 27 mars 1893 avec G. Gaupillat. — En s'enfonçant en pente douce, la galerie devient étroite et sinieuse, le courant est plein de marmites cachées, où l'on tombe douloureusement. Il serait fort intéressant, peut-être même très utile, de reprendre cette investigation inachevée (1).

A l'ouest de Caussols, A. Guébard a rencontré de grands abîmes inexplorés, à ouvertures effrayantes, notamment à la Favre, à Valens, etc., et des bassins fermés, sur les plateaux calcaires entre Saint-Vallier-de-Thiery et Caille (Rouaine, Hubac d'Audibergue, etc.).

Au plan de Caille même, dont « l'écoulement souterrain alimenterait la Siagne », le D^r A. Couderc, en décembre 1905, a déroulé dans un abîme 265 m. de ficelle (avec une boule à jouer) sans trouver le fond : mais il est clair que le poids du cordeau, continuant l'entraînement, a faussé la mesure. Ce plan de Caille, près Escragnolles, entre Thorenc et l'Artuby, est une longue cuvette fermée, tourbeuse, unie et sans arbres, de 5 k. sur 2. Plusieurs ruisseaux y disparaissent. Qu'est-ce que peut recéler son sous-sol ?

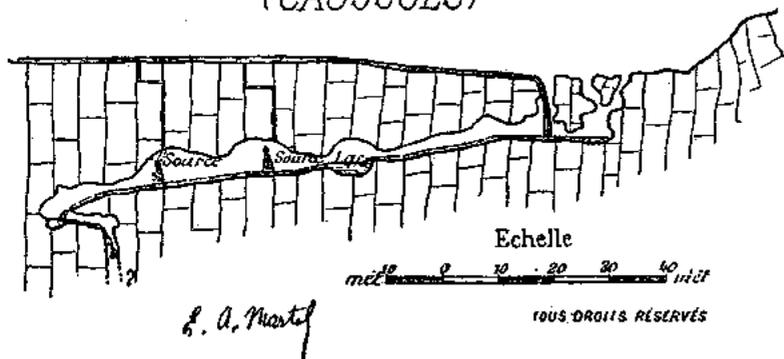


Aux têtes de la Siagne, de la Siagnole, des Foux de Mons et de Saint-Cézaire, G. Gaupillat, A. Guébard, Émile Rivière, A. Janet, Jules Gavet, F. Diénert, etc., ont exploré ou signalé nombre de petites grottes : Mons, Saint-Cézaire, Villecroze, Dozol (la plus curieuse : belles stalactites), des Deux-Goules, etc.; — des gouffres et des émergences puissantes : région mal connue à cause de son accès compliqué. Les Romains y captaient leurs eaux pour l'aqueduc de Fréjus. De nos jours, Saint-Raphaël a repris et perfectionné leurs travaux pour sa propre alimentation (2).

A 6 km. au nord de la Foux de Saint-Cézaire, au fond d'une gorge de la haute Siagne, qui fait encore figure de cluc, on a beaucoup disserté sur l'origine de l'arche naturelle de Ponadiou ou Pont-à-Dieu, au pied de Saint-Vallier-de-Thiery. Elle est fort imposante, en site superbe, dans un amas de tuf formidable, haut de 45 m. et foré d'un tunnel triangulaire haut et long de 10 à 15 m., large de 5 à 10 m. Le dépôt de tuf mesure environ 60 m. de longueur sur 5 à 20 de largeur. Le 16 octobre 1886, une crue emporta comme un fétu un énorme rocher gisant sous le Pont (3).

A. Guébard a cité près de Saint-Vallier-de-Thiery « l'extraordinaire amoncellement de roches fantastiques des Luchous, dédale de noires dolomives » (1896). On n'en a pas étudié les détails.

COUPE DE L'EMBUT DE S^T LAMBERT (CAUSSOLS)



Les tufs (v. p. 47) sont une des particularités remarquables de la Provence, par leur multiplicité, leur puissance, ainsi que par les singuliers ponts naturels, qu'ils ont construits (4).

L'exemple le plus connu est le pont-grotte de Saint-André, à 6 km. nord de Nice, utilisé par une route. En travers du Paillon, une source incrustante a édifié une voûte de tunnel en demi-cercle longue de 40 à 50 m.; une passerelle la traverse presque tout entière.

Il y a aussi des cascades sur tufs énormes aux « Eaux de Cabanères » près Saorge (Haute-

Roya). Mais le plus important des ponts naturels se trouve à Vidauban, entre les Arcs et le Luc, à la perte de l'Argens (château d'Astros). C'est, toujours dans le tuf, un assemblage compliqué de cascades (saut Saint-Michel), pertes, réapparitions d'eau, petites cavernes, effondrements, tunnels naturels, lits abandonnés, gorge de 15 m. de profondeur, etc., extrêmement curieux (v. plan ci-contre et *Les Abîmes*, p. 419) (description reproduite au Guide Bleu Joanne). Le débit des chutes a été diminué par un captage pour usine électrique (5).

A l'est de Draguignan, plusieurs localités sont bâties sur des terrasses de tufs, où glissent des cascates, diminutifs de celles de Tivoli : Sillans et sa cascade, Cotignac surtout, que dominent des encorbellements de près de 100 m. de haut, Châteauvert, Barjols, Varages, etc., tous sites remarquables, trop délaissés, où le phénomène des tufs atteint des proportions colossales.

Combien d'immenses et magnifiques cavernes inconnues doivent exister en contre-partie de ces *concrétions extérieures* ! Mais comment trouver leurs portes d'entrée ? Assurément par des trop-pleins, non recherchés jusqu'ici, des innombrables fontaines de ces régions. Et quelles sont les pertes et abîmes qui alimentent toutes ces résurgences ?

Une zone particulièrement étrange s'étend de Brignoles à Toulon. D'abord, avec trois petits lacs singuliers, bien connus des géologues : celui de Besse (11 km. sud-est de Brignoles), « artificiel dans un bassin naturel », (Delbecque) est alimenté par une dérivation de l'Issole. Profond de 7 à



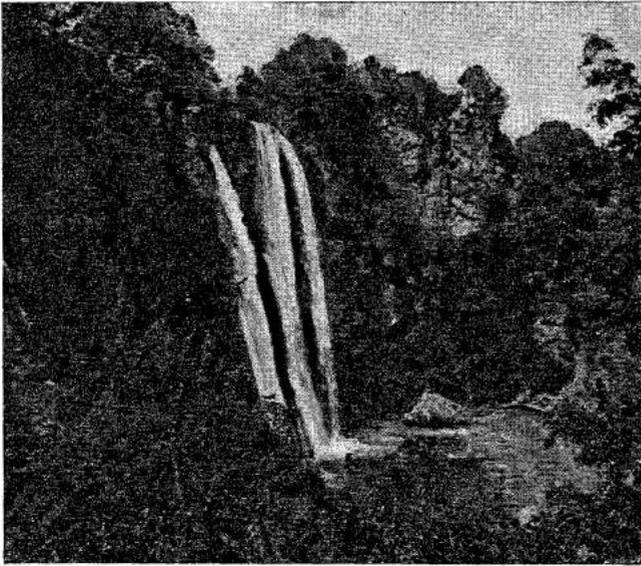
PONT NATUREL ET CASCADE DE L'ARGENS.

7 m. 50 (et non pas de 30 comme on le prétend), il occupe une cavité d'effondrement dans les marnes irisées gypseuses (trias). Il en est de même du *grand et du petit Lautien* (9 km. sud-ouest de Brignoles). Le premier, sans affluent et sans écoulement, se présente en abîme circulaire de 150 m. de diamètre. La profondeur de l'eau varie de 25 à 43 m., ses oscillations atteignent 12 et même 18 m. Le second, moins important, est parfois à sec. Selon W. Kilian, ils communiqueraient par des canaux souterrains (6).

Au sud-ouest de Brignoles, il y a deux remarquables « Villés de rochers », qu'on a surnommées les « Montpellier-le-Vieux » de Provence. L'une à 7 km., vers le sommet de la montagne de *la Loube*, l'autre à 20 km., aux *aiguilles de Valbelle*. Les rues, portes, aiguilles, etc., et la roche (dolomie) sont les mêmes que dans le célèbre chaos du Causse Noir.

Valbelle est près de la Chartreuse de Montrieux, au nord-ouest de Solliès-Pont, vers 550 à 650 m. d'altitude. Encore une grande curiosité de la Provence, mise en lumière par le pionnier Armand Janet, qui a décrit ses cirques et ses découpures, ses amphores et ses obélisques (v. *La Nature*, n° 2083, 26 mars 1913). Il conviendrait de les étudier en détail et de rechercher si elles ne renferment pas des abîmes. Des deux endroits, la vue est magnifique, sur la mer et sur les Alpes; mais leur accès est long.

A 6 km. à l'est-sud-est, la résurgence temporaire de Truebis à la Guiranne, entre Belgentier et Solliès-Toucas (alt. 110 m., trois galeries de 250 m. en tout), est le trop-plein d'une émergence pérenne, venant peut-être de bassins fermés vers Méounes et Cancérille. Il y aurait lieu d'agrandir à la mine les fissures impénétrables qui la terminent (A. Janet et J. Gavet).



CASCADE DE SILLANS.

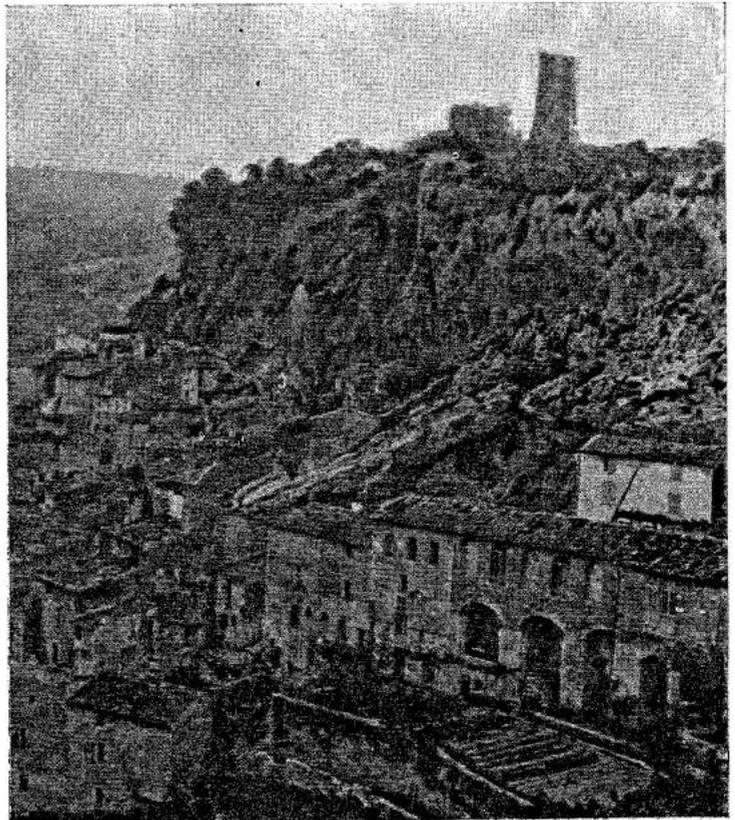
continuent à se cacher derrière Toulon.

Au sud même de Valbelle, une puissante masse calcaire urgonienne s'élève doucement (à l'ouest de Solliès-Toucas) jusqu'au Grand-Cap (785 m.), Roca-Trouca (720 m. 50) et au signal de Caume ou Caoume (801 m.), en retombant à pic, de 600 m. sur le cirque de Dardennes. Cette masse déserte, presque inabordable à cause de ses maquis et de ses lapiaz, doit être une écumoire d'avens, d'embutts et de creux d'absorption. Je n'y ai jeté qu'un hâtif coup d'œil (8 sept. 1906) sur les indications de A. Janet et Ph. Zürcher, tout juste pour me convaincre, comme eux, qu'une longue et très pénible expédition seule révélerait ce que cache ce farouche massif. — A 5 km. ouest (*plusieurs heures*) de Solliès-Toucas, à Morières-les-Vignes (env. 520 m.), une dépression en entonnoir obstrué absorbe les eaux de pluie (petite grotte au voisinage). A 2 km.

au nord-ouest, au pied des quatre Confronts (710 m.), un grand gouffre bâille (vers 660 m.?) au bord du sentier. On le nomme le Ragas des Aigles. Zürcher et Janet l'avaient estimé profond de 300 à 400 m. Avec L. Armand, notre sondage méticuleux n'a pas pu dépasser 20 m. Le gouffre s'était-il bouché? Y a-t-il eu arrêt sur une corniche? Ou bien nous a-t-on menés à un autre gouffre?

A 1 km. au nord de Morières-les-Vignes, on nous a conduits aussi au Ragas de la Galère (alt. 665 m.; au sud de la cote 698), étroit. La sonde s'est arrêtée à 32 m.

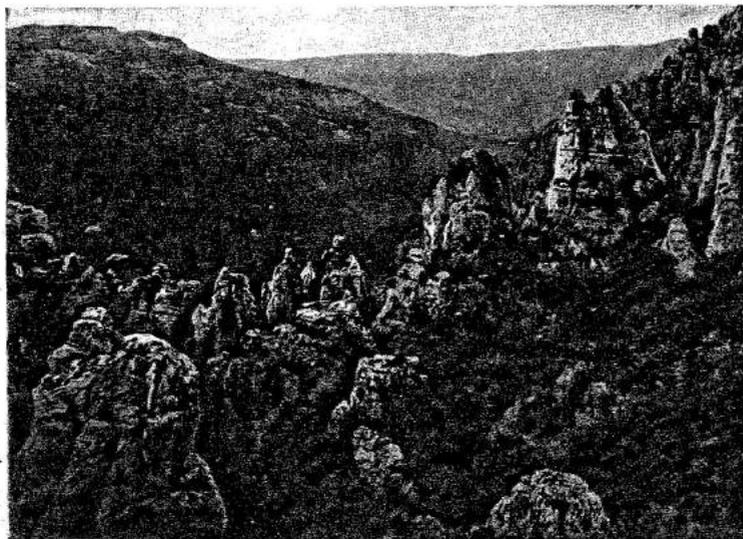
En mars-avril 1914, M. Bruna (de Toulon) m'a signalé un autre Ragas (abîme) plus à l'ouest, juste entre Roca-Trouca (dont le nom est significatif) et le Grand-Cap; il fut découvert parmi des broussailles, par des charbonniers et carriers, qui se risquent parfois en ces parages rudes et déserts, repoussants et sinistres; ils ont tenté une descente, arrêtée par des « profondeurs lointaines et effrayantes, où les pierres rebondissent de longues secondes... L'entrée, presque circulaire, peut avoir 3 m. de



FALAISES DE TUF DE COTIGNAC, EN PARTIE DÉCOLLÉES.

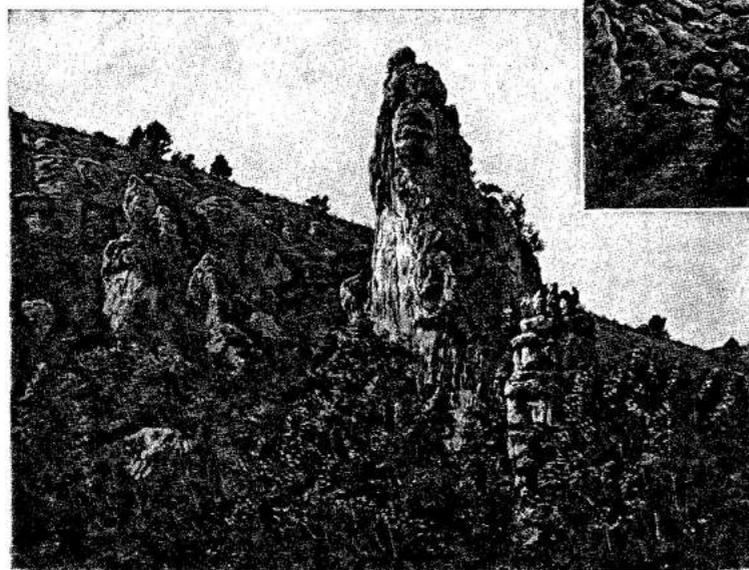
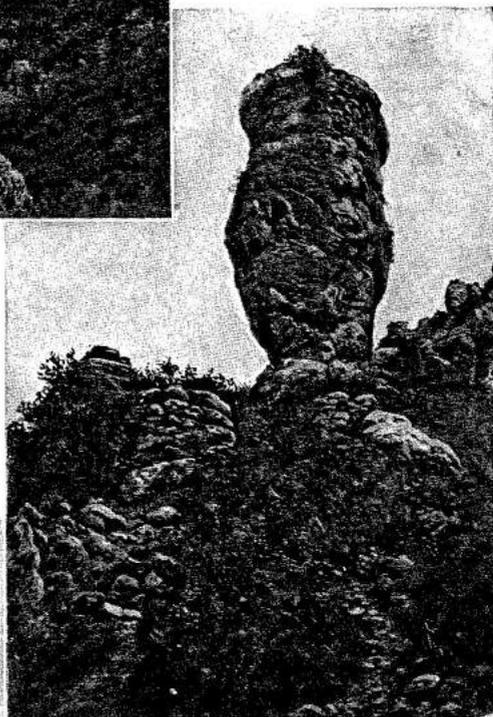
diamètre et provoque l'effroi. » Serait-ce le réel Ragas des Aigles? Les mêmes charbonniers en ont trouvé plusieurs autres semblables aux alentours et vers Siou-Blanc (616 m., 3 km. nord-ouest). Tout cela caractérise formellement une importante zone d'absorptions (8).

Il y a vingt ans, on pouvait la dire vraiment inconnue. Les récents levés de précision au 10 000^e du Service géographique



de l'Armée y ont trouvé quarante et une dépressions (dolines) de 20 à 300 m. de diamètre; leur approche reste des plus difficiles et tout abri manque là-haut.

Le terrain, véritable lapiaz (ce qu'on nomme en Provence des rascles), est rendu si dangereux par ses crevasses de pierres dissimulées parmi les



Nég. Mader.

Cl. « Nature ».

LES AIGUILLES DE VALBELLE, PRÈS BRIGNOLES (VAR).

broussailles, que les troupeaux ne s'y aventurent point et que les chasseurs s'en méfient. Aussi l'exploration des gouffres entraînerait-elle des frais énormes, en transports de matériel et approvisionnements, à dos d'hommes.

Mais ils seraient, sans doute, fort intéressants : parce que, en leur horrible isolement, ils pourraient bien ne pas être bouchés, et que leur profondeur doit être considérable. Car ils

béent à 500 ou 600 m. au-dessus des fameux « events » d'eau du Grand Ragas et de la Foux de

Dardennes, derrière Toulon (v. ci-après), et ils dépendent probablement du réseau hydraulique de ces résurgences (9). Quand ira-t-on les interroger?

En se rapprochant de Toulon, et à l'ouest des Selves, une large plaine de maquis s'étend sur 4 km. de longueur (vers la Foux du Revest, ou de Dardennes) jusqu'aux Olivières (275-290 m.) :

ceci est un groupe de maisons où commence la ravine sèche, dans le flanc droit de laquelle s'ouvre le Grand Ragas. Là encore, en juillet 1911, nous avons trouvé une gueule d'aven (à 252 m.) avec un mètre carré d'orifice seulement. — Cela nous amène à décrire l'un des plus remarquables phénomènes hydro-géologiques connus : le Ragas de Dardennes, lié au grave problème de l'alimentation en eau potable de Toulon.

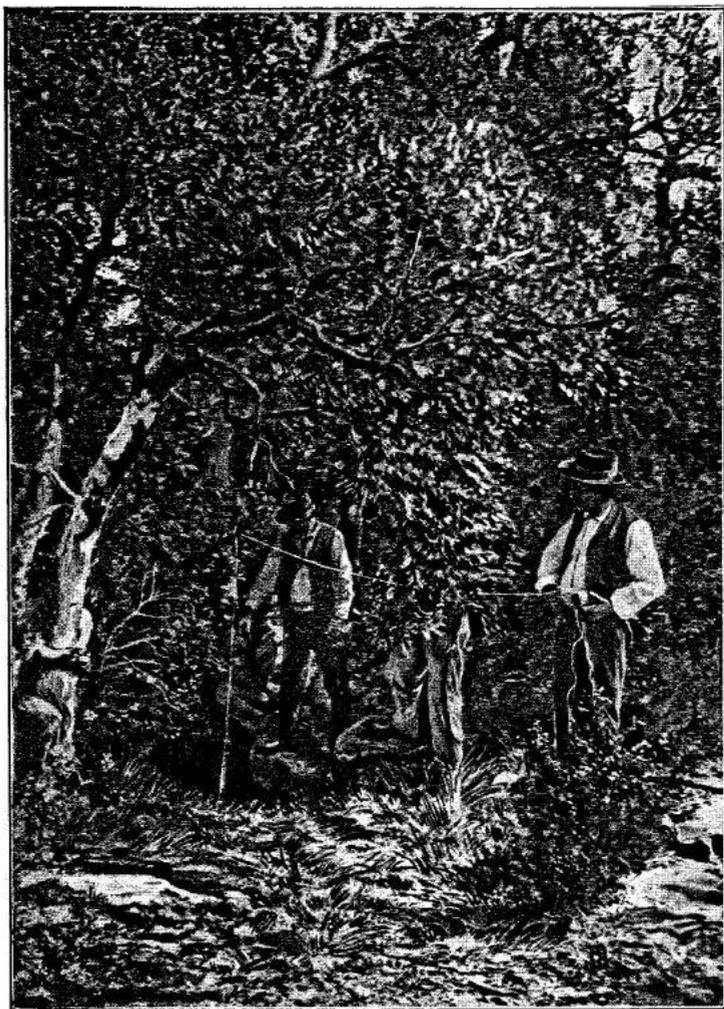
On sait depuis longtemps que le Ragas de Dardennes (à 6 km. nord de Toulon) est un gouffre à peu près vertical, profond de 59 m. (et non 70), mais émissif au lieu d'absorbant. C'est-à-dire qu'après les grandes pluies, l'eau souterraine, s'élevant, sous pression, jusqu'à l'orifice, s'en échappe en torrent furieux. Toujours il y eut de l'eau au fond (Temp. : 14° C.) (10).

Ce ragas s'ouvre vertical et triangulaire (haut de 10 à 15 m., large de 5 à 10 m.) dans une falaise pittoresque (alt. 149 m. 30).

Sa vaste gueule domine de 47 m. la Foux de Dardennes (102 m. 40), distante de 600 m. au sud-ouest. Le ragas était en somme une émergence temporaire verticale, expliquée par la disposition de strates calcaires redressées de 80° sur l'horizon, et entre lesquelles l'eau sous pression s'est foré une cheminée d'ascension. L'ogive d'entrée est toute tapissée de tuf calcaire stalagmitique et de morceaux de bois flotté, s'encastrant dans les interstices.

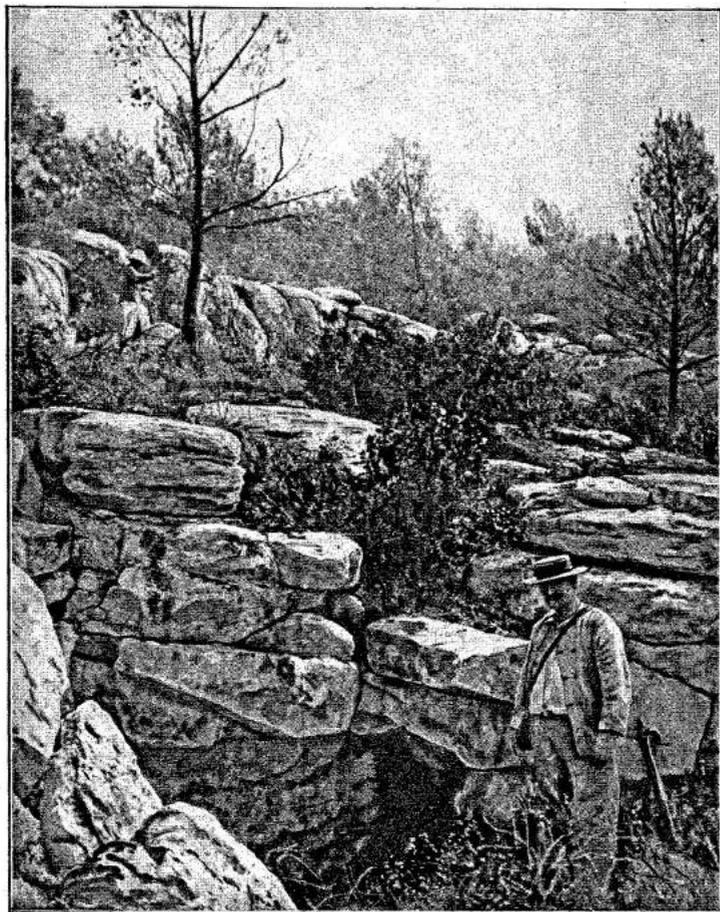
En 1879, l'eau du ragas avait été captée pour Toulon; mais l'extension de la ville et de la Seyne ayant augmenté leurs besoins en eau potable, on étudia et on mit ici à exécution un barrage haut de 36 m., qui a fourni de très intéressantes constatations scientifiques, mais n'a pas apporté complètement les résultats espérés (11).

De Toulon à Marseille, la Provence cache encore bien des mystères dans son sous-sol (12). C'est là que se trouve le plus grand des « bassins fermés » de Provence, celui de Cuges : dès 1509, on y agrandissait déjà des fentes absorbantes trop étroites; le dessèchement ne fut réalisé qu'au milieu du xvii^e siècle. En 1836, Bory de Saint-Vincent y signalait des puits d'engloutissement des eaux (13). On y connaît le gouffre de la Roque. En 1903, on est descendu à 80 m. dans le Ragagé (gouffre) d'Angeli, et à 40 m. dans un autre; leurs fonds seraient à désobstruer.



SONDAGE DU RAGAS DE LA GALÈRE.

Au nord de la chaîne de la Sainte-Baume (1 043 m. au Pic de Bretagne ou plutôt Bartagne), existent deux autres « bassins fermés » : celui de Saint-Cassien, alimentant, dit-on, la belle Foux (résurgence) de Nans; — et surtout celui du Plan d'Aups, submergé de novembre à mars. On y connaît le gouffre (absorbant 3 ruisseaux) de la Tourne (alt. 665 m., profond de 25 m.), qui doit correspondre à la source (résurgente) de l'Huveanne et à ses deux grottes de trop-plein (Trou des Moulins et Castelletto) (J. Gavet). Il y a aussi de petites



PETIT RAGAS DES OLIVIÈRES.

Tournettes; tandis que dans l'ouest du même bassin, d'autres embuts paraissent liés (par-dessous le Pic de Bartagne) aux multiples sorties d'eaux (le Fauge, le Gourg de l'Oule, la Tourne, etc.) du beau parc de Saint-Pons (est de Géménos). La Signe, a-t-on dit aussi, paraît en rapport avec le bassin fermé de la Limate (Var).

Au sommet même (994 m.) du Saint-Pilon de la Sainte-Baume, le Garagaï de Gaspard de Besse (20 m.) n'a pour les curieux qu'un intérêt très relatif (J. Gavet). Les eaux souterraines des mines de lignite de Fuveau-Gardanne ont fait l'objet d'un gigantesque travail de drainage souterrain (14).

Enfin, on sait quelle grosse énigme reste à résoudre presque au sommet de la montagne de Sainte-Victoire (1 011 m.), à 200 m. de distance de la Croix de Provence, au redoutable Garagaï (Callagaï ou Garaguaï) (gouffre), à double ouverture et arcade naturelle : après sa victoire des Campi Putridi (Pourrières, 102 ans av. J.-C.), Marius y aurait fait jeter 300 Cimbres et Teutons. Selon une autre légende, ceux-ci, après la défaite, y auraient précipité leurs trésors! D'après E. Fournier et J. Gavet, on y serait descendu à 36 m. en 1876 (MM. Bouche, Verdout et Jury) et, en avril 1902, à 100 m. (M. Thieux, sans trouver le fond). En août 1908, avec M. J. Gavet, j'en avais préparé une nouvelle explo-

ration : au dernier moment, il fallut renoncer, parce qu'une citerne, voisine du gouffre, et indispensable pour une caravane nombreuse (et de deux jours au moins) venait d'être crevée et vidée par une bande d'excursionnistes.... Cet obstacle n'avait pas été prévu! Bref, on ignore la vraie profondeur, et les abords du gouffre sont dangereux (15).

Les cavernes des environs de Marseille (Baume-Loubière, importante; grotte Monnard, traversée par l'aqueduc de Marseille; gouffres de la Gardiole et de Carpiagne, etc.), ont été étudiées par J. Gavet et E. Fournier (16).

Voilà le peu que l'on connaît de la « Provence souterraine » et l'indication sommaire de ce qu'il y reste à faire (17).

NOTES ET APPENDICES

(1) Le 19 juillet 1897, A. Janet n'hésita pas à y franchir, intrépidement, un siphon amorcé, en plongeant, sous la roche immergée, dans l'eau à 7°.5. Au delà, la caverne se prolongeait, mais le temps manqua pour poursuivre l'exploration de la rivière. Le peu qu'on en connaît confirme que le trajet des cours d'eau souterrains est complètement indépendant de celui des cours aériens qu'ils continuent. Le ruisseau de la grotte passe au-dessous et en travers du ruisseau de la surface, et la direction initiale est absolument opposée à la direction finale. Pendant longtemps on a cru que les eaux de Caussols réapparaissaient soit à la Foux de la ville de Grasse, soit aux Fontaines Saint-Jean, riveraines de la Slagne. Géologiquement, il y a plutôt des raisons de croire qu'elles ressortent au Foulon, près de Cipières (v. p. 76), à 7 km. de l'Embut et 500 m. plus bas (v. A. JANET, *Mém. Soc. Spéléol.*, n° 17, novembre 1898). — D'après A. GUÉBHARD (*Notes provenç.* n° 14, 1920, p. 15), le professeur L. Bertrand a expliqué les creux de Caussols, comme des affaissements locaux par dissolution souterraine : l'aspect interne de l'embut controuve cette opinion.

Un autre gouffre (Garagal du Bar), entre Grasse et Gourdon, près du chemin muletier, a été trouvé obstrué à 28 m. par J. Gavet.

(2) *Les Abîmes*, p. 422. — *La Spéléologie au XX^e siècle*, p. 150. On dit que le débit de la Foux de Saint-Cézaire varie de 150 à 20 000 l. par seconde. Sa grotte n'a que 100 m., de longueur. A peu de distance au nord-est (directions de Saint-Vallier), la carte au 100 000^e indique deux gouffres.

(3) V. A. GUÉBHARD, *Ponadieu*, Nice, 1896. — C. R. A. F. A. S., Grenoble, novembre 1904. — *Esquisse Géolog. de la commune de Mons*, Draguignan, 1897. — *Notes Provençales*, etc., etc. — G. GAUPILLAT, *Ann. A. C. F.*, janvier 1893. — *Les Abîmes*, p. 421. — Voir la notice nécrologique de Guébbard, par W. KILIAN, *Bull. Soc. Géolog.*, nos 7-8 de 1925.

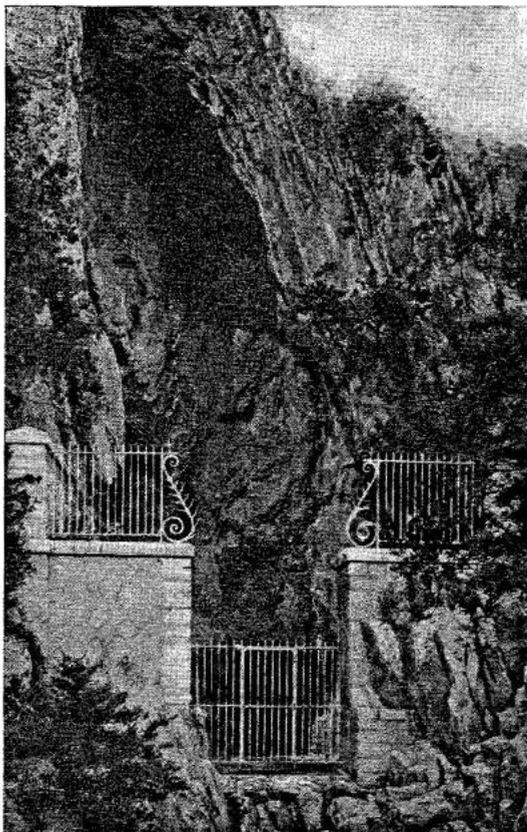
(4) En vérité, ce ne sont pas autre chose que des stalagmites extérieures : abondants à l'issue de presque toutes les rivières souterraines qui jaillissent en cascades (et même aux pieds et aux bords de toutes les chutes de cours d'eau chargés de carbonate de chaux), ils se forment dans les brusques dénivellations, où il y a à la fois sursaturation en carbonate de chaux et émiettement de l'eau en écume (Tivoli, près Rome; Jajce, Bosnie; Kerka, Dalmatie; Salles-la-Source, etc. V. *Évolution souterr.*, ch. v et N. T. *Eaux Souterr.*, chap. xxv). Très souvent ils construisent des bassins ou gours admirables, étagés en terrasses, particulièrement aux sources chaudes de Hiérapolis (Asie Mineure), du Yellowstone (E.-U.) qui comptent parmi les plus magnifiques spectacles du monde, d'Hammam-Meskoutine (Algérie), etc., etc. Le cavernement naturel des tufs et leur fissuration y facilitent les infiltrations qui peuvent y provoquer des éboulements dangereux (v. chap. xi, etc.). A la bibliothèque municipale de Draguignan se trouve un manuscrit (n° 139) anonyme (début du XIX^e s.) décrivant Sorps, les tufs de l'Argens, etc., la grotte de Mons-Saint-Cézaire, etc.

(V. de Villeneuve, *Géologie de la Provence*). — Citons les « sources » de Meyrannes, qui viennent des plateaux jurassiques entre Saint-Maximin et Rians (pied oriental de la Sainte-Victoire); des Bouillidou, à Traconade, près Jouques, qui drainent le nord de la même région (300 l. à 200 m³? ce dernier chiffre est *invraisemblable*); d'Arctiques, etc., etc. On a découvert une grotte au Cannet (Alp.-Mar.) en mai 1927.

A Favras, près Bargemon, Var (nord-est de Draguignan), dans une cuvette du sol, M. Paul Chargé a trouvé une curieuse grotte-avenc, avec un siphon servant de régulateur à une source distante (Bull., juin 1914, *Soc. études scientifi.*, Draguignan). — Pour les éboulements périodiques de la Clappe (nord-ouest de Draguignan) dus au gypse, v. *Eaux Souterr.*, p. 425 (en 1878 et 1919) et PANESCORSE, *Soc. scientifi. Draguignan*, 11 février 1878.

(5) Voici comment a dû se former la perte : autrefois l'Argens coulait au même niveau dans ses deux bras et le saut Saint-Michel n'existait pas. Le bras de droite (occidental) déposait le tuf ou passait par-dessus : un jour une fissure quelconque a permis à l'eau de commencer le creusement de la fosse du saut Saint-Michel; en aval, le tuf a fini par être perforé, d'abord à la grotte à stalagmites et à la Chapelle qui ont tout l'aspect d'anciennes déviations souterraines; ensuite au tunnel même.

Un ancien lit du second bras, qui le prolonge en aval, se termine par un front de cascade en tuf, large de 35 m., haut de 8 à 10, non encore entamé en arrière : le second bras a abandonné ce déversoir, dès que l'approfondissement du premier lui eut permis de le rejoindre latéralement, par les deux fissures aujourd'hui transformées



GRAND RAGAS DE DARDENNES.

en cascade. Ce tuf est « relativement ancien » (Zürcher, carte géolog. Draguignan). Mais son origine n'est pas établie.

(6) V. A. DELEBECQUE, *Les Lacs français*, Paris, Chamerot, 1898, et W. KILIAN, *Essai d'une monographie hydrologique des environs de Garéoult (Var)*, in *Bull. carte géologique*, n° 11, 1906, et *La Nature*, 2368, 16 août 1919.

(7) « Vraie cité démantelée », sur un développement de 5 km., avec « ruiformes » de 10 à 50 m. de hauteur (U. LEPAGE, *Revue de Provence*, Marseille, mars 1899).

Les terribles lapiaz se propagent bien au loin dans la contrée. On en trouve jusque au sud-est de Morières, autour des bas-fonds fermés de la Mort de Gautier (319 m. 1), de la Plaine des Selves (325 m.), etc., au nord du Coudon (702 m.). V. l'admirable description de ces redoutables parages par Claude Farrère, dans son roman de cauchemar : *La Maison des hommes vivants*; et surtout le passage où le héros du livre tue son cheval, qui s'est rompu les jambes dans les chausse-trapes des rascles abominables. En pareils terrains, l'aventure faillit m'arriver, notamment dans la forêt des Arbailles (Basses-Pyrénées) et au Caucase.

Comme grottes, il faut citer celle de « L'Homme Fer » sous le fort de Caoume. Elle possède de belles concrétions et peut-être des prolongements inconnus.



SITUATION DES ANCIENS CAPTAGES D'EAU DE TOULON.

jaillissaient après les pluies, à partir de la petite Foux de Dardennes (le plus bas, 96 m. 30), jusqu'à la gueule du Ragas (109 m. 30) : la Foux (cote 102,40), le Figuier (106,70), le Rabas (109,30), le Vallet des Roux (121), le Pin (133,40).

Les émissions du Ragas correspondaient donc à une surpression souterraine (après la pluie) d'au moins six atmosphères (90-149 m.). C'est pourquoi, d'après les reconnaissances et études géologiques des professeurs Vasseur et Kilian), M. Bernier, chef d'exploitation à Toulon de la Compagnie générale des eaux, projeta très ingénieusement d'emmagasiner, l'hiver, pour les distribuer l'été, les eaux surabondantes issues des exutoires de la vallée de Dardennes.

Il imagina, à cet effet, de les retenir par un réservoir d'un million et demi de mètres cubes, obtenu en fermant la vallée de Dardennes, sur 250 m. de longueur par un barrage haut de 36 m. (cotes 90-128 m.).

On comptait réaliser ainsi, par une sorte de serrement, une retenue considérable, un réel emmagasinement dans le sous-sol du Grand Cap, etc., dont on modifierait le régime hydraulique souterrain, avec une surface de bassin alimentaire évaluée (sans prévision possible), à 3 000 ha (7 km. de longueur sur 3 à 5 de largeur).

Seulement, conformément à la formelle erreur qui n'est pas encore déracinée (v. p. 57), on croyait à l'existence d'une nappe d'eau sous les plateaux d'amont. — *Il n'en est rien*. Et W. Kilian fut trop optimiste, en estimant que la retenue invisible serait au moins égale, sinon très supérieure, à la retenue visible du barrage.

Selon ces bases et ces prévisions, le barrage fut exécuté de 1909 à 1912.

Il était parfaitement et très logiquement conçu. Mais, comme il avait soulevé des objections au point de vue de la qualité hygiénique des eaux, des enquêtes furent prescrites en 1911 et j'en fus chargé par le ministère de l'Intérieur (avec le D^r E. Mosny, juillet 1911) et par le ministère de la Marine (avec commission spéciale, août 1912)

(9) Mais on ne peut pas l'affirmer, car les gouffres se trouvent dans des dolomies jurassiques, qui devraient être sous le néocomien imperméable du fond de bateau (synclinal) de Dardennes, mais que les accidents tectoniques ont relevés au-dessus. A l'est du Grand Cap, le bouleversement des failles et des recouvrements laisse tout cela fort énigmatique, au milieu de l'extrême complication géologique des environs de Toulon. V. les deux feuilles géologiques au 50 000^e (avec notices explicatives) de Toulon (1924) et La Clotat (1925), par MM. Haug, Michel Lévy, Lanquine, Maury, Lutaud, M^{lle} Pfender (Paris, Béranger), travaux remarquables. V. Ph. ZÜRCHER, *Bull. Soc. géol.*, 1926, p. 241.

(10) On notera ici une de ces confusions de dénomination populaire, qui introduisent tant d'indécision dans les nomenclatures géographiques. Le puits naturel de Dardennes est appelé ragas à cause de sa forme en gouffre vertical. Mais ce n'est pas un réel aven, puisqu'il rejette l'eau, au lieu de l'engloutir.

(Rappelons aussi que le journal *Le Phare du Littoral*, du 4 janvier 1898, a énoncé qu'on avait trouvé, à l'issue du Ragas, un crâne humain. Il nous a été impossible de savoir si cette assertion était exacte.)

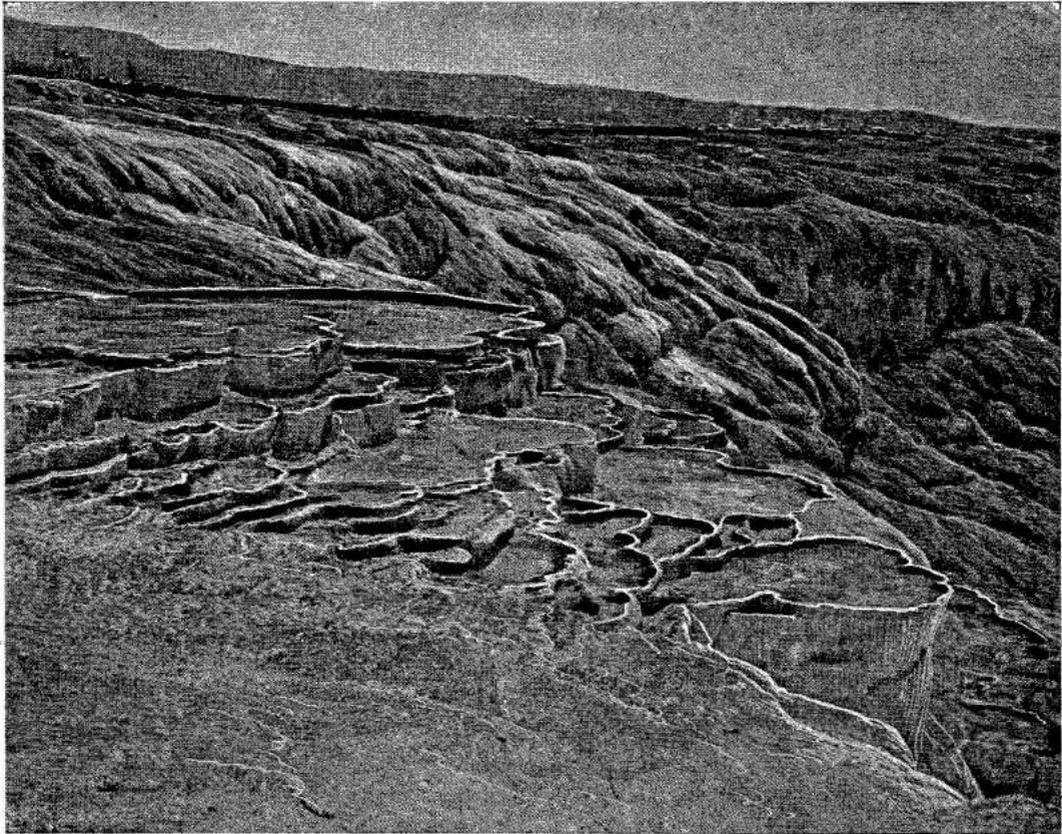
(11) Dès 1879, la ville de Toulon capta l'eau du fond du Ragas, à la cote 90 m. 55 par un souterrain de 90 m. en calcaires fissurés, caverneux, mais peu aquifères. Au bas du gouffre, le creusement fut arrêté par des terrains argileux tout imbibés d'eau.

Le débit du Ragas serait, dit-on, de 110 à 60 000 l. par seconde. On ne rencontra pas les « réserves d'eau considérables » dont on avait escompté l'existence.

A l'aval du Ragas, plusieurs exutoires échelonnés se mettaient successivement en charge et

(v. MOSNY et MARTEL, *Les eaux d'alimentation de Toulon et le barrage de Dardennes*, in *Revue d'Hygiène*, déc. 1912, 40 p. et fig. et *Eaux Souterr.*, p. 316).

Notre premier soin fut de signaler que les infiltrations du Grand Cap s'emmagasinent non pas en nappes, mais en innombrables tuyaux de descente, d'ordre plutôt vertical; et qu'elles aboutissent à des artères collectrices, communiquant plus ou moins ensemble (par anastomose) et se dégorgeant par les déversoirs échelonnés du synclinal en fond de bateau de Dardennes. On pouvait supposer que ces gouttières de descente demeureraient plus longtemps en charge (après les grandes pluies), même au-dessus de la cote 200, par suite de la contre-pression créée par la retenue du barrage. « L'eau y deviendrait statique, dans une certaine mesure ». Je croyais moi-même à une amélioration,



Nég. auteur.

Cl. « Nature ».

GOURS ÉTAGÉS SUR 100 M. DE HAUTEUR; TUFS DE HIÉRAPOLIS (PAMBOUK-KÉLESSI) A L'EST DE SMYRNE.

mais non à un succès complet : « Il se pourrait que le bassin finit par se vider dans la saison sèche... rien n'assure qu'en été les éruptions du Ragas et du Pin ne resteront pas plus de six semaines sans survenir ».

Le remplissage définitif de la retenue ayant été obtenu le 31 mars 1913, le déversoir et le trop-plein du barrage (après les pluies d'équinoxe) entrèrent en jeu et débitèrent jusqu'à 100 m³-s. (le maximum connu du Ragas n'ayant jamais dépassé 60 m³).

Cela s'est renouvelé depuis; mais le niveau baissait en temps de sécheresse : le tout prouvant une certaine régularisation souterraine, quoique bien imparfaite. Néanmoins, jusqu'en 1920, l'amélioration était satisfaisante. Seulement, après les sécheresses de 1921 et 1923, la retenue fut complètement à sec (je l'ai constaté moi-même le 20 octobre 1921) et la disette d'eau intense à Toulon.

On sait combien l'année 1921 fut désastreusement sèche : à Paris, juin et juillet ne reçurent, ensemble, que 5 millimètres de pluie, ce qui ne s'était pas produit depuis 1811. Et, pour toute l'année, il n'y eut que 278 mm., moins de la moitié de la moyenne normale. La sécheresse avait même commencé en août 1920 (v. A. ANGOR, *Académie d'Agriculture*, 21 février 1923).

Il est clair que les fissures-réservoirs de la Foux et du Ragas n'avaient pas été, cette année-là, suffisamment remplies par les infiltrations du massif du Grand Cap; et surtout que leur capacité de retenue était inférieure à ce que l'on supposait. Ainsi fut-il dûment prouvé qu'il n'y a, sous le Grand Cap, aucune de ces nappes d'eau escomptées par une théorie tout à fait caduque, qui a reçu ici son véritable coup de grâce. La constatation est formelle

et de la plus haute importance. Le barrage n'en a pas moins rendu déjà de grands services. Toutefois, Toulon, après avoir songé à capter en outre la source Bertoire (232 l.-s. le 10 août 1916), à Pignans (est de Carnoules), s'est décidé à prendre celle de Signes, résurgence qu'on stériliserait (Gapeau, à 20 km. au nord-ouest).

Au point de vue hygiénique, malheureusement, l'échec, à Dardennes, à été complet. On avait objecté que les eaux du barrage seraient polluées par les poussières de la vallée, les ruissellements (ou infiltrations) du village de Revest (à l'ouest), voire même par les bêtes mortes que les pâtres continuent à jeter dans les ragas du Grand Cap, de Morières, des Oliviers, etc.

En 1911, nous avons donc requis (avec peu d'illusions), douze mesures de précautions, prescrites par décision du ministère de l'Intérieur du 5 janvier 1912, en tant qu'elles étaient pratiquement exécutables. Ce qu'on put faire fut insuffisant.

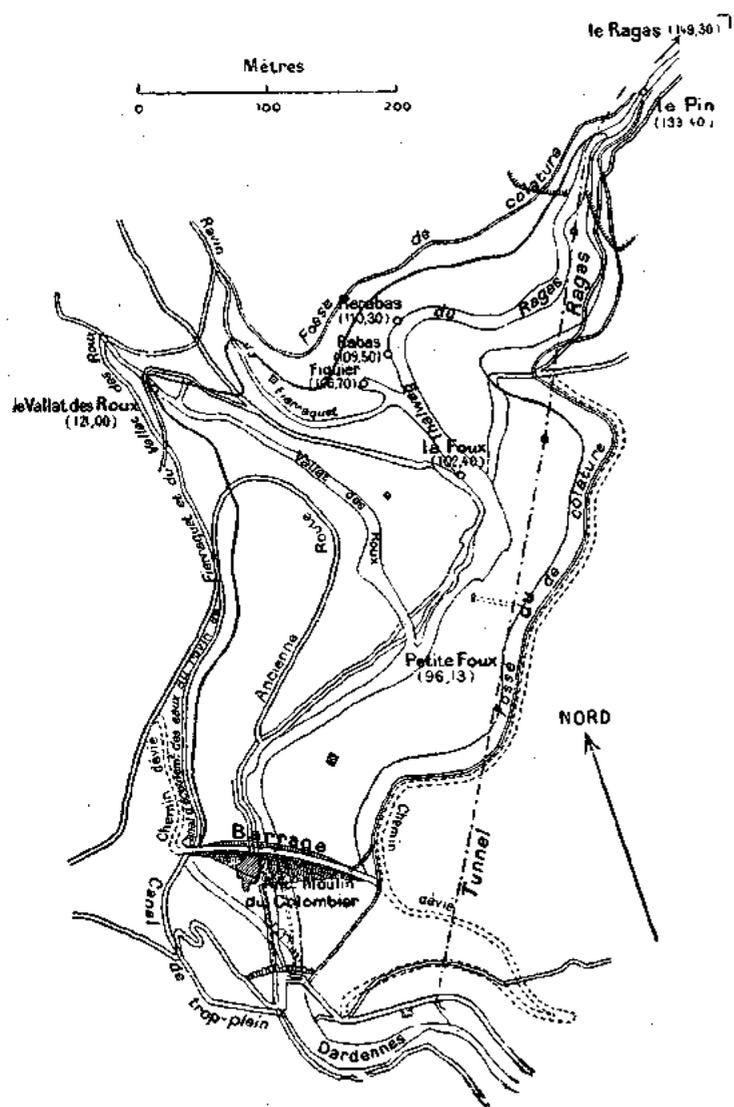
L'eau du barrage a constamment empiré : sa teneur en *Bacterium Coli* s'est élevée de 10 (en 1912) à 2 000 (en 1921). Des incendies de bois, derrière les Oliviers, ont réduit le feutre végétal, découvert de nouvelles fissures et provoqué des infiltrations nocives.

Le « fossé de colature » dont on avait entouré le bassin de retenue, fut inefficace contre les ruissellements lors des grandes pluies, qui le font déborder dans la retenue. D'août 1914 à juillet 1915, seize analyses sur 102 se révélèrent médiocres ou mauvaises. Si bien qu'actuellement la plupart des hygiénistes n'admettent plus la potabilité des eaux de barrages-réservoirs que sous des conditions d'isolement rarement réalisées (v. les travaux de Diérent, etc., et *La Nature*, 2113, 22 novembre 1913, 2728, 17 juillet 1926, etc.).

Dès le 15 octobre 1914, Toulon dut donc adopter le procédé Rouquette (javellisation par l'hypochlorithe de chaux) pour l'épuration de ses eaux. Ce parti s'imposait d'autant plus que, par suite de l'impartiaité régularisation souterraine du Ragas, on ne pouvait renoncer, lors des sécheresses, à l'emploi de l'eau dite : « source Saint-Antoine » (entre Toulon et Dardennes, à 4 km. du barrage).

Or, la suppression de celle-ci, « comme dangereuse pour la santé publique », était une de nos douze conditions (irréalisable) de 1911.

L'eau de Saint-Antoine est captée au fond d'une grotte naturelle de 150 m. de longueur, dirigée du sud-ouest au nord-est. Provenant des infiltrations des dolomies et des calcaires bathoniens du Faron, elle collecte certainement toutes les contaminations des vergers, très florissants, qui s'étendent sur les pentes au pied nord-ouest du fort Saint-Antoine. Des fumiers voisins s'y infiltrent. C'est le type accompli de la mauvaise résurgence du calcaire, constituant, grâce aux dimensions de sa galerie, un *égout* des plus évidents. Elle est certainement en relation



PLAN DU BARRAGE-RÉSÉROIR DE LA FOUX ET DES EXUTOIRES EN DESSOUS DU RAGAS.

avec le Trou du Diable du Faron, gouffre inexploré, où « l'on entend pendant quelques secondes des blocs de pierres rebondir, de parois en parois, dans des profondeurs effrayantes » (Renseignement de M. Bruna, 27 mars 1914). Un autre, le St Trou aurait été visité, en 1926; et, sur le flanc Est du Faron, la « source » de la Valette aurait un débit considérable (Renseignement de M. Chayet).

En résumé, l'expérience du barrage de Toulon ne saurait être regrettée : elle a été des plus instructives, tant au point de vue du problème des serremments d'eau dans le calcaire, qu'au point de vue hygiénique. Et elle a démontré de quelles applications pratiques et utilitaires sont susceptibles les recherches méthodiques et raisonnées dans les sous-sols calcaires.

(12) Ainsi, je n'ai jamais pu être sérieusement renseigné sur le gouffre de la Montagne des Oiseaux, à Hyères : des Anglais l'auraient exploré en 1898, 1900 et 1901 à plus de 75 m. de profondeur. On ne sait rien sur un

certain abîme de *Maramaye*, indiqué sur la carte au 80 000^e au nord-est du Beausset. Ses absorptions vont-elles à la résurgence de Signes (nord-est) ou au bassin fermé de Cuges?

(13) BORY de SAINT-VINCENT, *Relation du Voyage de Morée*, t. I, p. 43, Paris, 1836, signale aussi les « bassins fermés » d'Aubagne, Gémenos, Cuges, comme analogues à ceux du Péloponèse.

En 1926, M^{lle} J. PFENDER a publié un fort intéressant mémoire sur les *Bassins fermés de la Basse-Provence* (*C. R. du Congrès des Soc. Sav. à Paris en 1925*; in-8°, 14 p., Paris, I. N. et *Journ. Off.*, 16 août 1925, p. 3815). En s'aidant des récents levés détaillés au 10 000^e exécutés pour les *plans directeurs* (v. p. 84) et la carte géologique, elle a relevé beaucoup de particularités nouvelles.

Elle souscrit au nom générique que j'ai proposé de *Phénomènes du calcaire*, au lieu de « phénomènes du Karst ». Elle a souligné tout l'intérêt de la « haute surface » de la dalle urgonienne du Grand-Cap derrière Toulon, toute



HAMEAU DES OLIVIÈRES SUSCEPTIBLE DE CONTAMINER LA FOIX DE DARDENNES.

« criblée de trous; la carte au 10 000^e n'en indique pas moins de quarante et un, de 20 m. à 300 m. de diamètre. Tous les ravins sont à sec; la région n'est plus drainée que souterrainement; région désertique, impressionnante à parcourir », avec son point le plus bas à 621 m. 50.

Selon M^{lle} J. Pfender, les bassins fermés de la Basse-Provence seraient indépendants des dislocations et de l'âge des terrains. — Ils dépendent soit de la lithologie des calcaires, soit de leur relation avec le réseau hydrographique ancien de vallées disparues, par voie d'absorptions souterraines, après réductions de leurs écoulements et abaissements de leurs niveaux successifs (bassins en chapelet). On devine combien m'est agréable cette double reconnaissance du rôle de la lithologie d'une part (v. p. 38), et des anciennes vallées, réduites, puis absorbées, d'autre part (v. J. REPELIN, *Encyclop. des Bouches-du-Rhône*, 1914, t. XII, p. 157, et t. XV. — *Monogr. géolog. de la Sainte-Baume*, 1922).

(14) Tunnel d'épuisement (galerie de la mer ou de la Madrague) de 14 859 mètres de longueur (20 000 m. avec le prolongement de Trets). Projet de Villot et Biver, exécuté par MM. Domage et Long, de 1886 à 1906. — (*V. Eaux Souterr.*, p. 387 et 392 et *Spéleol.*, xx^e s., p. 466). — L'origine et la circulation des eaux souterraines rencontrées, et qui causent tant de préjudices aux exploitations ne sont pas encore bien expliquées: elles ont donné lieu à une polémique entre Marcel Bertrand et E. Fournier sur toute la tectonique provençale. — Retenons seulement que M. Villot et Marcel Bertrand les croient « assimilables à un cours d'eau souterrain ». — Leur dérivation a réussi à Gardanne, mais à l'est, dans la région de l'Arc, « on n'a pas pu triompher des eaux » (DE LAUNAY, *Géol. et Minér.*, 1922, p. 333).

JARLIER, *Venues d'eau dans le bassin de Fuveau* (*Ann. Mines*, 11^e et 12^e fasc. de 1925, important mémoire).

Rappelons pour mémoire qu'aux *C. R. Ac. des Scie.* du 31 octobre 1836, Arago consigna une légende narrée par un sieur Daniel, et selon laquelle un fouet de berger et de la paille jetés au Garagai auraient reparu à... la Fon-

taine de Vaucluse. — Bien plus proche est la *résurgence* de Saint-Antonin. — Jean LAPLACE, *Quelques coins peu connus du Var* (Bull. Sect. Provence; C. A. F., 1923).

(16) Pour plus de détails, v. E. FOURNIER, *Cavernes des environs de Marseille* (Spél., mém. n° 9, juin 1917, et *Spéléolog.*, xx^e siècle (162-155). Recherches de J. Gavet, A. Janet, A. Guébbard, etc.

(17) L'application de la *théorie des charriages* à la tectonique de la Basse-Provence a suscité les considérables travaux de Marcel Bertrand, W. Kilian, E. Haug, Guébbard, E. Fournier, Lanquine, Michel Lévy, Maury, Lutaud, M^{lle} Pfender, etc., dont la bibliographie seule remplirait des pages (v. p. 88). Le tout a été synthétisé par E. HAUG dans *Les nappes de charriage de la Basse-Provence*, 1^{re} partie : *La Région toulonnaise* (Mém. explic. carte géolog., France, 1925, 304 p., 8 pl.).

Rappelons seulement les deux mémoires fondamentaux de Marcel Bertrand : *La grande nappe de recouvrement de la Basse Provence* (Bull. carte géolog., n° 68, 1898-99), et *Refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre* (1890), publié en 1908 seulement par l'Académie des Sciences.



Nég. auteur.

Cl. C. A. F.

FISSURATION DES PORPHYRES DE L'ESTÉREL (v. p. 95).
OBÉLISQUE DU PIGEONNIER.