

GEOSTOCK

Tour Aurore
Cedex n° 5
92080 - Paris Défense

CONFIDENTIEL

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

par

B. DELLERY - CH. GLINTZBOECKEL



BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional PROVENCE-CORSE

Domaine de Luminy - Route Léon Lachamp

13009 MARSEILLE - Tel (91) 41-26-04 et 41-24-46

73 SGN 400 PRC

Marseille Novembre 1973

R E S U M E



A la demande de la Société GEOSTOCK, le B.R.G.M. a été chargé d'une étude structurale et hydrogéologique de la mine de Saint Pierre et de son environnement, en vue d'utiliser les cavités et les galeries existantes, comme site de stockage souterrain de produits pétroliers.

L'étude géologique a permis :

- de mettre en évidence que le bassin de Saint Pierre correspond à un bassin d'effondrement,
- d'établir, d'après les sondages (58 au total) que la formation gypseuse est effondrée et recouvertes par des formations continentales détritiques en discordance,
- d'établir des documents de synthèse, à l'échelle 1/5.000 (carte structurale du toit du gypse, carte d'isopaques des terrains de couverture, coupes géologiques, etc...) permettant d'ébaucher une interprétation de la genèse du bassin.

L'étude hydrogéologique a montré l'étanchéité du gypse, ce qui explique les faibles venues d'eau en mine.

Dans le secteur "puits Espanet - S. 102", néanmoins la nappe superficielle s'infiltré dans les travaux miniers.

Les infiltrations qui sont constatées, s'écoulent d'étages en étages, en se saturant comme tend à le prouver les analyses chimiques.

Aucune venue d'eau profonde n'a été constatée à l'intérieur de la mine.

Si le stockage dans les travaux miniers est envisagé, en l'absence de forages situés de part et d'autre du gisement pour reconnaître les nappes profondes, en vue d'éventuelles infiltrations, le système de stockage à niveau variable est à déconseiller afin d'éviter un "claquage" des terrains encaissants et par la même un envahissement possible de la mine par les eaux profondes ou superficielles.

S O M M A I R E



Résumé		2
1	- INTRODUCTION	7
	11 - Localisation et but de l'étude	
	12 - Consistance des travaux	
2	- GEOLOGIE	9
	21 - Rappel des travaux et études antérieures	
	22 - Cadre géologique	10
	221 - Lithostratigraphie	11
	22.11 - Formations superficielles	
	22.12 - Miocène	
	22.13 - Oligocène	
	22.14 - Substratum	12
	22.15 - Les corrélations	
	222 - Chronostratigraphie	13
	223 - Interprétation structurale	
	224 - Interprétation sédimentologique et tectonique	14
3	- HYDROGEOLOGIE	16
	31 - Surface piézométrique de la nappe superficielle	
	32 - Nappe profonde	17
	33 - Exhaure de la mine	19
	34 - Débit d'exhaure	
	35 - Venues d'eau dans la mine	
	36 - Analyse des venues d'eau dans chaque étage	20

361 - Etage -25	20
362 - Etage -36	
363 - Etages -48 -54	
364 - Etages -70 -76	21
365 - Etage -93	
37 - Relations entre étages	
371 - Secteur quartier des Platrières	22
372 - Secteur Usine	
373 - Secteur Est	
38 - Relations avec la nappe superficielle et la nappe profonde	23
381 - Relations avec la nappe superficielle	
382 - Venues d'eau profondes issues des terrains encaissants	
383 - Analyses chimiques	24
39 - Conclusions	
4 - CONCLUSIONS GENERALES	26
Bibliographie	28

L I S T E D E S A N N E X E S



- 1 - Plan de situation de l'étude. Echelle 1/50.000.
- 2 - Plan de situation de l'exploitation et des sondages.
Carte des formations superficielles. Echelle 1/5.000.
- 3 - Essai decarte structurale du toit de la formation gypseuse.
Echelle 1/5.000.
- 4 - Essai de carte en isopaques des formations de recouvrement de
la série gypseuse. Echelle 1/5.000.
- 5 - Carte de la nature des sédiments recouvrant la série gypseuse.
Echelle 1/5.000.
- 6 - Coupe structurale à travers le bassin de Saint Pierre les
Martigues. Echelle 1/5.000.
- 7 - Carte isopiézométriques de la nappe superficielle.
Echelle 1/5.000.
- 8 - Temps de pompage de la pompe d'exhaure.
- 9 - Venues d'eau dans les différents étages. Echelle 1/1.000.
- 10 - Diagramme d'analyse d'eau.
- 11 - Liste des sondages réalisés dans le bassin de Saint Pierre.
- 12 - Fiche signalitique de quelques données de sondages.
- 13 - Répertoire des puits de la nappe superficielle.

I N T R O D U C T I O N



11 - LOCALISATION ET BUT DE L'ETUDE (f. annexe 1)

En vue d'utiliser les cavités et les galeries d'exploitation du gypse de la mine de Saint-Pierre-les-Martigues (Bouches du Rhône), pour en faire un site de stockage souterrain de produits pétroliers, la société GEOSTOCK a demandé au B.R.G.M. de procéder à une étude géologique structurale et hydrogéologique du site et de son environnement proche. Pour sa part la Société GEOSTOCK s'est chargée de l'étude géologique proprement dite de la mine.

Cette étude a été confiée au B.R.G.M. en date du 4 septembre 1973; ses résultats font l'objet du présent rapport.

12 - CONSISTANCE DES TRAVAUX

Aucune reconnaissance par sondages ne pouvant être exécutée avant de prendre la décision de retenir ou non le site pour faire du stockage souterrain, l'étude a consisté :

- à recenser et à rassembler les études antérieures,
- à replacer la mine dans son contexte géologique, à partir des 58 sondages exécutés par les Plâtrières de France et d'une visite rapide de la mine,
- à inventorier les 72 puits forés dans la nappe superficielle,
- à niveler les puits situés à proximité de la mine,

- à étudier toutes les venues d'eau des différents étages de la mine (écoulement, flaque, gouttes), au cours de visites détaillées de celle-ci,
- à effectuer des analyses de l'eau de la nappe superficielle et des eaux de la mine,
- à établir des documents de synthèse tant géologique qu'hydrogéologique, permettant ainsi à la Société GEOSTOCK de juger de l'opportunité de transformer la mine en site de stockage souterrain.

G. E O L O G I E



21 - RAPPEL DES TRAVAUX ET ETUDES ANTERIEURES

MATHERON a signalé pour la première fois en 1842 la présence d'Oligocène (Rupélien) ou d'Eocène supérieur (?) dans la région de Saint Pierre; peu après, FONTANNES (1881) fournit une coupe de la vallée de Saint Pierre et REPELIN (1890) effectua les mêmes observations et attribua la série au Lattorfien (base de l'Oligocène).

Ces auteurs ont décrit une formation de calcaires feuilletés et de calcaires marneux surmontés d'une série de gypse saccharoïde dont l'épaisseur globale avait été estimée à 60 m.

F. CATZIGRAS rappela et synthétisa les données sur le bassin de Saint Pierre en 1953.

Ces résultats, très sommaires, n'ont (depuis) pas été complétés ni précisés, malgré de très importants travaux qui y furent réalisés.

Citons en particulier, l'exploitation du gypse par puits et galeries souterraines (-25 à -95 m) ainsi que les nombreux forages de reconnaissance (58 au total) qui ont été effectués entre 1932 et 1973 (cf annexes 2 et 12).

22 - CADRE GEOLOGIQUE

Le bassin oligocène de Saint Pierre est situé dans la partie occidentale de la chaîne de la Nerthe à environ 3,5 km au Sud de Martigues, 2 km au SE de Lavéra et à 4 km environ au Nord de la localité dite "La Couronne" (cf. annexe 1).

Le bassin est couvert dans sa majorité par des formations superficielles et localement par des petits pointements de Miocène dont le plus important est celui sur lequel est édifié le village de Saint Pierre (cf. annexe 2).

L'Oligocène affleure "naturellement" d'une manière sporadique mais a été mis à découvert lors de fouilles et recherches effectuées par les "Platrières de France" qui assurent l'exploitation d'une formation gypseuse par galeries souterraines.

Le bassin oligocène de Saint Pierre correspond à un fossé d'effondrement, d'axe Est-Ouest (d'une longueur approximative de 5 km que l'on peut relier vers l'Est aux fossés d'Ensuès et du Rove qui jalonnent approximativement l'axe de la chaîne de la Nerthe.

Au Nord et au Sud du bassin, affleure le Crétacé inférieur (Aptien, Urgonien, Hauterivien et Valanginien) affecté d'accidents (faille des Ventrons).

De petits témoins d'Oligocène calcaire sont conservés sur le flanc sud de la structure crétacé (La Gatasse).

Le pendage du Crétacé inférieur, tant au Nord qu'au Sud du bassin, est orienté vers le Nord.

221 - Lithostratigraphie (description des formations)

22.11 - Formations superficielles (cf. annexes 5 et 12)

Elles n'ont pas toujours été explicitement différenciées dans les sondages et de ce fait il est difficile d'avoir une connaissance exacte de leur nature et de leur épaisseur.

Dans les zones reconnues par sondage, situées en dehors des alluvions du ruisseau, il n'existe pas de formations alluviales à proprement parler; les formations superficielles sont généralement peu épaisses (1 à 2 m) et se confondent rapidement avec la série marneuse sous-jacente. En fait, la couverture est constituée plutôt d'une formation d'altération et de remaniement des marnes oligocènes sous-jacentes.

Seul le sondage n° 11 semble débiter dans une formation sableuse d'une vingtaine de mètres d'épaisseur.

22.12 - Miocène

Le Miocène est constitué de molasses calcaires et d'une alternance de sables et de marnes; il est discordant sur l'Oligocène sous-jacent et son épaisseur est de l'ordre de 20 m dans la région de Saint Pierre.

22.13 - Oligocène (cf. annexe 6)

Dans la partie sud du bassin, l'Oligocène peut se diviser en trois formations (du haut vers le bas):

- Formation continentale :

Cette formation est essentiellement marneuse (marnes blanches ou grises, ou jaunes) et conglomératique (conglomérat généralement peu cimenté pouvant passer à des marnes à rognons de calcaires ou de silex).

Son épaisseur est très variable (de 10 à 170 m).

- Formation lagunaire :

Elle est principalement constituée de gypse saccharoïde (généralement beige ou brun clair) en bancs assez réguliers de 30 à 50 cm de puissance et bien stratifiés; l'ensemble gypseux d'apparence massive, admet quelques passées de marnes généralement rouges au sommet et vertes à la base ainsi qu'exceptionnellement des niveaux sableux (sondages n° 1, 2 et 16) pouvant avoir jusqu'à 10 m de puissance; des inclusions de silex dans le gypse ne sont pas exceptionnelles. L'épaisseur de la formation est au maximum de l'ordre de 100 m.

- Formation lacustre :

Peu épaisse, cette formation qui se situe à la base de l'Oligocène est généralement tectonisée et broyée; elle est constituée de calcaires feuilletés, de calcaires marneux et de marnes vertes parfois gypseuses et fluantes.

- Dans la partie nord du bassin, l'Oligocène est très détritique et des niveaux sableux s'intercalent dans la série constituée de marnes plus ou moins sableuses qui reposent directement sur le substratum crétacé.

22.14 - Substratum (cf. annexe 12)

Quatre forages seulement ont touché le Crétacé sous-jacent au bassin Oligocène (sondages n° 13, 14, 15 bis et 110 (?)); dans ces forages le substratum est constitué de calcaires urgoniens et de marnes aptiennes (S.14).

22.15 - Les corrélations

On peut établir de bonnes corrélations entre les grands ensembles, mais dans le détail l'interprétation s'avère plus délicate; ⁽¹⁾ les couches ou niveaux peu épais sont probablement lenticulaires et des variations latérales de faciès peuvent être observées; celles-ci sont par ailleurs évidentes entre le Nord et le Sud du bassin. Les corrélations

(1) - Avertissement : l'étude géologique a été réalisée à partir de documents qui nous ont été remis par les "Platrières de France"; en l'absence d'une étude détaillée des échantillons, nous émettons une prudente réserve sur la valeur de ces documents.

Le bassin est affecté par des failles orientées selon une direction Nord-Sud; celles-ci délimitent quatre compartiments :

- un compartiment situé à l'Ouest du méridien de Saint Pierre : le pendage général de la formation gypseuse y est très accusé vers le Nord.
- un compartiment localisé entre Saint Pierre et le lieu-dit "La Tour", dans lequel le pendage de la formation gypseuse semble inversé (vers le Nord).
- deux compartiments à l'Est de "La Tour" à pendage nord moins accusé que le premier pour la formation gypseuse.

Les isopaques de la formation oligocène continentale de recouvrement mettent en évidence les zones où la formation gypseuse est peu profonde (10 m) ainsi que l'épaississement progressif de cette formation vers le Nord (sauf dans le compartiment central précité).

Le substratum, bien qu'ayant été atteint par 4 forages seulement, constitue une surface irrégulière (fond de bassin) probablement affecté par des failles.

224 - Interprétation sédimentologique et tectonique

Le bassin oligocène de Saint Pierre est affecté d'une tectonique d'affaissement et de glissement dont l'une des phases importantes se situe peu après le dépôt de la formation à gypse. La tectonique est de style cassant et détermine des compartiments effondrés séparés par des failles de direction Nord-Sud. L'axe du bassin est probablement affecté également par une faille d'orientation Est-Ouest (entre les sondages n° 13 et 14).

Les glissements sont, par contre, liés d'une part à la tectonique et, d'autre part à la présence d'argiles verdâtres et de marnes gypseuses (matériau très plastique) localisées à la base de la série oligocène; l'Aptien marneux sous-jacent à l'Oligocène a pu jouer le rôle de surface de décollement.

Si l'on veut essayer de reconstituer très sommairement l'histoire du bassin oligocène de Saint Pierre, il faut souligner les phases principales suivantes :

- dépôts lacustres de marnes, de calcaires feuilletés puis de marnes gypseuses dans un petit bassin constitué lors de la phase d'érosion (du Crétacé à l'Eocène supérieur)
- dépôts de gypses et de marnes (les sulfates peuvent avoir comme origine le lessivage d'une zone triasique).
- phase d'instabilité tectonique.
- effondrement du bassin entraînant la déformation de l'édifice. L'Oligocène inférieur (marnes, calcaires feuilletés et gypses) prend une pente vers le Nord, tandis que le fond du bassin se casse et se cisaille. Le glissement des formations s'effectue vers le fond du bassin. A noter que des témoins d'Oligocène se trouvent dans la partie crétacée située au Sud du bassin ce qui prouverait son effondrement vers le Nord.
- le bassin s'agrandit du fait de l'effondrement, créant ainsi un appel de venues torrentielles entraînant le dépôt de matériaux grossiers (conglomérats) provenant de l'arasement des falaises voisines ou des rives du bassin (brèches d'écroulement). Ces dépôts sont en nette discordance sur la formation gypseuse pentée sous-jacente..
- le comblement se poursuit avec des dépôts de plus en plus fins (marnes) tandis que le fond du bassin entame une phase de réajustement.

H Y D R O G E O L O G I E



31 - SURFACE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE SUPERFICIELLE (voir annexes 7 et 13)

L'inventaire des points d'eau (puits) de la région de Saint Pierre-les-Martigues a permis d'établir la surface piézométrique de la nappe superficielle; celle-ci se situe toujours à faible profondeur dans les formations superficielles précitées. Les courbes isopiézométriques qui ont pu être établies, montrent tout d'abord que cette nappe est drainée suivant deux directions (Est et Ouest) comme on peut le voir sur la carte de l'annexe 7.

Le secteur Est ne faisant pas l'objet de cette étude, seul le secteur Ouest sera ici analysé.

L'allure des courbes isopiézométriques montre un drainage général vers l'Ouest, confirmé par l'augmentation du débit du ruisseau au fur et à mesure que l'on se dirige dans cette direction; c'est ainsi qu'au point d'intersection du CD 49 et du ruisseau, le débit était de l'ordre de 1,4 l/s; à un point intermédiaire, il était de 2,3 l/s et à environ 100 m en amont du croisement avec la ligne de chemin de fer, le débit atteignait 3,2 l/s. Ce jaugeage simultané montre donc bien le rôle drainant du ruisseau, en liaison directe avec la nappe.

L'étude des courbes piézométriques établies à partir d'un nivellement précis dans la zone de la mine, montrent également en dehors de ce drainage, trois points singuliers :

- au Sud-Est, une indentation et un recul des courbes isopièzes, imputables à un pompage effectué dans le puits n° 3. Ce puits, non étanche au niveau des terrains superficiels, draine la nappe en profondeur vers la mine (on y entend des chutes d'eau). Les eaux sont reprises par une pompe et refoulées à l'extérieur.
- un recul des courbes à proximité de Saint Pierre (à l'Est) au voisinage des puits 25 et 50; ceci est peut-être dû à une infiltration des eaux de la nappe vers la mine.
- enfin, une fermeture des courbes à l'Ouest de Saint Pierre; celle-ci est due au niveau enregistré dans le puits 61 (ancien puits de retour d'air effondré, en correspondance avec les travaux miniers) et indique une infiltration de la nappe superficielle vers la mine.

La butte de Saint Pierre constitue un écran à l'écoulement de la nappe superficielle.

32 - NAPPE PROFONDE

Les sondages exécutés pour la reconnaissance du gisement de gypse en profondeur sont tous rebouchés. Lors de la foration, 4 sondages cependant avaient rencontrés des niveaux aquifères à grande profondeur, au vu des coupes établies lors de leur fonçage.

L'étude des sondages a permis de dégager quelques données hydrogéologiques :

L'Oligocène

- La formation continentale

Cette formation marneuse et conglomératique dans le Sud du bassin et détritique dans sa partie centrale (le Nord du bassin ne nous est pas connu).

La série marneuse et conglomératique est peu perméable et aucune venue d'eau n'a été signalée dans les sondages qui l'ont recoupée. Or dans la zone où la formation gypseuse est proche du sol, celle-ci est généralement couverte par cette série (essentiellement marneuse).

Au Nord du gisement par contre, la formation continentale est très détritique (sables, marnes sableuses) et plusieurs niveaux sont aquifères. Dans le sondage n° 13, des venues d'eau ont été signalées et le niveau hydrostatique se situait (lors du forage) à + 5 NGF.

- La formation lagunaire

Le gypse, lorsqu'il est sain constitue un matériau imperméable. Dans la mine, la formation gypseuse se prête à une bonne observation; la formation n'est pas massive mais se présente en bancs, dont les joints ne sont pas toujours très réguliers; des infiltrations à la faveur de ces joints sont toutefois très exceptionnelles.

Mais des lits ou niveaux marneux peuvent s'intercaler dans la série gypseuse ainsi que plus rarement, des niveaux sableux dont la puissance peut atteindre 10 m (sondages n° 1, 2 et 16); ces niveaux sont très probablement lenticulaires et des venues d'eau y ont été signalées.

La masse essentielle de la formation gypseuse ne semble pas être fracturée, sauf à l'approche des failles (une perte d'eau a été signalée dans le sondage n° 8). La perméabilité du gypse est donc liée essentiellement à sa fracturation.

- Formation lacustre

Cette formation est calcaire et marneuse; elle est souvent broyée et peut ainsi favoriser les infiltrations de l'eau; toutefois aucune venue n'a été signalée au cours des sondages qui l'ont recoupée.

33 - EXHAURE DE LA MINE

L'exhaure de la mine se fait pour chaque étage à partir de pompes qui refoulent vers l'étage -25. L'ensemble est repris pour être refoulé en surface dans un conduit étanche sur le terre plein de la mine. Les eaux circulent ensuite dans un petit canal à l'air libre qui se jette dans le ruisseau. Ce canal est surélevé par rapport au terrain environnant aucune infiltration n'est donc possible.

34 - DEBIT D'EXHAURE

Le débit d'exhaure de la mine est intermittent. Il est réglé par un système de flotteurs qui déclenchent automatiquement la mise en route de la pompe.

Un jaugeage des débits d'exhaure a permis de déterminer exactement le débit de la pompe qui est égal à 15 l/s soit 54 m³/h. Afin de cerner le temps de marche de cette pompe, un limnigraphe enregistreur a été posé dans un petit puisard creusé à côté du canal.

Le graphique (voir annexe 8) indique les heures de pompage pendant une durée d'un mois environ, soit du 2/11 au 26/11 inclus. Le temps de marche de la pompe pendant cette période a été de 28 h 00 de pompage, soit un débit d'exhaure de 1512 m³ ou 60 m³/jour, ce qui représente un débit moyen en mine de l'ordre de 0,7 l/s.

35 - VENUES D'EAU DANS LA MINE (voir annexe 9)

Un recensement systématique de toutes les venues d'eau dans la mine pour chaque niveau a été effectué durant 2 semaines.

Dans chaque étage, les venues d'eau, la présence de gouttes au plafond, les eaux stagnantes, ont fait l'objet d'un relevé systématique, étage par étage. L'ensemble a été reporté sur la carte de l'annexe 9 et a permis ainsi d'étudier les relations d'une part entre chaque niveau, d'autre part avec la nappe superficielle.

Si l'étage -14 est sec, les autres étages et plus particulièrement l'étage -36 montre quelques venues d'eau.

36 - ANALYSE DES VENUES D'EAU DANS CHAQUE ETAGE

361 - Etage -25

Cet étage présente 3 secteurs aquifères.

- 1 - Le premier sous le quartier des plâtrières, à l'Ouest.
- 2 - Le second aux environs de la zone effondrée centrale où est figurée la présence d'eau sur les plans de mine (l'effondrement résulte probablement de l'action de l'eau et de la proximité d'une zone de "brouillagé". Cette présence est confirmée encore maintenant par l'apparition de nombreuses gouttes en voûte des galeries qui se situent de part et d'autre de cette zone effondrée.
- 3 - Le troisième à l'Est (en bordure du chemin départemental) où la présence de flaques d'eau en radier des galeries confirme une venue d'eau diffuse. Quelques venues particulières sont également à signaler au Nord et à l'Ouest de l'usine, avec des débits de l'ordre de 0,04 l/s, ainsi que près du sondage 102 mal remblayé.

362 - Etage -36

Cet étage est celui où la présence d'eau est la plus marquée: à l'Ouest quelques gouttelettes en voûte et près du puits Ardisson à l'Est, quelques gouttelettes en voûte et au mur de la formation.

Dans toute la zone centrale, lors de la prospection, il n'a pas été rare de rencontrer des hauteurs d'eau de 20 à 30 cm en radier de même de nombreuses gouttelettes d'eau ont été répertoriées en voûte, près du puits Espanet et d'un sondage situé à côté des pompes de reprise.

363 - Etages -48 -54

La prospection de cet étage a montré : à l'Ouest sous le quartier des plâtrières et au mur de la formation, des hauteurs d'eau de 40 cm en radier ainsi que quelques gouttelettes en voûte. Toujours dans le même

secteur, mais au toit de la formation, une venue d'eau de l'ordre de 0,015 l/s a été constatée. Le reste de l'étage est relativement sec; aucun suintement d'eau n'a été répertorié, si ce n'est que quelques flaques en radier des galeries, pouvant atteindre cependant 25 cm d'épaisseur à l'Est.

364 - Etages -70 -76

La reconnaissance des galeries de cet étage a montré que le secteur Ouest était plus aquifère que le secteur Est.

La présence d'eau stagnante en radier des galeries Ouest est visible surtout au mur de la formation. Quelques petites venues d'eau ont été répertoriées près d'une cheminée et d'un percement avec l'étage supérieur. Ailleurs, quelques flaques existent en bout de galerie, au mur de la formation gypseuse.

365 - Etage -93

Cet étage est presque totalement sec; néanmoins quelques flaques d'eau ont été constatées dans la partie exploitée à l'Ouest, principalement au droit du secteur Nord et Est de l'usine et à la faveur d'un percement avec l'étage supérieur.

37 - RELATIONS ENTRE ETAGES

L'étude de ces relations est basée a priori sur un pendage Nord des couches. De même pour la compréhension du lecteur, nous avons divisé le secteur de la mine, qui va du quartier des plâtrières à Saint Pierre les Martigues, en 3 secteurs: (secteur quartier des Plâtrières - secteur usine - secteur Est).

371 - Secteur quartier des Plâtrières

Les galeries ont été exécutées à (-25), (-48), (-54) et à (-70) (-76). La zone aquifère à (-25) est bien circonscrite et ne s'écoule pas vers (-48). A (-48), l'eau rencontrée au mur peut s'écouler vers (-70). Cette liaison est corroborée chaque fois que des cheminées ou des percements verticaux entre étages sont réalisés.

372 - Secteur Usine

Les galeries ont été exécutées à (-25), à (-36), à (-48), (-54) à l'Est à (-70), (-76) et à (-93).

A (-25), 8 venues d'eau sont localisées, l'une (au toit de la formation) peut être en relation avec la présence de flaques à (-36). L'étage (-48) (-54) est sec, sauf à l'Est et là il y a intercommunication entre (-36) et (-54). L'étage (-70) reçoit de l'eau par les cheminées, quelques flaques rencontrées pouvant être en liaison avec (-93).

373 - Secteur Est

La zone effondrée du (-25), les nombreuses venues d'eau qui avaient été constatées avant l'effondrement et l'existence des gouttelettes en voûte du côté du mur de la formation (ou tout au moins dans la zone de broyage) sont à mettre en relation avec les venues constatées à l'étage (-36), qui est de loin le plus aquifère. Aucune liaison entre les étages (-36) et (-48) (-54) n'est visible, ce qui tend à prouver l'étanchéité du gypse dans sa formation, sauf à l'aplomb d'un sentier figurant sur la carte en surface. Ailleurs aucune liaison n'existe.

38 - RELATIONS AVEC LA NAPPE SUPERFICIELLE ET LA NAPPE PROFONDE

381 - Relations avec la nappe superficielle

Dans la zone étudiée, les alluvions sont peu épaisses et essentiellement marneuses donc peu perméables (sauf le sondage S11 très sableux), un seul secteur est en relation avec les eaux superficielles. Il se situe à l'Est de l'Usine. Le puits Espanet effondré à la base et un sondage (102), mettent probablement en relation les eaux de la nappe et les galeries à (-25) et (-36), comme tendent à l'indiquer les courbes isopiézométriques qui se ferment au droit de ce secteur. Ailleurs ces relations existent, notamment au puits 3, mais ce secteur ne rentre pas dans l'emprise GEOSTOCK.

382 - Venues d'eau profondes issues des terrains encaissants

L'étude structurale a montré que la formation située au Nord du gisement était constituée par des séries détritiques (sables, poudingues, marnes sableuses) dans lesquels des niveaux aquifères avaient été découverts lors du forage des sondages (S 13). Au Sud, la série est franchement marneuse et peu perméable. Ce bassin est également tectonisé. Il est affecté de failles méridiennes qui le subdivisent en compartiments. Au Nord et au Sud, il est limité par de grands accidents. De plus les terrains encaissants sont calcaires et drainés naturellement vers la mer par des karsts vraisemblablement. De part sa nature, le gypse est imperméable. La visite de la mine a montré qu'il se présentait sous la forme de bancs massifs, peu fracturés et qu'en profondeur aucune venue d'eau n'était constatée. En l'absence de sondages de reconnaissance situés tant au Nord, qu'au Sud, il est difficile de déterminer la position des aquifères et d'envisager des venues d'eau dans la masse gypseuse si le percement de la gangue n'a pas lieu. On peut penser également que l'on se trouve à l'abri de grosses venues d'eau, les failles EW et NS servant d'écran imperméable pour individualiser ce bassin et drainer les eaux profondes de part et d'autre de celui ci.

383 - Analyses chimiques (cf. annexe 10)

Les différentes analyses effectuées dans la nappe superficielle au puits 28 et aux étages (-25), (-76) et (-93) montrent que les eaux sont toutes du type "sulfate calcique".

L'analyse du puits 28 (nappe superficielle) montre une forte proportion de sulfates; ceci est à mettre en relation directe avec les affleurements voisins de gypse. Le prélèvement ne doit donc pas être considéré comme représentatif de la nappe superficielle.

Les résultats des analyses chimiques de chaque étage, figurés sur le diagramme de l'annexe n° 10, montrent que l'on assiste à une saturation des eaux qui va en augmentant au fur et à mesure qu'elles sont d'origine plus profonde. Tous les ions augmentent, sauf pour les bicarbonates, les chlorures et les nitrates, ce qui implique une dissolution progressive des formations gypseuses.

Reste à expliquer la teneur anormale de sodium et de nitrates à (-93). Bien que peu de venues d'eau profondes aient été constatées à cet étage, doivent-elles être mises en relation avec des eaux profondes ou plutôt avec une retombée des poussières de tir de mines dans les eaux stagnantes. Nous pensons que l'augmentation du sodium et des nitrates est due plutôt à la deuxième hypothèse. Au vu de ce graphique, on peut assurer que les eaux atmosphériques et les eaux de la nappe superficielle, en s'infiltrant, se chargent en éléments dissous.

39 - CONCLUSIONS

Au vu des résultats fournis par cette étude, on peut tirer les conclusions suivantes :

- la nappe superficielle située dans les formations de recouvrement est suspendue "peu épaisse"; tributaire essentiellement de la pluviométrie, son débit d'écoulement est faible; le ruisseau qui la draine a donné un débit de 3,2 l/s.

- le débit d'exhaure de la mine est faible, également de l'ordre de 0,7 l/s.
- les venues d'eau constatées dans les étages sont souvent issues d'un étage supérieur et acheminées par gravimétrie vers un étage inférieur.
- les relations entre la nappe superficielle et la mine existent dans 2 secteurs (secteur du puits Espanet et secteur du puits n° 3), ce dernier n'étant pas dans l'emprise de GEOSTOCK.
- les relations de la nappe superficielle avec la nappe profonde ne sont pas évidentes, la mine étant peu aquifère. La gangue gypseuse étant imperméable, aucune liaison n'est apparente pour l'instant entre ces deux nappes.
- il n'est pas possible dans l'état actuel de l'étude, de confirmer ou d'infirmer la présence d'une nappe profonde; celle-ci ne pourrait être reconnue que par sondages.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES



L'étude lithostratigraphique et structurale du bassin oligocène de Saint Pierre a permis de préciser que la formation gypseuse exploitée, repose sur un substratum calcaire par l'intermédiaire d'un niveau plus ou moins marneux et donc imperméable. Par ailleurs, l'ensemble de ces formations qui ont subi un effondrement, est recouvert également par une formation marneuse qui constitue un "écran" par rapport aux formations détritiques de remplissage de ce bassin d'effondrement qui est tectonisé et limité au Nord et au Sud par des failles.

Or le gypse, pour sa part, est également étanche; seule une zone de "brouillage" intra-formationnelle, en liaison avec la surface, peut être le siège de circulations éventuelles d'eau.

Par conséquent, les venues d'eau en mine qui sont d'ailleurs faibles (d'après le débit d'exhaure mesuré) proviennent très certainement de la nappe superficielle par infiltrations dans la zone de "brouillage" à (-25) et à (-36), qui occasionne un cône de rabattement de la nappe superficielle au droit du puits Espanet.

De toutes façons, aucune venue d'eau profonde n'a été constatée. L'absence de forages situés de part et d'autre du gisement pour reconnaître les nappes profondes, ne permet cependant pas de conclure.

A fortiori, on ne peut pas parler de cône de rabattement occasionné par les excavations de la mine dans la nappe profonde, il est donc difficile de dire si le système de stockage à niveau variable (qui entraîne des variations de contraintes au toit et au mur de la formation) n'entraînera pas des déboutrages de fissures et n'affectera pas l'ensemble de la mine.

Dès à présent et au vu des renseignements obtenus, sans présumer de la stabilité de la mine, une exploitation à niveau constant semble par conséquent plus sûre.

L'étude géologique de la mine même qui a été faite par ailleurs par GEOSTOCK, doit permettre de déterminer l'état de fissuration et de remplissage du gypse et par conséquent la tenue de la formation magasin du site de stockage éventuel de Saint Pierre.

B I B L I O G R A P H I E

CATZIGRAS F. - Le bassin d'effondrement de Saint Julien et Saint Pierre les Martigues dans la chaîne de la Nerthe. Ann. Fac. Sciences Marseille II série - t. 22 - Fasc. 1 - 1953.

DUFAURE .P. - FERRAT. J. - LAUMONDAIS. A. - MILLE M. - Description sommaire d'un sondage dans la chaîne de Martigues. Bull. Sc. Géol. Fr. 7° série, t. 11, n° 5, 1969

FROGET C. - GUIEU G. - ROUX M. - Etude tectonique de la région Sud de la Nerthe - Bull. Sc. Géol. Fr. 7° série, t. 8, n° 5 - 1966.

GUIEU G. - L'évolution tectonique de la chaîne de la Nerthe, au Nord-Ouest de Marseille. C.R. Acad. Sc. Paris, T. 276 - série D - 1973.

NURY D. - Sur l'évolution tertiaire de la chaîne de la Nerthe. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 275 - série D - 1972.

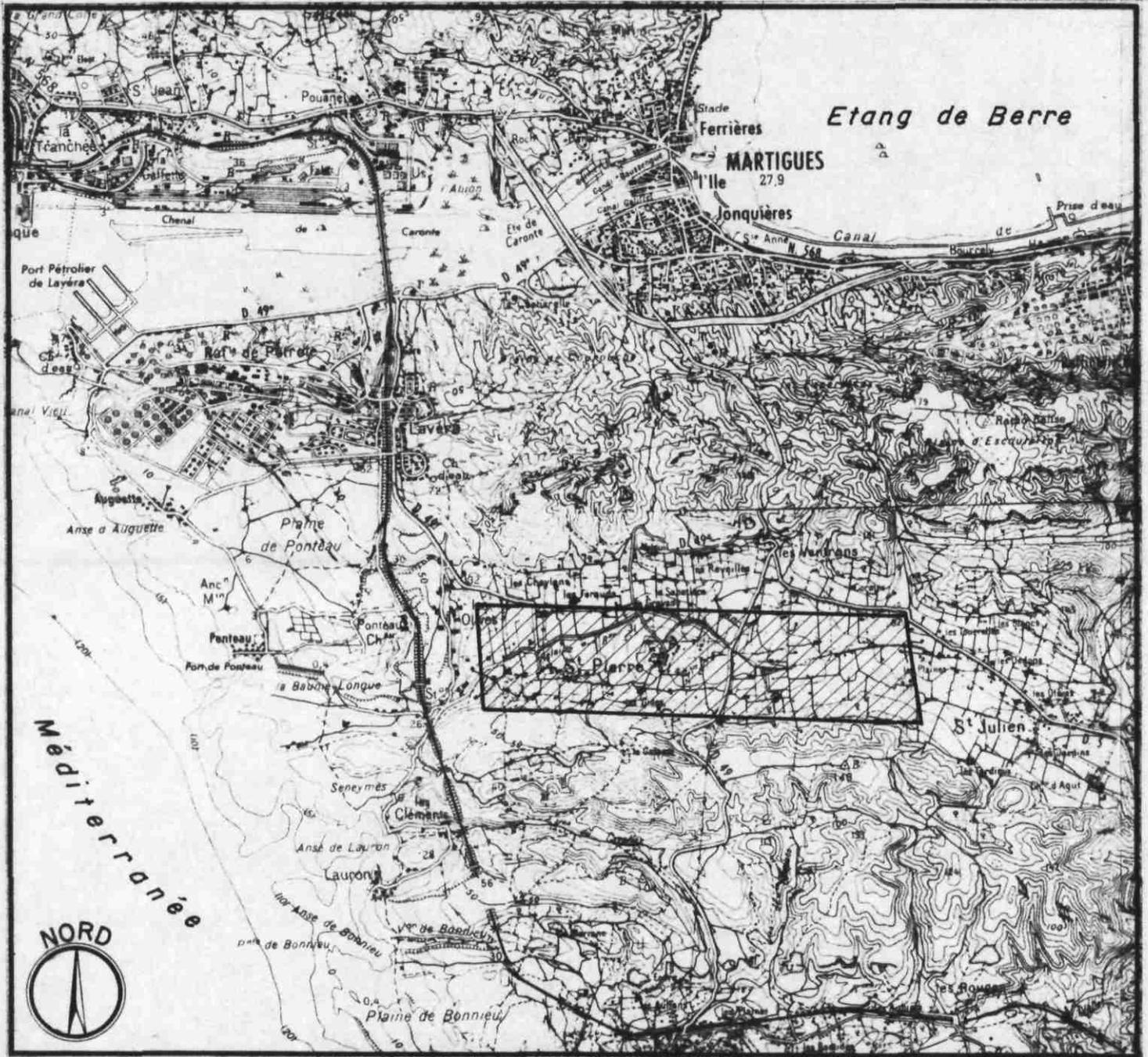
Note - Gisement de Saint Pierre les Martigues (Service géologique des Ciments Lafages).

GEOSTOCK

Etude géologique et hydrogéologique
de la Mine de Saint Pierre les Martigues

PLAN DE SITUATION DE L'ETUDE

Echelle : 1/50.000



Légende



Surface de l'étude

GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

Plan de situation de l'exploitation et des sondages
Carte des formations superficielles

Echelle : 1/5000



Annexe n° 2

MODIFICATIONS

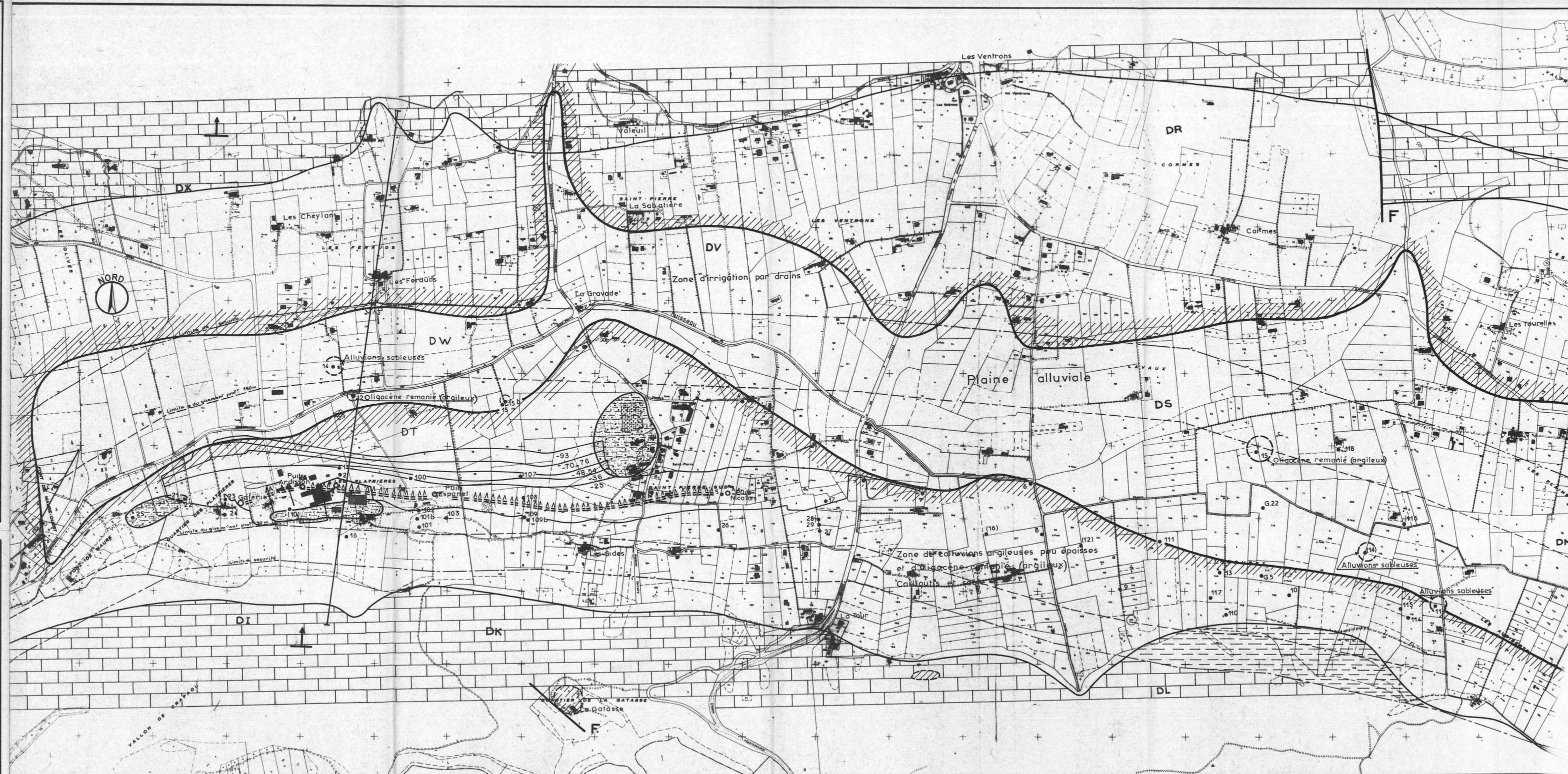
Dessiné le : Décembre 1973

73 SGN 400 PRC

NE 80

LEGENDE

- Contour approché de la vallée alluviale
 - Molasses calcaires sables et marnes
 - Marnes altérées (continental) (cf annexe 5)
 - Gypse affleurant ou subaffleurant (lagunaire)
 - Calcaires feuilletés (lacustre)
 - Substratum marneux - Aptien
 - Substratum calcaire - Urgonien
 - Contour du gisement et étage
 - Pendage
 - Sondage et son numéro
 - Sondage ayant atteint le substratum
 - Coupe structurale (cf annexe 6)
- MIOCENE
OLIGOCENE
CRETACE
- DT : Référence cadastrale



GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

Essai de carte structurale du toit de la formation gypseuse

Echelle : 1/5000



Annexe n° 3

MODIFICATIONS

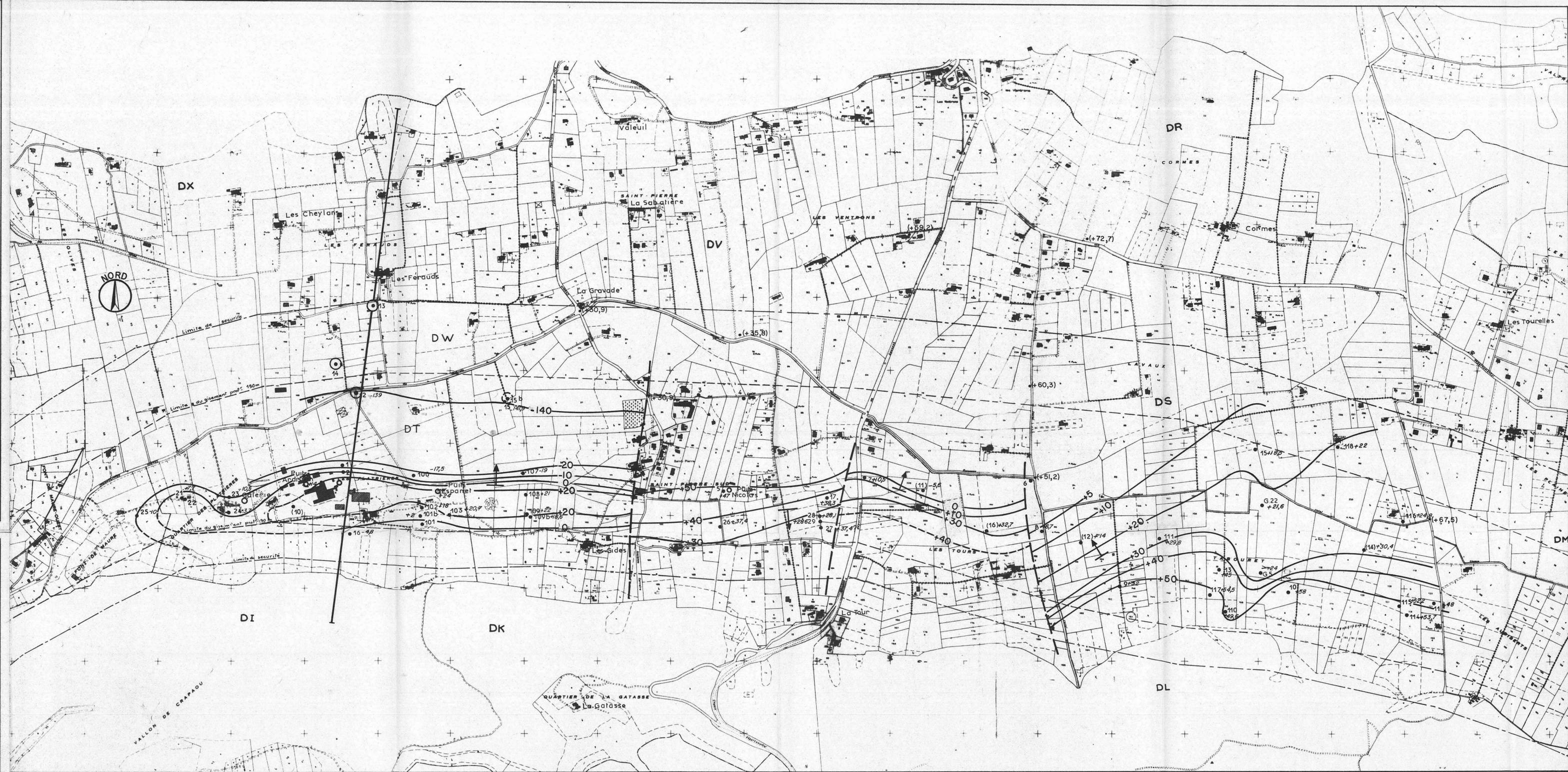
Dessiné le : Décembre 1973

73 SGN 400 PRC

NE 80

LEGENDE

- 108+21 Sondage et son numéro, +21 _cote NGF du toit du gypse
- 10 — Courbe des isobathes (NGF) du toit de la formation gypseuse
- ⊙ Forage ayant atteint le substratum
- - - - - Faille
- |— Coupe structurale (cf annexe 6)
- ↑ Pendage de la formation gypseuse
- DK Référence cadastrale
- (+50) Cote au sol



GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

Essai de carte en isopaques des formations du recouvrement de la série à gypse

Echelle : 1/5000



Annexe n° 4

MODIFICATIONS

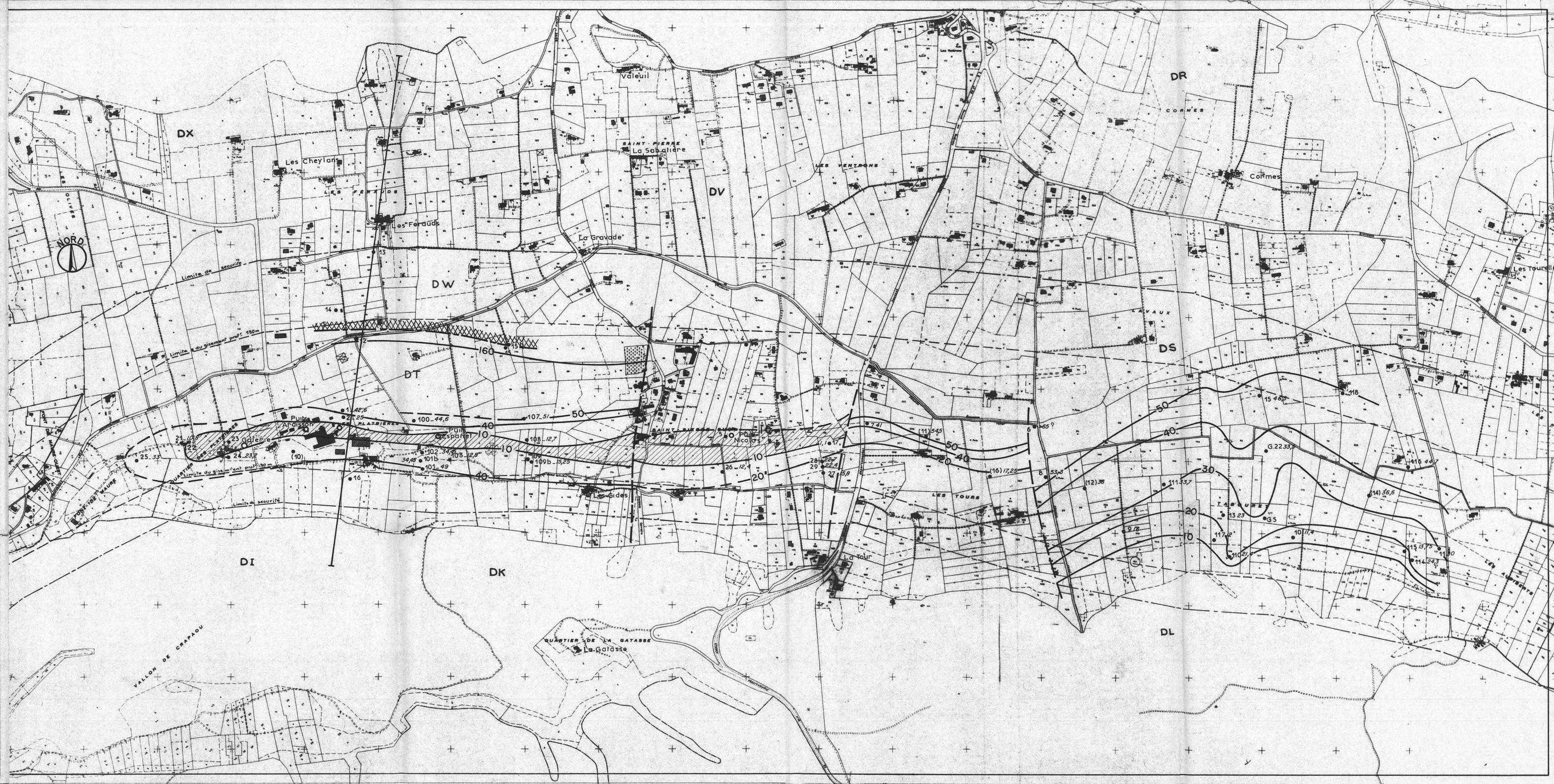
Dessiné le : Décembre 1973

73 SGN 400 PRC

NE 80

LEGENDE

- Courbe isopaque de la formation de recouvrement
- Toit du gypse à faible profondeur < à 10m
- Limite de la formation gypseuse en profondeur
- Sondage et son numéro.
- Coupe structurale (cf annexe 6)
- Référence cadastrale



GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

Carte de la nature des sédiments recouvrant la série gypseuse

Echelle : 1/5000



Annexe n° 5

MODIFICATIONS

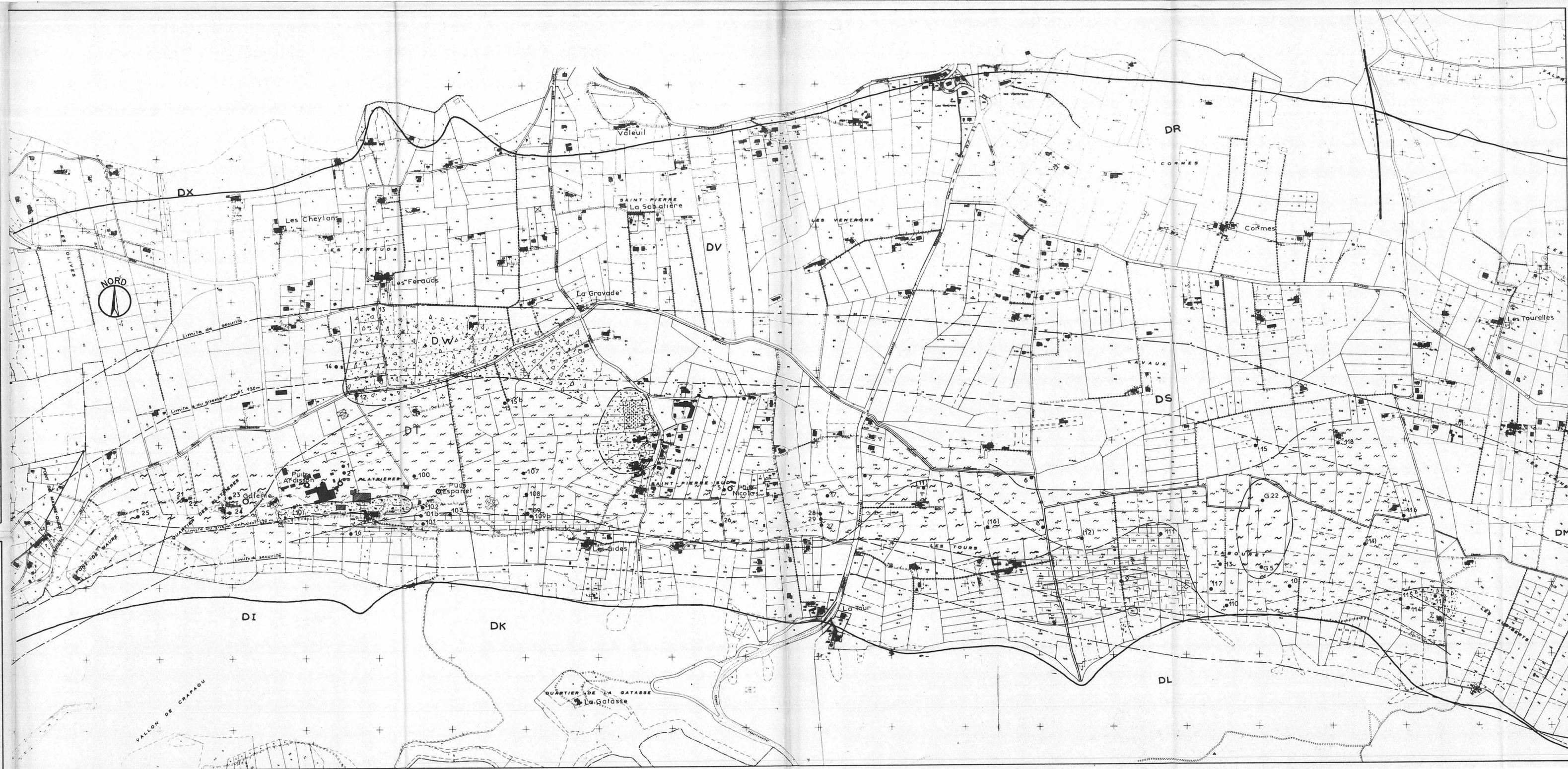
Dessiné le : Décembre 1973

73 SGN 400 PRC

NE 80

LEGENDE

- | | | |
|--|--|---------------------------|
| | Malmes, sable et marne | } MIOCENE |
| | Matériaux détritiques | |
| | Marnes grises ou de teintes variées | } Formation continentale |
| | Marnes blanches | |
| | Marnes à noyaux de calcaires et conglomérats | |
| | Marnes à cailloutis calcaires (produits de démantèlement de falaise) | |
| | Sondage et son numéro | |
| | Faïlle | } Oligocène (cf annexe 2) |
| | Limite Nord et Sud des sédiments | |
| | Référence cadastrale | |



GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE
DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

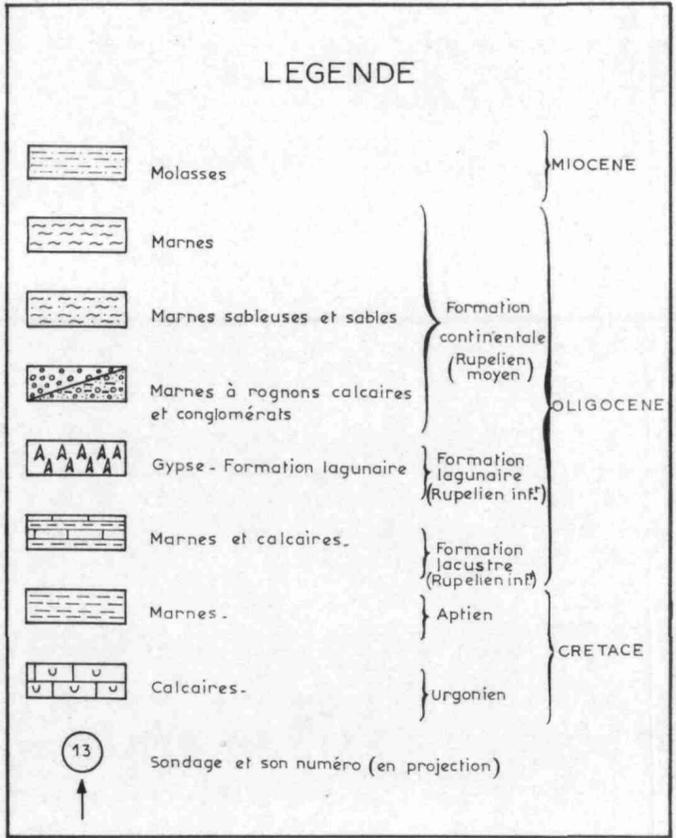
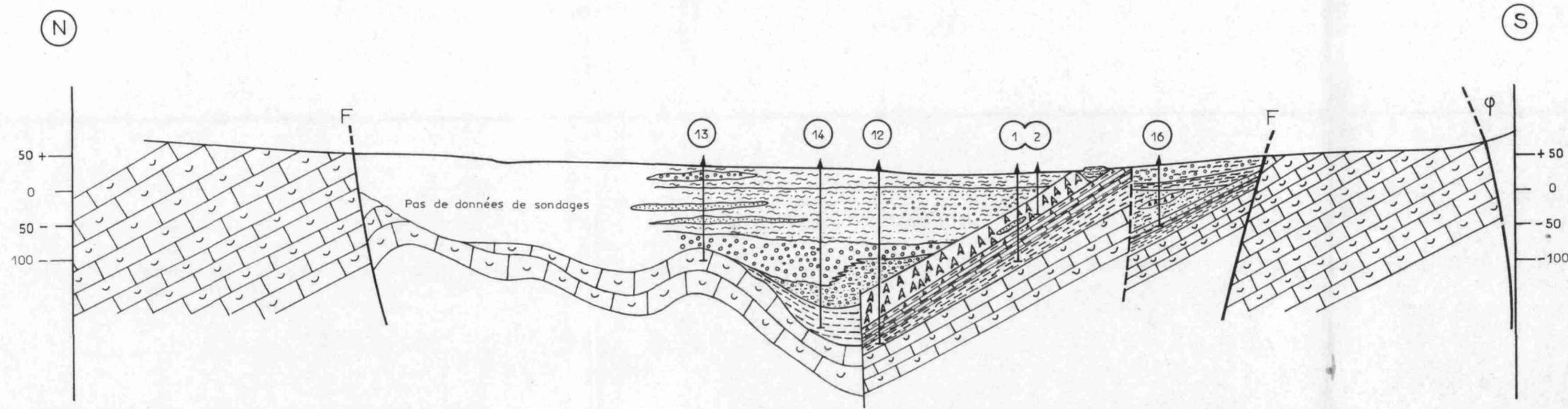
(Bouches du Rhône)

Coupe structurale schématique
Nord-Sud

Echelle : 1/5000



Annexe n° 6	MODIFICATIONS
Dessiné le : Décembre 1973	
73 SGN 400 PRC	NE 80



GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

Carte isopiezométrique de la nappe superficielle

Echelle : 1/5 000



Annexe n° 7

MODIFICATIONS

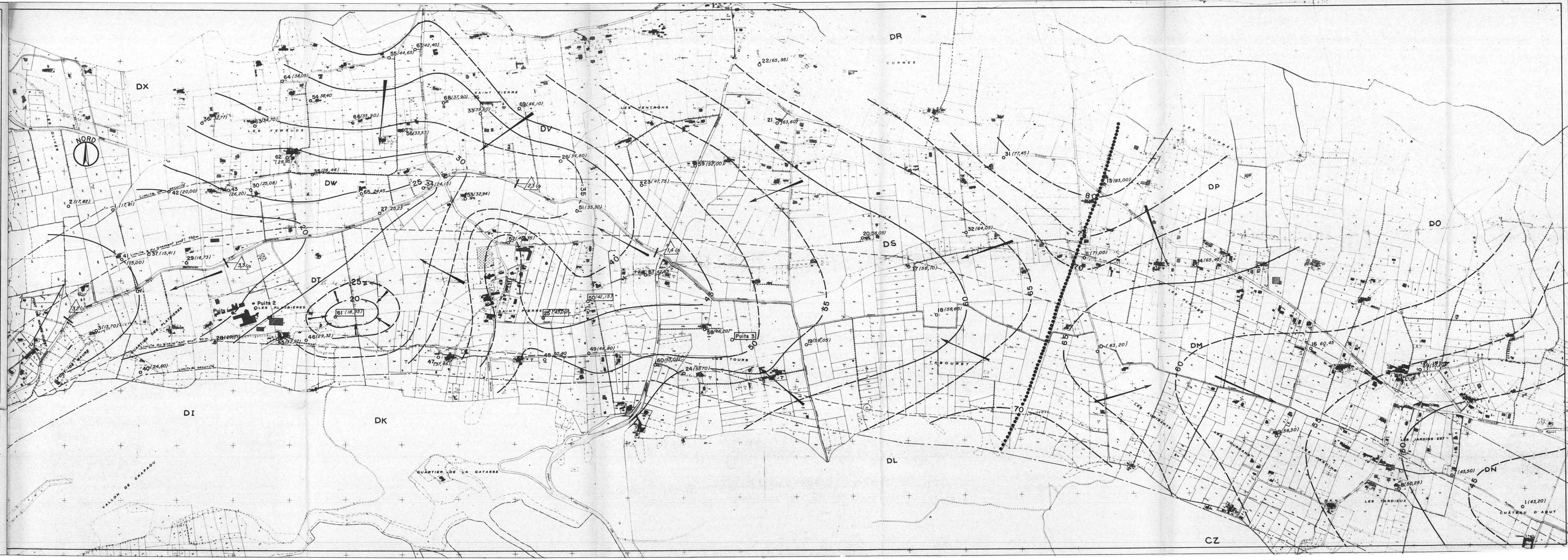
Dessiné le Décembre 1973

73 SGN 400 PRC

NE 80

LEGENDE

- Puits et son numéro - (13,70) niveau d'eau
- Courbe isopiezométrique
- Station de jaugeage et son débit en l/s
- Ligne de partage des eaux
- Sens d'écoulement de la nappe superficielle - DK Référence cadastrale



GEOSTOCK

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA MINE DE SAINT-PIERRE LES MARTIGUES

(Bouches du Rhône)

Venues d'eau dans les différents étages

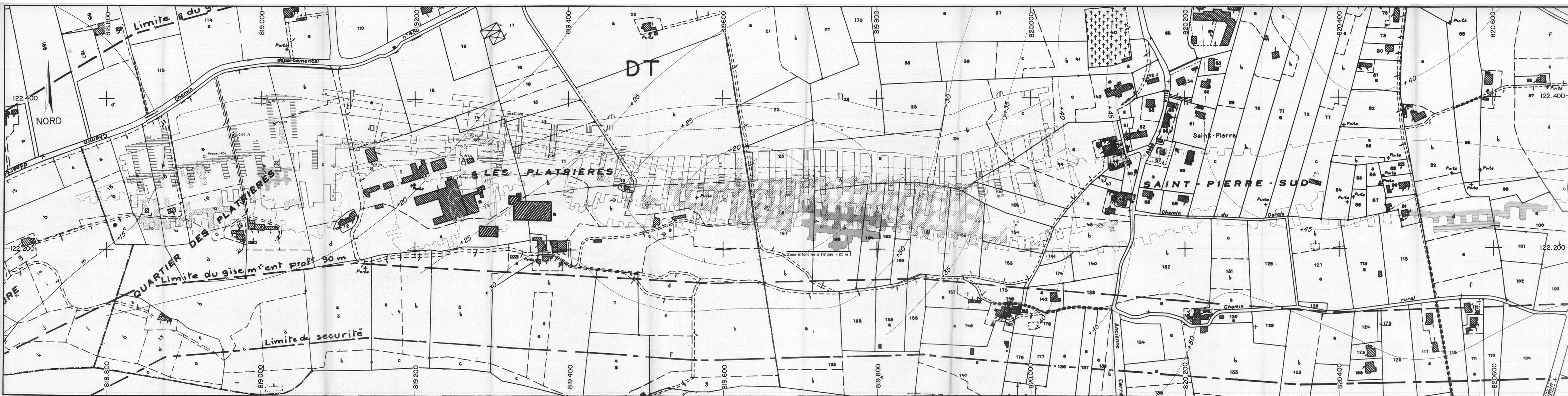
ECHELLE 1/1000*



Annexe n° 9	MODIFICATIONS
Dessiné le : Décembre 1973	
73 SGN 400 PRC	NE 80

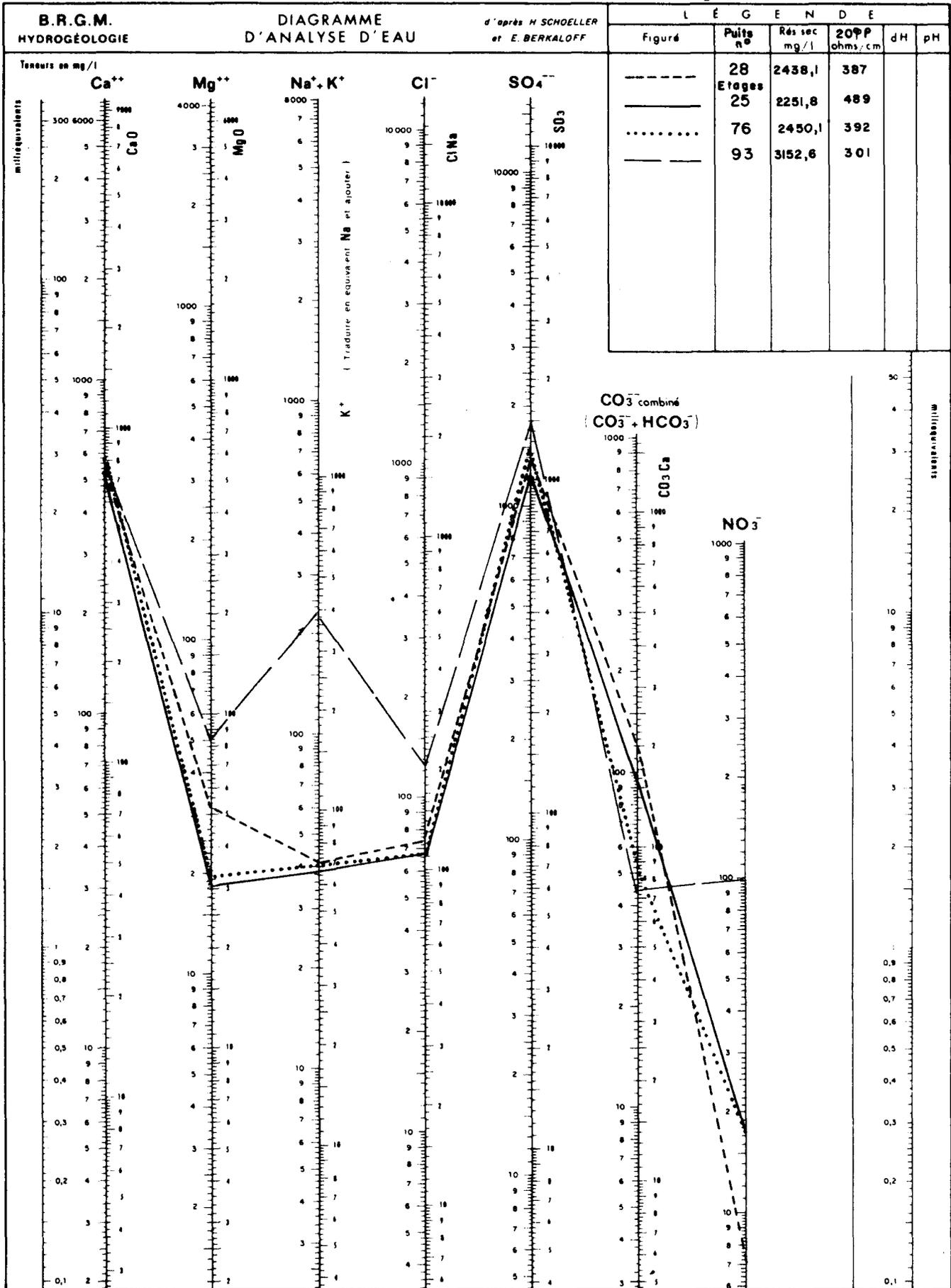
LEGENDE

- 30 Courbe isopizométrique de la nappe superficielle
- 0,05 l/s Source, écoulement et son débit (la source dans le cercle indique l'étage concerné)
- o Gouttes d'eau au toit des galeries (la couleur indique l'étage concerné)
- Etage -25m
- Etage -36
- Etage -48m à -54m
- Etage -70m à -76m
- Etage -93m
- Cheminée ou puits d'aération



GEOSTOCK

Mine de S^t-Pierre les Martigues



Annexe 10

LISTE DES SONDAGES
REALISES DANS LE BASSIN DE SAINT PIERRE

Numéro Référence	Numéro S.G.P.F.	Entreprise	Date	Profondeur m	Observations
1043.1.20	S 1-2	Bachy	Oct.1932	98	
21	5	"	Oct.1934	39,5	
22	6-8'	"	Aout1959	65	
23	7	"	Oct.1959	151	
24	9	"	Oct.1959	50,55	
25	10	"	Déc.1959	70	
26	11	"	Fév.1960	65	
1	12	Solétanche	Fév.1963	244,7	
2	13	"	Mars1963	157,7	
3	14	"	Avr.1963	260	
4	15	"	Avr.1963	181,1	
5	15bis	"	Mai 1963	229	
6	16	"	Juin1963	74	
28	A à F	Fondasol	Jan.1965	20,5	
16	18	"	-	80	
15	(G1 (G5 (G22	Solétanche	Sep.1965	54,2	
14	I3	"	"	39,6	
13	F4	"	"	31	
12	CD2	"	"	42	
11	A2	"	"	75	
10	-	"	"	20	
	17	Fondasol	-	59,30	
	21	S.C.E.T. Coop.	Juil.1968	28,70	
	23	"	id	31,90	
	22	"	"	"	Coordonnées; pas de log.

Numéro Référence	Numéro S.G.P.F.	Entreprise	Date	Profondeur m	
	24	S.C.E.T. Coop	Juil:1968	33,40	
	25	"	id.	65	
	S.100	"	Juin1972	67,10	
	S.107	"	id.	71,75	
	S.108	"	id.	43,45	
	S.109	"	id.	44,60	
	S.109bis	"	id.	43,10	
	S.103	"	Juil:1972	51,70	
	S.101	"	id.	63	
	S.101bis	"	Aout1972	59,60	
	S.102	"	id.	75,00	
	S.19	"	id.	40,80	Pas de coordonnées (derrière l'ancienne carrière)
	S.20	"	id.	19,80	dans descenderie vers trou Ardisson
	S.26		Avr.1973	44	Sondage de recon- naissance des "liaisons souter- raînes des panneaux 1 et 3"
	S.27	"	id.	50,90	"
	S.28	"	id.	60,00	"
	S.29	"	id.	51,00	"
	S.110		Oct. 1972	62,35	
	S.111		id.	124,0	
	S.114		Déc. 1972	104,75	
	S.115		Nov. 1972	129,0	
	S.116		Oct. 1972	128,0	
	S.117		Oct. 1972	84,0	
	S.118		Jan. 1973	169,50	
Coupes descenderie par S.21 - 22 et 23.					

A N N E X E 1 2

FICHE ANALYTIQUE DE QUELQUES DONNEES DE SONDAGE

N° sonde- ge Plâ- trières	Cote NGF	Toit gypse		Substratum toit		Nature substra- tum	Présence sable	Présence eau NHS	Epaisseur alluvions (?)	O b s e r v a t i o n s
		Prof.(m)	NGF	Prof.	NGF					
1	+ 24	42,6 57	-18,6 +33				Dans gypse		-	(au Nord de 2)
2	+ 25	25	0				" "		0	Gypse à l'affleurement
5	+ 47	0	+47							
6	+ 50	>65	> -15 ?							Pas de gypse
7	+ 48	37,5	+10,5						?	
8	+ 60	53,3	+ 6,7				Perte d'eau dans gypse à silex			
9	+ 68	16	+52							Banc calcaire perméable au dessus des gypses
10	+ 78	11,4	+66,6							
11	+ 78	30	+48						20m sable et alluvions	
12	+ 22		-139				Abondant		7,20 argi- leux Oligo- cène rema- nié	
13	+ 31			120	-89	Urgonien	Abondant	Venue d'eau (+5)	0,5 m TV	Pas de gypse
14	+ 25			204		Aptien marneux ?			20m marne sableuse	" "
15	+ 31	172	-141,9						6,2 argileux	

N° son- dage Plâ- trières	Cote NGF	Toit gypse		Substratum toit		Nature substra- tum	Présence sable	Présence eau NHS	Epaisseur alluvions (?)	O b s e r v a t i o n s
		Prof.(m)	NGF	Prof.	NGF					
100	+ 27	54,6	-17,6						imprécis	
101	+ 39,8	49 ?	-15 ?						32 m	Gypse non massif
101 bis	+ 36,4	34,45	+2						14,65 m	Gypse réduit
102	+ 30	11,1	+18,9						7,65 m	" "
103	+ 33,5	12,8	+20,7						7,4	
107	+ 32	51	-19						6	Gypse non massif
108	+ 34	12,7	+21						12,7	
109	+ 34,5	12,5	+22						12,5	
109 bis	+ 34,6	15,25	+18,6						15,25	
110	+ 71	21,40	+49?60	51,35	+20	Calcaire Urgonien?			11 m argil.	
111	+ 63,5	33,7	+29,80	>124	> -60,5				1 m "	
114	+ 78	24,30	+53,70	>104	> -26,75				24,30 "	
115	+ 66	13,75	+52,25	>129	> -63				13,75 ? "	
116	+ 69,5	44,7	+24,8	>128	> -58,5				1 m "	
117	+ 66,5	12	+54,50	> 84	> -17,5				1 m "	
118	+ 70	48	+22	>169	> -99,5				imprécis	

A N N E X E 1 3

REPertoire DES Puits DE LA NAPPE SUPERFICIELLE

DATE	N° du puits	Cote au sol	Prof. de l'eau/au sol	Prof. du puits/au sol	OBSERVATIONS
26.9.73	1019.12.1	+20,01	2,10	4,00	Lieu dit "Les Olives"
"	" 2	+19,87	2,05	4,00	"
"	" 3	+17,40	4,30	5,70	Font de Maure
"	1043.1.1	+45,00	1,10	4,00	Chateau d'Argut
"	" 2	+56,00	4,10	10,00	Baumanière
"	" 3	+58,00	4,15	10,00	"
"	" 4	+61,00	6,75	8,20	"
"	" 5	+59,00	6,65	10,40	"
"	" 6	+48,50	3,75	8,00	L'Escalette
"	" 7	+48,00	1,80	3,50	Les Jardins
"	" 8	+54,00	3,00	10,00	"
"	" 9	+60,00	2,85	5,00	Les Tardieux
"	" 10	+67,00	3,35	10,00	Les Plaines
"	" 11	+75,00	3,50	8,20	"
"	" 12	+95,00	5,00	6,00	Les Carmes
"	" 13	+88,00	4,00	13,30	Les Tourelles
"	" 14	+70,00	3,90	8,30	Les Dedons
"	" 15	+72,00	Bouché		Les Olives
"	" 16	+65,50	4,25	11,50	Les Dedons
"	" 17	+61,00	2,45	7,00	Lavaux
"	" 18	+62,00	3,15	4,00	"
"	" 19	+60,00	1,30	2,60	"
"	" 20	+60,50	2,10	7,70	"
"	" 21	+67,00	2,80	8,30	Cormes
"	" 22	+70,00	3,55	5,90	Les Ventrons
18.9.73	" 23	+50,00	2,25	8,80	" La Gravade
"	" 24	+60,00	3,40	4,40	Saint Pierre La Tour
"	" 25	+48,00	3,15	4,00	Saint Pierre (300 m SE de l'église)
"	" 26	+38,00	2,45	10,00	Saint Pierre La Sabatière
"	" 27	+26,83	1,60	6,80	Les Ferrauds
"	" 28	+25,36	4,65	8,20	Les Platrières
"	" 29	+18,33	1,60	3,30	Saint Pierre Maure

DATE	N° du puits	Cote au sol	Prof. de l'eau/au sol	Prof. du puits/au sol	OBSERVATIONS
19.9.73	1043.1.30	+28,08	3,00	7,40	Les Ferrauds
"	" 31	+81,00	2,85	4,70	Lieu dit "Cormes"
"	" 32	+69,00	4,10	6,60	" "Lavaux"
"	" 33	+43,00	2,75	7,30	La Sabatière
"	" 34	+28,60	4,45	7,70	La Gravade
"	" 35	+30,79	2,35	8,40	Les Ferrauds
"	" 36	+34,47	1,70	4,20	Les Cheylands
"	" 37	+17,41	2,00	8,80	Font de Maure
"	" 38	+41,00	3,65	9,00	L'Escalette
26.9.73	" 39	+59,00	3,80	4,40	Les Olives
"	" 40	+29,30	5,25	6,85	Saint Pierre
"	" 41	+16,03	1,95	5,65	Font de Maure
"	" 42	+22,18	3,08	8,93	Saint Pierre
"	" 43	+26,40	0,90	6,50	Les Ferrauds
"	" 44	+24,48	1,50	7,10	"
"	" 45	+34,52	2,25	8,55	Les Platrières
"	" 46	+31,87	3,25	5,95	"
"	" 47	+43,46	6,55	8,10	Les Gides
"	" 48	+55	4,60	11,90	Saint Pierre
"	" 49	+52	3,20	4,00	"
"	" 50	+45	2,85	3,80	"
"	" 51	+36	0,70	4,30	"
"	" 52	+50	3,65	7,45	Quartier des Ecoles
"	" 53	+36,84	4,55	10,55	La Gravade
31.9.73	" 54	+40,00	1,60	4,80	Saint Pierre
"	" 55	+46,00	1,35	3,00	"
"	" 56	+36,00	2,45	7,95	"
"	" 57	+44,00	1,35	4,50	"
"	" 58	+52,00	5,80	9,60	"
"	" 59	+54,00	2,00	9,40	"
"	" 60	+55,00	1,98	3,13	"
"	" 61	+28,00	9,05	7,30	"
"	" 62	+32,50	3,55	13,50	"

DATE	N° du puits	Cote au sol	Prof. de l'eau/au sol	Prof. du puits/au sol	OBSERVATIONS
31.9.73	1043.1.63	+36,00	1,30	12,20	Saint Pierre
"	" 64	+42,00	2,95	8,35	"
"	" 65	+29,00	4,05	16,10	La Bastide
"	" 66	+38,00	2,10	6,15	Saint Pierre
"	" 67	+45,00	2,60	7,05	"
"	" 68	+40,00	2,10	5,95	"
"	" 69	+48,00	1,90	8,35	La Sabatière.