

HYDROGÉOLOGIE DES ILES DE LERINS (ALPES MARITIMES)

G. PALAUSI

L'Archipel de LERINS, situé entre l'Esterel et le cap d'ANTIBES, comprend une dizaine d'îles dont deux principales, l'île Sainte MARGUERITE (250 ha) et l'île Saint HONORAT (37 ha).

Alors que la première, la plus grande et la plus proche de la côte, ne possède pas de ressources en eau, à part quelques citernes alimentées par les pluies, on observe dans la seconde un puits creusé dans le calcaire, qui donne en permanence une quantité importante d'eau relativement douce.

Cette particularité a toujours beaucoup frappé les esprits⁽¹⁾, et a été une des raisons matérielles du développement, depuis le V^e Siècle, de la célèbre abbaye de Saint HONORAT.

Il était intéressant d'étudier de près cette venue d'eau. J'ai beaucoup utilisé la documentation ou les archives de l'Abbaye et de nombreux Services (Mairie, Eaux et Forêts, Ponts et Chaussées, Elevage, Agriculture, Compagnie des eaux de CANNES, Météorologie, Centre régional E. D. F. etc.), que je suis heureux de pouvoir remercier ici.

I - CONSIDERATIONS DE SITUATION ET DE DEBIT.

Le puits de l'île Saint HONORAT se trouve à peu près au centre de l'île, près de la limite nord de l'enceinte de l'Abbaye. Il a été creusé dans les calcaires hettangiens qui forment l'essentiel des îles de LERINS. Sa coupe est la suivante :

de 0,00 à 0,50 m. Formation de surface plus ou moins remaniée provenant en grande partie de l'altération in situ des calcaires, donnant une argile de décalcification jaune rougeâtre à rognons de calcaire, et un peu de terre végétale.

de 0,50 à 7,00 m. Calcaires durs plus ou moins dolomitiques, à grain très fin, absolument imperméables, légèrement diaclasés et fissurés. La stratification y est imprécise, mais il est probable que l'on se trouve sur le flanc nord de l'anticlinal E-O allant de la pointe de LO FORMAS au sud de la pointe de Saint FERREOL.

L'eau arrive à la base du puits par cinq chenaux naturels de 15 à 20 cm² de section, de forme allongée, semblables à des fentes dans le rocher, disposés irrégulièrement autour du fond du puits. La température de l'eau est relativement constante tout au long de l'année, et se maintient autour de 15°C.

Si la pompe qui équipe le puits est arrêtée, le niveau statique de l'eau se stabilise assez rapidement à 70 cm au-dessus du fond du puits. Il correspond à peu près au zéro N.G.F.

On remarque que cette cote d'équilibre varie suivant le niveau de la mer. Si celui-ci monte pendant un coup de vent de Labech (vent violent du S-O), ou descend à l'occasion du passage d'une haute pression barométrique de beau temps, des variations analogues se font sentir dans le puits, et le niveau de l'eau suit, avec un retard de plusieurs heures et une amplitude moindre, les variations du niveau de la mer. Par ailleurs on observe d'une manière générale deux périodes où les eaux sont basses : en Février (équinoxe) et en Août.

(1) Cf. V. BARRALIS (1613). Chronologie de LERINS : "Aspice, ut rigido e marmore rivi surgant, et salso dulcis gurgite vena fluat".

Si la pompe est en marche, le niveau d'eau dans le puits se stabilise alors à une cote inférieure à celle de son niveau statique moyen, soit environ 25 cm au-dessus du fond du puits pour un débit d'aspiration continu (plusieurs heures) de 3.000 litres/heure. Pour un débit de 5.000 l/h, le puits se vide complètement en 20 minutes environ, et la pompe ne débite plus que l'eau qui arrive par les ouvertures de la base du puits, soit 3.600 l/h. On constate alors que l'eau, au bout de plusieurs heures, présente un goût légèrement saumâtre.

Je n'ai pas eu l'occasion de faire des études de débit plus poussées. Actuellement, une conduite amène l'eau douce de CANNES aux îles, et l'eau du puits de LERINS, (qui, d'après quelques vieux habitants, se sale un peu plus d'année en année) n'est plus utilisée que pour l'arrosage.

Voyons maintenant ce que l'on peut dire de l'eau météorique utilisable dans l'île :

La pluviométrie annuelle donne, pour 10 ans, une moyenne de 929 mm. Le régime des précipitations est discontinu ; on a pu, par exemple, observer en 1961 une pluie de 120 mm en 24 heures, venant après trois mois de sécheresse. L'évaporation annuelle est supérieure à la précipitation.

Le régime intermittent des chutes de pluie rend difficile l'établissement d'un bilan hydraulique précis. Supposons que l'eau tombe sur un terrain sec, c'est-à-dire ne contenant pas d'eau de percolation. On peut d'autant plus facilement l'admettre qu'il n'existe pas aux îles de débit de base (il n'y a ni écoulement ni ruissellement), c'est-à-dire que la pluie tombe toujours sur un terrain non saturé. Il existe par contre en permanence une eau de rétention dans les argiles (eau pelliculaire et eau capillaire) pouvant dépasser 30 % du volume. Le sol végétal de l'île a une épaisseur de 0 à 1 m, au-dessus des calcaires. Il est essentiellement constitué par des argiles de décalcification et de la terre végétale : c'est un sol de granulométrie hétérogène et de porosité faible. Celle-ci correspond au maximum à 15 % d'eau de percolation récupérable. Par ailleurs, on peut estimer que la capacité d'infiltration dans un tel sol correspond à une vitesse de 10 mm/h.

La première eau qui tombe est immédiatement absorbée par la végétation, jusqu'à une hauteur de 5 à 10 mm suivant la nature du manteau végétal. Pour les zones forestières, ce chiffre est beaucoup plus fort.

A ce moment là seulement, il y a possibilité d'infiltration.

A partir d'un seuil de saturation de la couche superficielle, qui correspond aux 15 % de porosité, la couche superficielle du sol est saturée et on observe un ruissellement. De nombreuses mesures sur place, en particulier par l'agent des Eaux et Forêts de l'île Sainte MARGUERITE, montre que ce ruissellement commence à partir de 24 mm de précipitation pour les zones non forestières.

Au-delà de 24 mm, toute l'eau tombée ruisselle.

Dès la fin de l'averse, l'eau infiltrée est en partie ou en totalité reprise par l'évapotranspiration.

En définitive, il reste donc fort peu d'eau susceptible d'alimenter une nappe aquifère.

Il faut toutefois distinguer le cas d'une pluie de longue durée. Si la pluviométrie est inférieure à 30 mm par jour, et que la pluie dure plusieurs jours, on ne remarque pas de ruissellement : toute l'eau s'infiltré, car la saturation a le temps de se poursuivre en profondeur. C'est dans ce dernier cas seulement, relativement peu fréquent sous ce climat, que l'on peut envisager une percolation profonde.

En tenant compte de ce mode particulier d'alimentation, et en faisant le bilan approché de l'eau qui peut s'infiltrer de manière durable, on en arrive à la conclusion que 10 % environ de l'eau météorique peuvent s'infiltrer. Ce chiffre est d'ailleurs un maximum, car il suppose par ailleurs que l'épaisseur de terre végétale ou d'argile est suffisante pour que l'infiltration soit non seulement possible mais encore utilisable en profondeur, ce qui n'est pas toujours le cas.

Ce chiffre de 10 % est admis pour l'Afrique du Nord.

Voyons d'une manière plus précise ce qui se passe à l'île Saint HONORAT :

Les 37 ha de superficie se décomposent en 6 ha de côte rocheuse de bord de mer, 16 ha de bois, et 15 ha de cultures et prés.

L'eau qui tombe sur les roches de la côte s'évapore immédiatement ou ruisselle dans la mer. Celle qui tombe sur les bois et taillis assez touffus de l'île, et sous lesquels se trouve une épaisse couche d'herbe et de terre végétale, est entièrement utilisée par la végétation. D'une manière générale, on admet que, sur une pluviométrie annuelle de 700 mm, il y en a 350 qui n'arrivent pas

au sol et sont instantanément récupérés par la forêt. Seule l'eau qui tombe sur les cultures peut s'infiltrer, car le sol est meuble et la végétation peu importante.

Admettons que pour une pluviométrie annuelle de 1 m il y ait une infiltration possible de 10 % sur les 15 ha de cultures (au centre de l'île).

Cela correspond à une quantité d'eau infiltrée de :

$$15 \times 10.000 \times 0,1 = 15.000 \text{ m}^3/\text{an}$$

soit

$$\frac{15.000}{365 \times 24} = 1,7 \text{ m}^3/\text{heure}$$

Même en admettant, ce qui est matériellement impossible, que toute l'eau infiltrée soit récupérée par le puits de l'île, qui débite 3 m³/heure, on voit donc qu'il ne tombe pas assez d'eau sur l'île pour alimenter ce puits.

Cette eau vient donc d'ailleurs.

II - CONSIDERATIONS CHIMIQUES.

Monsieur le Professeur M. ARNOUX, de la Faculté de Médecine et Pharmacie, a eu l'obligeance de faire l'analyse de l'eau du puits de Saint HONORAT.

On connaît par ailleurs assez bien la composition chimique de l'eau de mer dans la région (Travaux du C.R.E.O., du C.E.R.B.O.M., et de l'Institut Océanographique de MONACO).

Enfin, la Société Lyonnaise des Eaux de CANNES m'a laissé prendre connaissance d'une centaine d'analyses d'eaux provenant de la région, principalement de la vallée de la Siagne.

Une comparaison entre ces analyses est instructive : reportés sur le diagramme ci-joint (représentation logarithmique type SCHOELLER - BERKALOFF) les résultats suggèrent les conclusions suivantes :

1/ Tout d'abord il est remarquable de voir que toutes les analyses d'eaux de la vallée de la Siagne se trouvent représentées dans un domaine assez restreint. Pour un même ion, les teneurs s'éloignent au maximum de 35 % de la valeur moyenne, calculée sur une centaine d'analyses.

Il y a toutefois une exception pour les ions SO₄ et, dans une moindre mesure Ca. La raison en est qu'une certaine partie des eaux, dans la vallée de la Siagne provient du ruissellement sur la rive gauche de la vallée, dont le substratum est principalement composé d'argiles gypseuses triasiques. Certaines eaux des puits de la rive gauche sont très chargées en SO₄Ca, et une analyse dans la Mourachone, affluent de la Siagne, a même donné 278 mg SO₄/l, soit une teneur égale au dixième de celle de l'eau de mer.

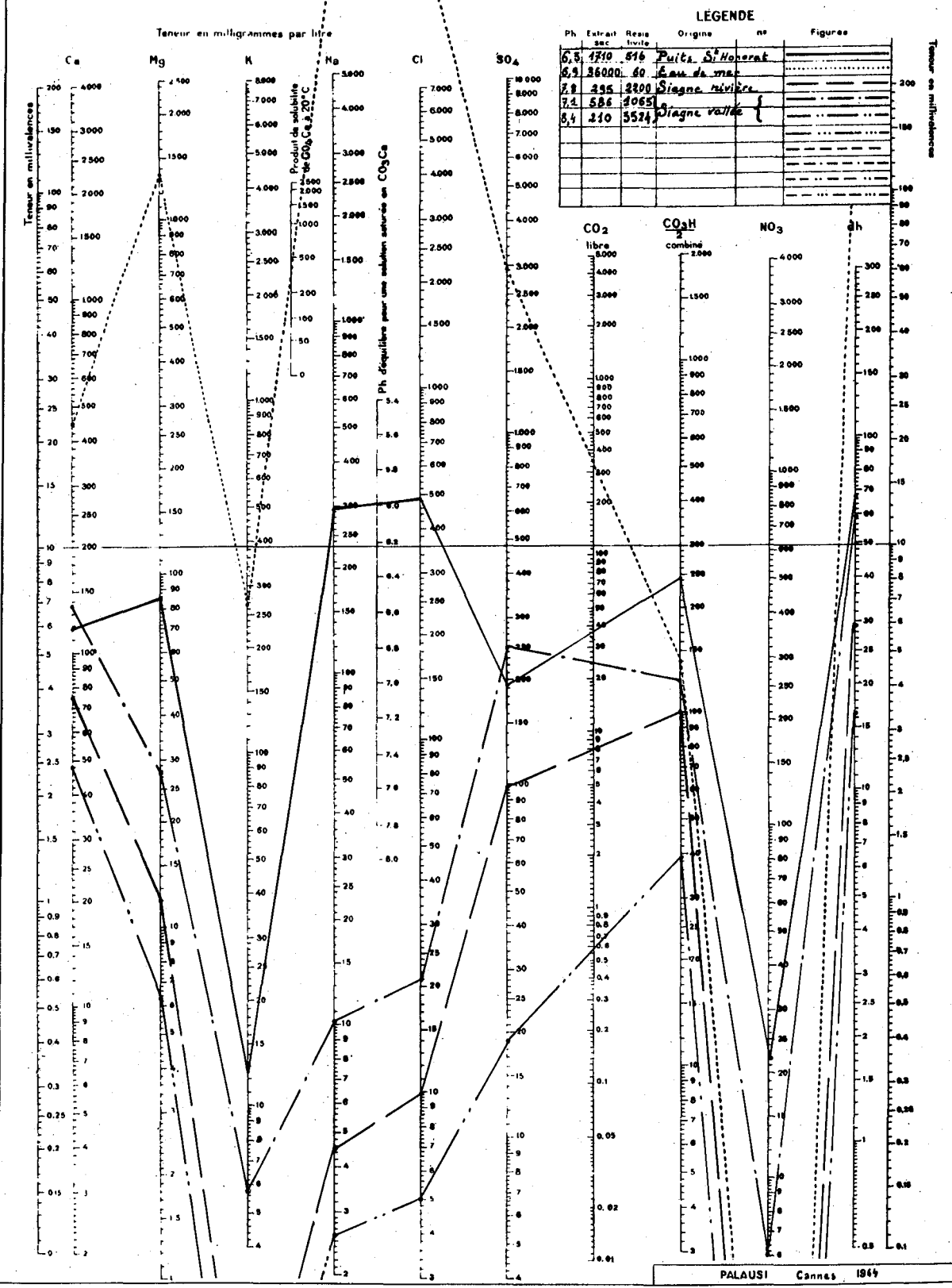
2/ On remarquera également que les teneurs moyennes en ions de l'eau de la Siagne correspondent, à très peu près, aux teneurs moyennes de toutes les eaux de la vallée. Cela tient à ce qu'il y a trois alimentations différentes qui se compensent :

- a) L'alimentation souterraine, prédominante, comme nous le verrons plus loin.
- b) L'eau de pluie qui ruisselle sur la rive gauche et se charge en sels par dissolution des terrains triasiques gypseux.
- c) L'eau de pluie qui ruisselle sur la rive droite, peu chargée en sels car elle ruisselle sur le massif de TANNERON, gneissique, imperméable et insoluble.

En traçant le graphique, on constate en effet que les diagrammes des eaux des puits de rive gauche se placent au-dessus du diagramme de la Siagne, alors que les diagrammes des eaux des puits de la rive droite se placent au-dessous.

3/ Par ailleurs, les deux diagrammes de l'eau de mer et du puits de Saint HONORAT sont très semblables. On pourrait appliquer la loi de NERNST pour montrer la relation qui existe entre ces eaux, mais il est beaucoup plus intéressant de supposer que l'eau de Saint HONORAT est un mélange d'eau de mer et d'eau de la Siagne : si, pour chaque ion, on calcule les pourcentages de

DIAGRAMME LOGARITHMIQUE



l'eau de mer et de l'eau de Siagne que l'on devrait mélanger pour obtenir l'eau de Saint HONORAT, on constate que ce pourcentage est pratiquement constant pour tous les ions. Il oscille entre :

94 % d'eau de Siagne et 6 % d'eau de mer,
et
97 % d'eau de Siagne et 3 % d'eau de mer.

Des pourcentages analogues (95 % et 5 %) sont trouvés en ce qui concerne les résidus secs, les duretés hydrotimétriques et les résistivités.

Seuls le Ph, la teneur en NO_3 et celle en CO_3 donnent des résultats un peu différents, mais on peut l'expliquer en faisant remarquer que le Ph est ici en grande partie une donnée biologique dont la variation est relativement indépendante des pourcentages chimiques, et que le NO_3 est probablement dû à une pollution locale. Quant à CO_3 , sa teneur est en général constante, et correspond à un équilibre chimique déterminé par la quantité de gaz carbonique dissous dans l'eau, qui est peu affectée par les variations de concentration.

4/ Une remarque est à ajouter en ce qui concerne le Ph. En utilisant le graphique HOOVER établi à partir de la formule de LANGELEIER, la détermination du Ph théorique de saturation, pour chaque eau, montre que celui-ci est toujours supérieur au Ph vrai mesuré lors de la prise d'échantillon. Autrement dit, ces eaux sont toutes agressives.

5/ Cette agressivité de l'eau se traduit par une mise en solution des terrains solubles rencontrés le long du trajet, alluvions comprises.

Il s'ensuit que les rapports caractéristiques $r(\text{SO}_4/\text{Cl})$ et $r(\text{Mg}/\text{Ca})$ devraient tendre, le premier à diminuer, le deuxième à augmenter.

En prenant l'eau de la Siagne au pont de PEGOMAS, et l'eau de Saint HONORAT, on a les valeurs suivantes :

Eau de Siagne : $r(\text{SO}_4/\text{Cl}) = 10$ Eau de Saint HONORAT : $r(\text{SO}_4/\text{Cl}) = 0,4$

Le rapport diminue.

Eau de Siagne : $r(\text{Mg}/\text{Ca}) = 0,16$ Eau de Saint HONORAT : $r(\text{Mg}/\text{Ca}) = 0,66$

Le rapport augmente.

On notera que ce rapport est peu influencé par l'eau de mer, pour laquelle on a : $r(\text{SO}_4/\text{Cl}) = 0,14$ et $r(\text{Mg}/\text{Ca}) = 0,31$. Les 5 % d'eau de mer admissibles dans le mélange sont insuffisants pour expliquer cette variation.

On voit donc que la variation des rapports caractéristiques va bien dans le sens prévu, ce qui confirme l'origine continentale de l'eau de Saint HONORAT.

6/ Enfin, la température de l'eau dans le puits est sensiblement constante, ce qui est encore la caractéristique d'une eau dont l'origine est lointaine.

Nous pourrions donc admettre que l'eau du puits de Saint HONORAT peut être un mélange d'une eau provenant du continent, et d'un peu d'eau de mer.

III - CONSIDERATIONS GEOLOGIQUES.

Voyons maintenant si cette origine est possible.

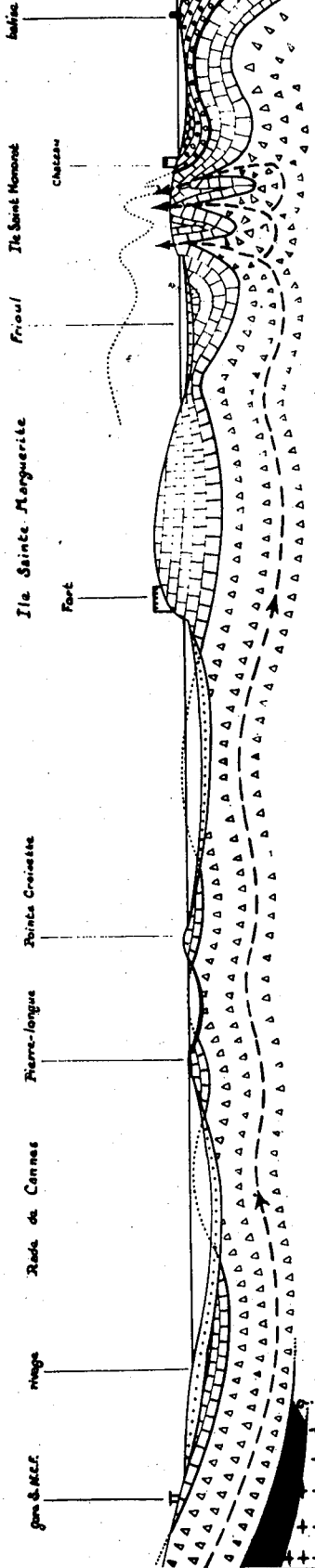
L'étude géologique détaillée des îles de LERINS (cf le Bull. 35) permet de tracer la coupe géologique jointe. Cette coupe, dirigée NNO-SSE passe par la gare S.N.C.F. de CANNES, l'îlot de Sainte MARGUERITE, le Château de Saint HONORAT et la balise des Moines.








La simple mesure des pendages le long de cette coupe montre que le jurassique inférieur, très peu ondulé sur le continent et dans l'île Sainte MARGUERITE, se présente au contraire comme très plissé, redressé et fracturé à Saint HONORAT. De telles solutions de continuité constituent pour la circulation karstique, qui est de règle dans les Alpes Maritimes, des exutoires possibles pour les nappes d'interstices.

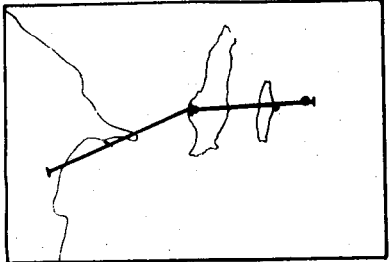
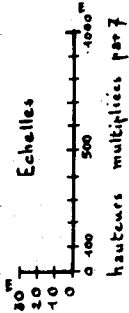
COUPE GÉOLOGIQUE ENTRE CANNES ET LES ILES DE LERINS (A.M.)

S.S.E.

M.N.O.



-  Sable quaternaire
-  Jurassique moyen
-  Lias (Mettangien)
-  Trias indifférencié
-  Permien pélobique
-  Gneiss de Cannes
-  Trajet possible de l'eau



En effet, indépendamment des travaux de nombreux auteurs, il suffit, pour se convaincre de la réalité et de l'importance de la circulation karstique, dans la région, de faire les trois remarques suivantes :

1/ Conditions d'infiltration.

Certains niveaux du Jurassique calcaire, peu dolomitiques, particulièrement fissurés et solubles, présentent de très nombreux entonnoirs de dissolution ou dolines. On compte environ 700 dolines presque jointives dans la région de CAUSSOLS, affectant plus particulièrement le portlandien. Le paysage présente un aspect alvéolé très visible sur photographies aériennes.

Dans un même ordre d'idées, il existe plusieurs bassins fermés dans le nord des Alpes Maritimes, en particulier à ESCRAGNOLLES, CAILLE, ANDON, et au nord du massif de l'AUDIBERGUE. L'eau météorique s'infiltré chaque fois dans des gouffres.

2/ Conditions de circulation.

Les essais de coloration effectués par la fluoresceine par le Club MARTEL de CANNES (groupe spéléologique des A. M. du Club Alpin Français) ont montré l'extrême complexité du réseau aquifère souterrain.

En guise de résumé provisoire de ces travaux, indiquons schématiquement que l'eau infiltrée dans le massif de l'AUDIBERGUE ressort près des sources du Loup, que celle du bassin ferme de CAILLE ressort, selon le gouffre étudié, tantôt dans un affluent de rive droite de la Siagne, tantôt dans l'ensemble du système de la Siagne et de ses affluents, etc.. Bref, on a plusieurs nappes d'interstices situées à des altitudes différentes, superposées, dans l'ensemble du massif des préalpes provençales.

Les vitesses de circulation de l'eau varient de 190 à 250 m/jour, ce qui est assez curieusement constant, bien qu'un peu rapide, mais conforme à des observations analogues, pour des rapports : $\frac{\text{dénivellée}}{\text{distance}}$ compris entre 1/5 et 1/20.

Tout ceci n'est d'ailleurs qu'approximatif, car les chiffres supposent des trajets souterrains restilignes et des vitesses d'écoulement constantes, ce qui est loin d'être le cas.

3/ Conditions de résurgence.

Les mesures de débit effectuées par l'Electricité de France (Section Alpes 3) dans différents bassins versants ont donné des résultats très intéressants. Ainsi, par exemple, dans le bassin versant de la Siagne, on trouve pour l'année 1961 un coefficient de ruissellement supérieur à 1, ce qui est assez extraordinaire, et semble montrer qu'il coule davantage d'eau dans la rivière qu'il n'en tombe dans le bassin versant sous forme de pluie. Cela ne s'explique qu'en admettant un appoint important d'eau souterraine ayant une origine lointaine, extérieure au bassin versant. Effectivement, la source de la Siagne est typiquement vaclusienne, dans des calcaire de l'infra-lias (les mêmes qu'aux fles de LERINS), avec un débit de résurgence total qui, à l'étage, est nettement supérieur à 5 m³/seconde.

Des sources semblables existent dans les mêmes conditions géologiques. On pourrait donc les trouver, non seulement dans toute la vallée de la Siagne, mais encore dans le prolongement sous-marin de formations analogues.

CONCLUSION.

Ainsi, après avoir montré que l'eau du puits de l'île Saint HONORAT ne peut pas venir des précipitations atmosphériques, qu'elle a la même composition chimique que l'eau du continent, et que le régime karstique important de la région se prête à une circulation souterraine lointaine, je pense que l'on peut conclure à une alimentation certaine du puits de Saint HONORAT à partir d'une eau infiltrée dans les niveaux jurassiques du continent, circulant dans les niveaux de base du Secondaire.

La question reste alors de savoir si cette résurgence est la seule. Ce sera l'objet de l'étude suivante.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME (1961, 1962, 1963) - Bulletin de la Commission Météorologique départementale. MEYER-BEER, NICE.
- ANONYME (1961, 1962, 1963) - Relevé de débit des rivières des A. M. et de leur bassin versant. Rapports E. D. F., EH A III, NICE.
- CHOCHON N. (1963) - Sur les dernières colorations effectuées dans les A. M. Bull. F.F. Spéol., 4^e Série, T. III, 3^e année, n° 4.
- CORROY G. (1963) - Etude géologique d'un projet d'adduction d'eau complémentaire en vallée de la Siagne. Inédit : Archiv. Services Techniques ville de CANNES.
- DUBREUIL P., TOUCHEBOEUF de LUSSIGNY P. (1961) - Influence de la saturation du sol sur le ruissellement superficiel. Inter African Conf. on hydrogeology ; Pub. n° 66 de C.C.T.A.
- GEZE B. (1957) - Caractères des circulations karstiques d'après les récentes colorations à la fluoresceine effectuées en France. C.R. Som. Soc. Géol. France, p. 351.
- PALAUSI G. (1964) - Esquisse tectonique et structurale des Iles de LERINS. Rec. Trav. St. Marine ENDOUME, Bull. 35.
- SCHOELLER H. (1935) - Sur la concentration des sels dissous dans les eaux souterraines. C.R. Congrès ERFOUD du C.E.E.S., RABAT.