

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

Centre scientifique et technique

45 - ORLEANS - France

DIRECTION SCIENTIFIQUE

DEPARTEMENT GEOLOGIE

Service d'hydrogéologie

DEPARTEMENT DES SERVICES

GEOLOGIQUES REGIONAUX

Service géologique régional

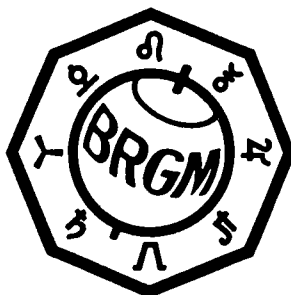
Provence-Corse

Un exemple de bilan d'eau annuel d'une nappe libre :

LA NAPPE DE LA CRAU

par

G. DUROZOY J. MARGAT



DS.66.A125

Décembre 1966

RESUME

Le bilan d'eau de la nappe de la Crau, dressé pour l'année 1962-1963, dans le cadre de l'étude générale de cette nappe entreprise par le B.R.G.M. pour le Ministère de la Construction, fournit un bon exemple de bilan annuel de nappe libre étendue, établi avec une approximation acceptable.

Aussi sa présentation offre-t-elle un intérêt méthodologique général.

Ce bilan, dont l'établissement a été facilité par une connaissance assez précise des conditions aux limites, fait ressortir que les effets conjugués des conditions morphologiques particulières de la Crau (ruissellement négligeable) et des irrigations détermine une valeur très élevée d'alimentation de la nappe : 750 000 m³ par km² (750 mm), soit au total près de 400 millions de m³, pour l'année considérée.

L'évaluation de l'alimentation est uniquement déduite de celle des émissions et de la variation de réserve.

INTRODUCTION

Les exemples de bilan d'eau de nappes établis avec une approximation acceptable sont relativement peu nombreux. Aussi a-t-il paru utile de présenter, pour son intérêt méthodologique, celui qui fut dressé pour la nappe de la Crau dans le cadre d'une étude générale de cette nappe entreprise de 1962 à 1964 par le B.R.G.M. pour le Ministère de la Construction, et dont les résultats d'ensemble ont été exposés dans le rapport DSGR.64.A.49 :

"Etude hydrogéologique de la Crau" par B. DELLERY, G. DUROZOY, Cl. GOUVERNET, Melle J. KUCHARSKA et J. MARGAT (1964)".

Par rapport aux valeurs indiquées et à la présentation donnée dans ce rapport, quelques rectificatifs et précisions ont été apportés.

Il s'agit d'un bilan d'eau annuel réel (V.1962-IV.1963) de nappe libre, dont l'établissement a été facilité par une connaissance assez précise des conditions aux limites, par un réseau d'observation piézométrique assez dense, et surtout par la possibilité de jauger directement une grande partie des débits de sortie d'eau du système.

Toutefois, outre qu'il ne s'agit que du bilan d'une seule année, les conditions très particulières de la Crau restreignent les possibilités de généralisation des résultats obtenus.

1. La nappe de la Crau.

Données générales sommaires (cf. carte).

Système aquifère : couche d'alluvions graveleuses de l'ensemble de la Crau quaternaire et pliocène.

Superficie : 520 km²

Epaisseur de la couche aquifère : 10 à 30 m.

Substratum : mollasses miocènes (au sud) ou argiles pliocènes (au nord), à perméabilité d'un ordre très inférieur à celle de la couche aquifère. Il s'abaisse au-dessous du niveau de la mer plusieurs kilomètres en amont de la limite aval de la nappe (ligne d'émergence). Cf. carte.

Paramètres de l'aquifère :

D'après quelques essais de pompage en aval :

Transmissivité	$T = 2.10^{-1}$ à 5.10^{-2} m ² /s	{ (valeurs non extrapolables à tout le sys- tème)
Emmagasinement	$S = 5$ à 18 %	

Conditions de surface :

Absence de cours d'eau de surface permanents ou temporaires.

Pente très faible, sol aplani et très perméable. Cultures irriguées au nord et à l'est ; sol nu ailleurs.

Conditions aux limites :

- limites considérées comme étanches en pratique (débit nul), par affleurement du substratum, sur la plus grande partie des côtés nord et sud-est, sauf en quelques secteurs restreints formant ligne d'émergence secondaire latérale, directe ou indirecte, au nord : sources de Mourières, Marais des Baux ; au sud-est : vallée du Touloubre, Fanfarigoule (aujourd'hui barrée).

- ligne de partage des eaux souterraines en amont (col de Lamanon, au nord-est). Altitude voisine de 105 m.
- ligne d'émergence principale en aval : zone de marais sub-horizontale à niveau quasi-invariable (altitude : 0,5 à 1 m), à sources plus ou moins individualisées ("laurons"), assimilables à la limite d'une nappe de trop-plein.

Nappe libre, à écoulement légèrement divergent dans l'ensemble, mais à parties localement convergentes (axes de drainage naturel), à gradient diminuant, mais irrégulièrement, d'amont (maximum 20 p.1000) en aval (minimum 1 p.1000). Elle est alimentée essentiellement par l'infiltration des pluies sur toute sa surface, et des eaux d'irrigation dérivées de la Durance sur des surfaces plus restreintes. Les apports latéraux sont présumés négligeables, d'après la forme de la surface piézométrique.

Une ligne de partage divise la nappe en 2 sous-bassins principaux adjacents : Crau quaternaire, au sud, et Crau pliocène, au nord. Ce dernier paraît lui-même subdivisé entre un système amont drainé vers le marais des Baux, à travers le Massif calcaire de Mouriès, et un système aval à écoulement convergent vers le marais de Meyranne.

2. Bilan de la nappe.

Période de référence : 1 an, du 1/5/1962 au 30/4/1963.

21. Emissions d'eau.

211. Écoulement aux émergences :

2111. Sources des lignes d'émergence latérales.

- sources du Massif de Mouriès : Q total moyen
1 m³/s

(Evaluation par excès de l'émergence d'eau de la nappe de la Crau, car il s'y inclut l'alimentation propre du massif calcaire, non absolument négligeable, malgré sa faible étendue. Mais, en l'absence de données sur T et i au voisinage de la limite de la nappe de la Crau, le calcul du débit selon le front d'écoulement alluvions/calcaires, n'est pas possible).

- p.m. Fanfarigoule (Q négligeable : 13 l/s en moyenne)

- sources et drainage par le Touloubre (Q petit : 40 l/s en moyenne)

$$\text{Total admis} = 30.10^6 \text{ m}^3/\text{an} \\ (\pm 3.10^6 \text{ m}^3/\text{an})$$

2112. Ligne d'émergence principale du sud-ouest.

Evaluation d'après le débit (Q) des canaux d'exutoire des marais, accrus de l'évapotranspiration réelle (E) sur la surface des marais (65 km²), mais diminués de la pluie (P) sur cette surface :

$$Q + (E - P \text{ sur } 65 \text{ km}^2)$$

Q : Galéjon (Q moyen = 3,6 m³/s) : 113.10⁶ m³

roubines sud (Q moyen = 1,4 m³/s) : 45.10⁶ m³

exutoire des marais de Meyranne
(Q moyen = 1,5 m³/s) : 47.10⁶ m³

gains du canal d'Arles à Port-de-Bouc, par drainage de la zone des marais (moyenne 1,5 m³/s) : 47.10⁶ m³

$$\text{total } Q = 252.10^6 \text{ m}^3 (\pm 25.10^6 \text{ m}^3)$$


N.B. La totalité de ce débit est supposée provenir de la nappe. Une fraction non négligeable peut cependant provenir de ruissellement local en hiver. La valeur admise peut donc être surestimée.

E : On admet d'assimiler la valeur de l'année de référence à la moyenne annuelle, la variabilité inter-annuelle étant faible.

Moyenne annuelle mesurée sur
74 ans aux Salins-de-Giraud... = 1251 mm

BTP moyenne annuelle calculée
par formule de Turc..... = 1387 mm

Valeur admise :

1300 mm/an x 65 km²..... = 86.10⁶ m³/an
(± 10.10⁶ m³/an) 

P : Hauteur moyenne réelle pour la
période de référence..... = 544 mm

544 mm/an x 65 km²..... = 35.10⁶ m³/an
(± 3.10⁶ m³/an)

Q + (E - P) = 252 + 86 - 35 = 303.10⁶ m³/an

Total arrondi à..... 300.10⁶ m³/an
(± 30.10⁶ m³/an)

Total des émergences (2111 et 2112) 330.10⁶ m³/an
("fourchette" probable: 300 à 370.10⁶ m³/an)

212. Prélèvements par pompage (moyenne annuelle actuelle,
valable pour la période de référence).

- pour l'industrie et les adductions
d'eau de centres = 0,6 m³/s

- pour l'irrigation = 0,4 m³/s

Total = 1 m³/s arrondi à.... 30.10⁶ m³/an
(± 3.10⁶ m³/an)

213. Ecoulements souterrains :

2131. Bassin du Touloubre (nord-est)

Débit moyen calculé pour un front L de 6 km avec un gradient moyen i de 8 p.1000 et une valeur moyenne de T supposée de $1.10^2 \text{ m}^2/\text{s}$

$$Q = L.T.i; = \text{environ } 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Approximation d'au moins 100 % = $10 \text{ à } 20.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$

2132. Ecoulement souterrain au-delà de la ligne d'émergence, dans la nappe captive sous la Camargue ou vers la mer : estimé négligeable en raison de la faible pression au niveau des émergences.

Valeur admise : $0,1 \text{ à } 0,2 \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ à } 6.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$

Total moyen arrondi à..... $20.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$
($13 \text{ à } 26.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$)

Somme des sorties d'eau :

$$330 + 30 + 20 = 380.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$$

$\pm 40.10^6 \text{ m}^3$ au moins ; "fourchette" probable :

$$340 \text{ à } 430.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$$

22. Variation de réserve.

Évaluation de la tranche de couche aquifère comprise entre deux états de la surface piézométrique (1/5/1962 et 30/4/1963) valablement assimilable à la surface de la nappe, par planimétrage : $1,1.10^8 \text{ m}^3$.

Coefficient d'emmagasinement admis : 5 à 20 %

Variation de réserve probable : 5,5 à 22.10^6 m^3

moyenne admise : + 10.10^6 m^3 correspondant
à un accroissement.

N.B. Cette valeur est petite par rapport à celle des émissions d'eau et certainement bien inférieure à l'approximation de leur évaluation. Aussi l'erreur qui l'entache n'a qu'une incidence faible sur le résultat global du bilan.

23. Bilan et alimentation déduite.

Emissions d'eau + accroissement de réserve = alimentation				
380	+	10	=	390 10^6 m^3 ($\pm 50.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$)
(340 à 430)	+	(5 à 20)	=	(345 à 450)

N.B. On suppose - et cette hypothèse est très admissible - que la nappe ne subit pas de "pertes" par évapotranspiration directe (celle-ci n'agissant qu'après émergence ; cf. 2112, E) et qu'il n'y a pas d'apport par écoulement souterrain. La valeur trouvée pour l'alimentation doit donc correspondre uniquement à l'infiltration d'eau de pluie et d'irrigation. Elle équivaldrait à une hauteur moyenne fictive de 750 mm sur 520 km^2 , ou à 750 000 m^3/an par km^2 , mais il ne faut considérer ces expressions en lame d'eau moyenne ou en module que comme des termes de comparaison, sans grande signification.

24. Approximations.

Sur le montant total des émissions d'eau trouvé, près

de 95 % provient d'évaluations basées sur des mesures de débit par jaugeage, faites, avec une approximation de 10 à 15 % selon les cas (sources, canaux, débits, pompés), mais interpolées dans le temps.

L'approximation moins bonne des autres évaluations (100 % au moins pour les calculs de débit souterrain, 20 à 30 % pour l'estimation de l'évaporation sur les marais) affecterait donc peu le résultat d'ensemble, qui serait probablement admissible à 20 à 30 % près, si :

- une incertitude n'affectait pas les résultats du principal poste de jaugeage (Galéjon) influencé par la marée ;
- l'hypothèse que les apports d'eau de surface sont négligeables dans les débits jaugés, était bien conforme à la réalité.

L'approximation finale du bilan est donc difficile à estimer. Les estimations d'erreur mentionnées, à titre indicatif, sont certainement des minimums. Une surestimation des évaluations d'une part importante des émissions d'eau, donc de l'alimentation totale déduite, est possible.

3. Evaluation, comme terme de comparaison, du débit de la nappe de la Crau quaternaire selon une section immédiatement en amont de la ligne d'émergence (courbe isopièze proche de la route N.568). Longueur totale : 17 km.

Division du front en 4 sections, affectées de transmissivités moyennes d'après des essais de pompage exécutés dans 18 sondages:

Section	T m ² /s	L km	i	Débit calculé Q m ³ /s	Q unitaire par km de front
A	3.10 ⁻¹	3	0,003	2,7 m ³ /s	0,9 m ³ /s
B	5.10 ⁻²	4	0,003	0,6 m ³ /s	0,15 m ³ /s
C	8.10 ⁻²	6	0,002	1,0 m ³ /s	0,17 m ³ /s
D	4.10 ⁻²	4	0,003	0,5 m ³ /s	0,12 m ³ /s
Total				4,8 m ³ /s	

N.B. L'approximation des valeurs moyennes admises pour T doit être de l'ordre de 50 %.

Le débit d'écoulement moyen serait donc compris entre 3,5 et 6 m³/s.

La valeur du débit moyen des émergences (probablement un peu surestimée : cf. N.B. 2112.) correspondant à cette partie de la nappe (Crau quaternaire) est d'après les jaugeages (Galéjon + roubines sud + fraction du gain du canal d'Arles à Port-de-Bouc) et compte-tenu du surplus d'évaporation sur les pluies dans les marais de ce secteur, de 220.10⁶ m³/an, équivalent à environ 7 m³/s.

L'écart entre ces valeurs est faible, compte-tenu des approximations des diverses méthodes d'évaluation, et le sens de cet écart est compatible avec la surestimation probable des valeurs prises en compte dans le bilan.

4. Bilan d'eau global, pour la même période de référence.

41. Apports d'eau

411. Précipitations sur le bassin :

544 mm sur un impluvium de 642 km²..... = 350.10⁶ m³
(on admet que les précipitations sur
les parties de l'impluvium extérieures
au domaine de la nappe - versants des
collines périphériques - ne donnent
pas lieu à des infiltrations sortant
du système)

412. Canaux d'irrigation entrant :

Débit moyen : 17 m³/s..... = 535.10⁶ m³

Somme des apports.....	=	885.10 ⁶ m ³
=====		

42. Variation de réserve.

Réserve souterraine (nappe) = variation moyenne admise de
+ 10.10⁶ m³

Réserves de surface (étangs) = variation supposée négligeable.

43. Ecoulement.

431. Canaux de drainage et collatures (débits jaugés aux limites)	230.10 ⁶ m ³
432. Emergences de la nappe aux limites	330.10 ⁶ m ³
433. Ecoulements souterrains aux limites	20.10 ⁶ m ³
434. Prélèvements par pompage (restitution supposée nulle)	30.10 ⁶ m ³
<hr/>	
Total.....	610.10 ⁶ m ³

N.B. Les incertitudes signalées plus haut, subsistant dans la répartition de l'eau des canaux jaugés aux sorties (entre 432. drainage de la nappe = émergences, et 431. drainage de surface et collatures) disparaissent ici par la somme de tous les débits jaugés.

44. Bilan et déficit d'écoulement déduit, assimilable à l'évapotranspiration E.

Apport = Ecoulement + accroissement de réserve + E
 885 = 610 + 10 + E
 E = 265.10⁶ m³ (valeur affectée de toutes les erreurs faites sur les autres termes du bilan).

Cela équivaldrait à une hauteur moyenne d'évapotranspiration réelle de 410 mm sur 642 km². Il va sans dire que les hauteurs réelles doivent différer sensiblement entre les surfaces irriguées et non irriguées. A titre de simple comparaison, on peut noter que la hauteur d'évapotranspiration réelle calculée

selon la formule de Turc - applicable aux surfaces non irriguées - serait de 435 à 565 mm selon les stations.

5. Remarque sur l'alimentation de la nappe et l'infiltration.

La valeur de l'alimentation de la nappe déduite de son bilan (390.10^6 m^3) représente une proportion élevée de la somme des apports du bilan global (885.10^6 m^3) : 44 % et elle est à elle seule supérieure à la quantité d'eau de pluie tombée - même en considérant l'impluvium un peu plus étendu que le domaine de la nappe - estimée à 350.10^6 m^3 .

L'absence de ruissellement sur la Crau et la grande perméabilité du sol favorise une infiltration élevée, mais il n'est pas possible de séparer, dans la valeur globale ci-dessus, les "coefficients d'infiltration" efficace respectifs des précipitations et des irrigations (incluant les pertes dans les canaux).

Néanmoins, le débit des canaux d'irrigation représentant 60 % des apports d'eau dans le bassin, on peut admettre que la moitié au moins de l'alimentation de la nappe provient des irrigations : la nappe de la Crau peut être considérée comme artificiellement et fortement suralimentée.

CONCLUSION

Le bilan de la nappe de la Crau est probablement l'un des moins imprécis qui ait pu être dressé en France pour une nappe libre étendue - et pour une seule année - grâce à la définition relativement nette des conditions aux limites, et à un travail considérable de jaugeage.

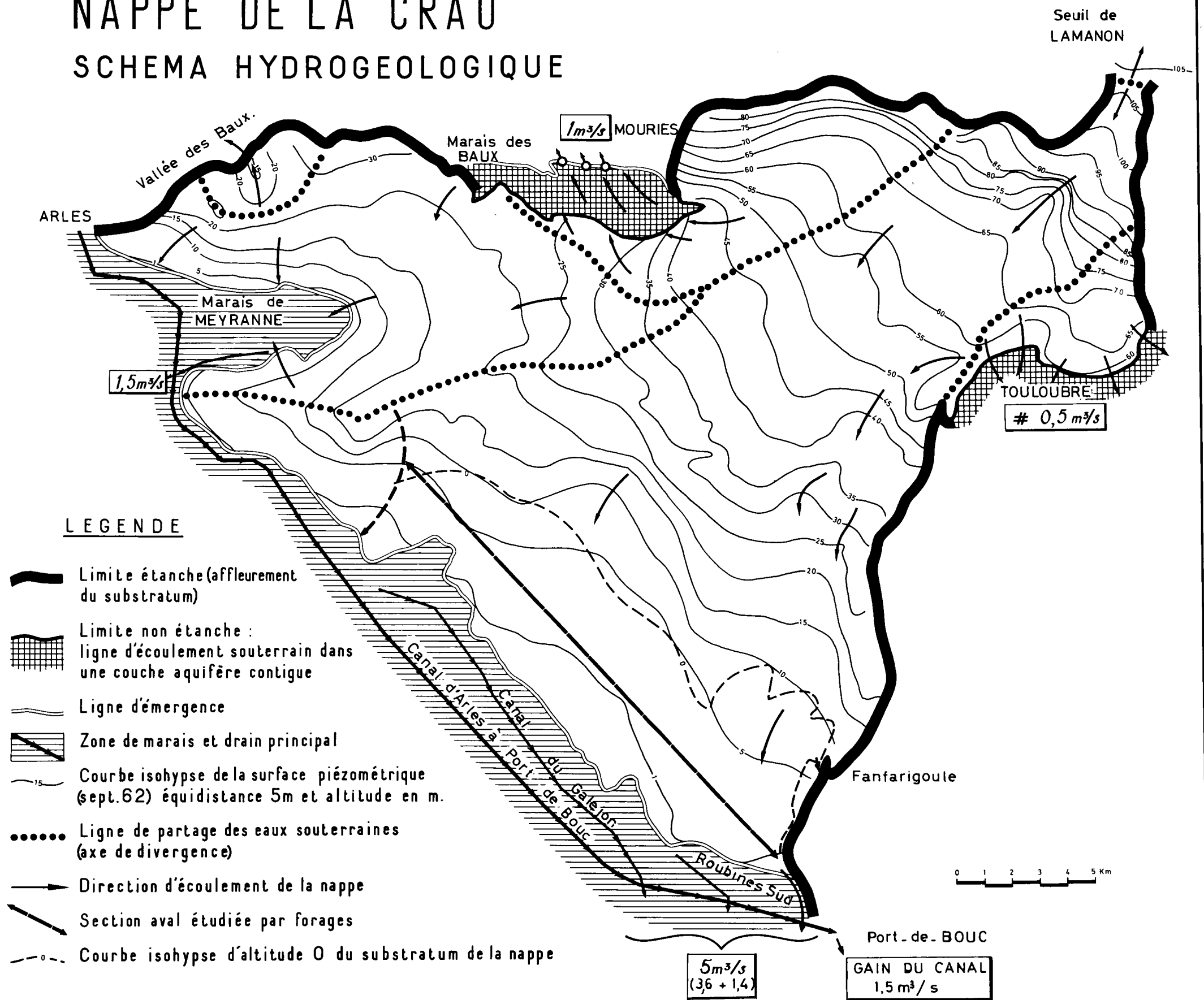
La validité du résultat est cependant fonction de celle des hypothèses qu'il a fallu admettre sur un certain nombre de points (étanchéité des limites et du substratum, estimation du coefficient d'emmagasinement. moyen appliqué au calcul de variation de réserve, assimilation de la valeur de l'évapotranspiration réelle de l'année à la moyenne pluriannuelle, absence d'écoulements de surface aux exutoires jaugés pour évaluer les émergences). En outre, les approximations des mesures faites et de leurs interpolations, soulignées au passage, entachent le résultat final d'une erreur non négligeable.

Mais, malgré ces réserves qui devront inciter à la prudence, surtout pour extrapoler un résultat relatif à une seule année, on peut considérer que cette méthode est la meilleure pour conduire à une estimation de l'alimentation et par conséquent de la ressource en eau globale d'une nappe. Chaque fois qu'il est possible d'évaluer les sorties d'eau d'une nappe, par des méthodes directes (jaugeages) pour une part prépondérante, l'évaluation de l'alimentation que l'on peut en déduire, compte tenu de la variation de réserve, doit être considérée comme incomparablement plus sûre que toute estimation "directe" de cette alimentation, basée sur des "coefficients d'infiltration" ou des formules climatiques générales dont la validité d'application à un cas déterminé, est toujours incertaine.

De ce fait, l'écart qui pourrait apparaître entre les résultats obtenus indépendamment par ces deux méthodes n'aurait aucune signification et ne pourrait en aucun cas servir de base, par exemple, à une estimation de variation de réserve, lorsque celle-ci ne peut être évaluée directement.

NAPPE DE LA CRAU

SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE



LISTE DES CARTES ET PLANCHES

TIREES DU RAPPORT B.R.G.M. - D.S.G.R. 64 - A9.

1.20 La Crau - Schéma hydrogéologique

Géologie

3.11 Carte géologique

3.30.1 Coupe géologique Nord-Sud

3.32 Carte du Substratum

3.32.5 Coupe Nord-Sud dans la Basse-Crau

3.32.6 Coupe Nord-Est, Sud-Ouest dans la Basse-Crau

Climatologie

4.20 Fréquence en direction des vents (Istres)

4.32 Moyenne mensuelle du nombre de jours de pluie

4.33 Comparaison graphique : régime mensuel de pluies (1962) moyenne pluri-annuelle (Istres)

4.34 Hauteur des précipitations annuelles Istres (1948-62)

4.40 Insolation, évaporation, température, diagramme des valeurs mensuelles

Hydrogéologie

5.11 Carte des bassins versants et des sondages

5.20 Réseau hydraulique

8.10 Carte hydrochimique de la Basse-Crau

10.1.30 à 10.1.39 Courbes de descente de quelques puits

10.20 Variations décennales du niveau dans 5 puits sélectionnés

11.10 Carte des principaux points de prélèvements

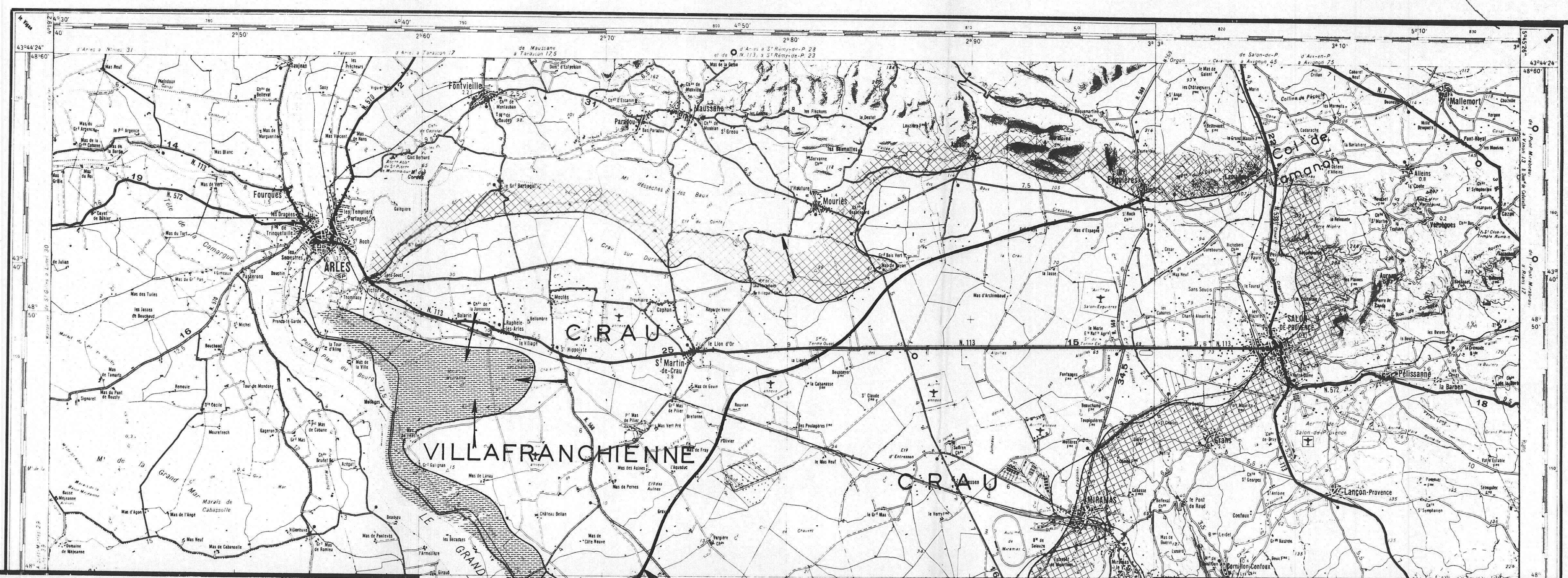
13.20 Limitation de l'exploitation de la nappe par la position du biseau salé

9 Diagrammes d'analyse chimique d'eaux

1 Fiche des caractéristiques principales de la nappe

1 Rapport B.R.G.M. DS.66.A.125.

Coupe technique de 10 sondages.



B.R.G.M

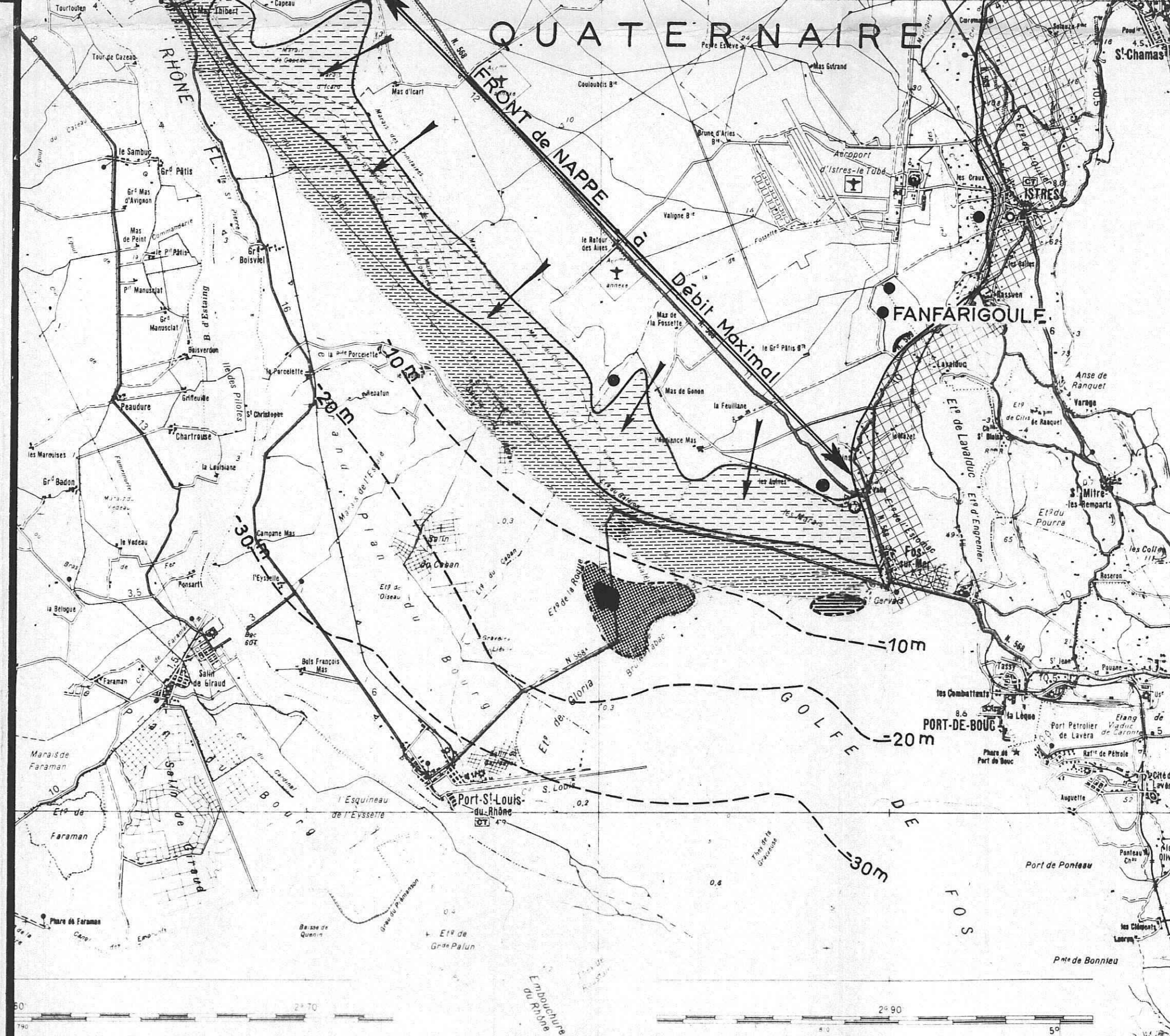
S.G.R.P.C

Fig.120

LA CRAU






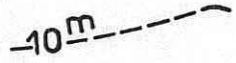




SCHÉMA HYDROGÉOLOGIQUE

Echelle : 1 / 100.000



LÉGENDE

Limites de la Crau

-  Affleurement du substratum au N et à l'E
-  Recouvrement par les dépôts récents du delta du Rhône à l'W
-  Limite entre la Crau Quaternaire S.E et la Crau Villafranchienne N.W
-  Sens d'écoulement de la nappe
-  Zone d'émergence de la nappe
-  Courbes de niveau du toit des cailloutis de la Crau sous le delta du Rhône
-  Principaux points d'exploitation de la nappe
-  Affleurement de calcaire urgonien
-  Zone reconnue où le calcaire urgonien forme le substratum des cailloutis
-  Zone possible d'émergence sous-marine

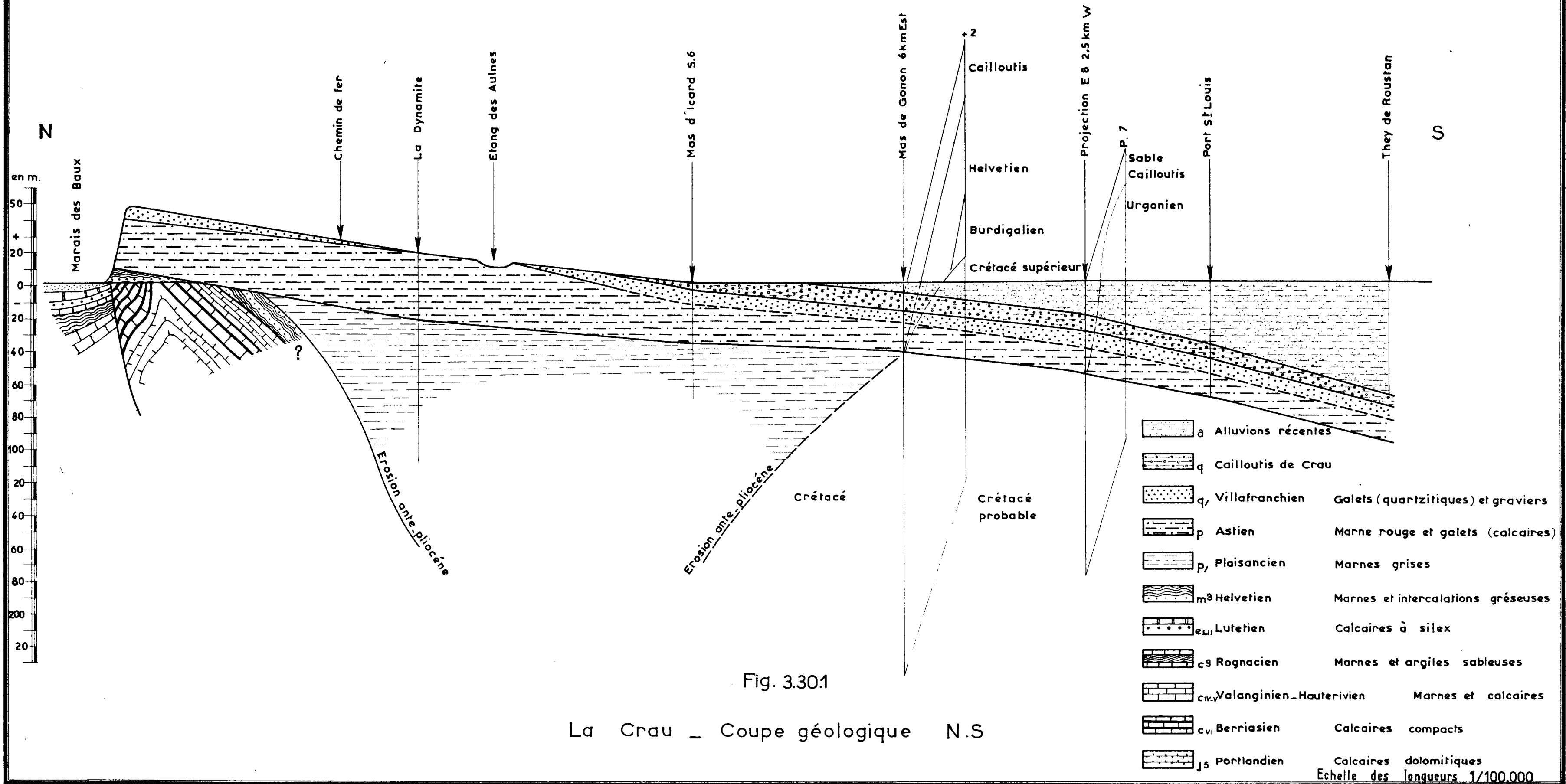


Fig. 3.32

CARTE DU SUBSTRATUM

Isobathes du substratum

Altitude
Limite théorique
d'une extension éventuelle
de l'eau salée

• 42.05 Altitude du substratum

Faïlle

Echelle 1/50.000

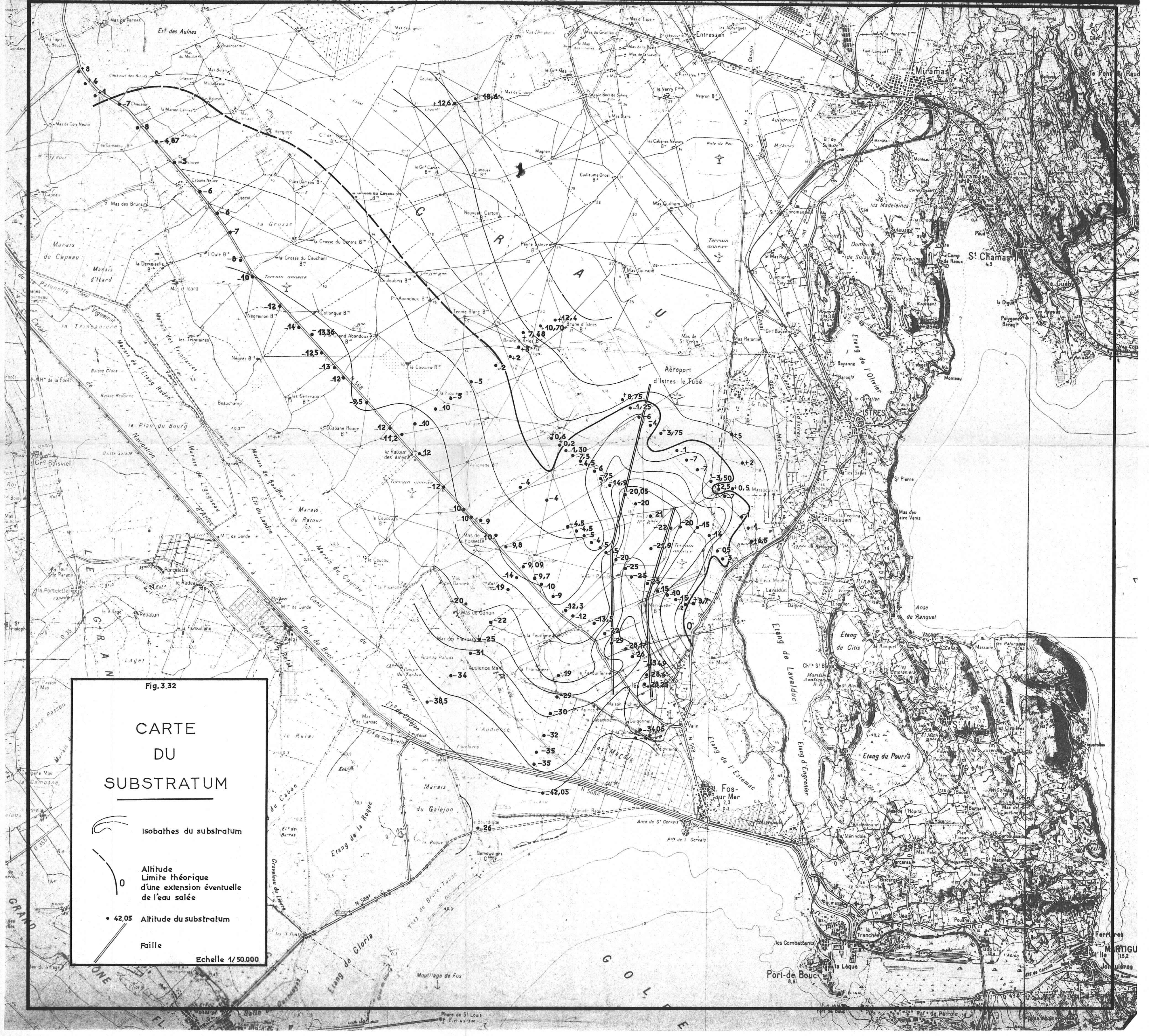


Fig. 3.32.5

Coupe Nord Sud Basse Crau

Région d'Istres à Fos

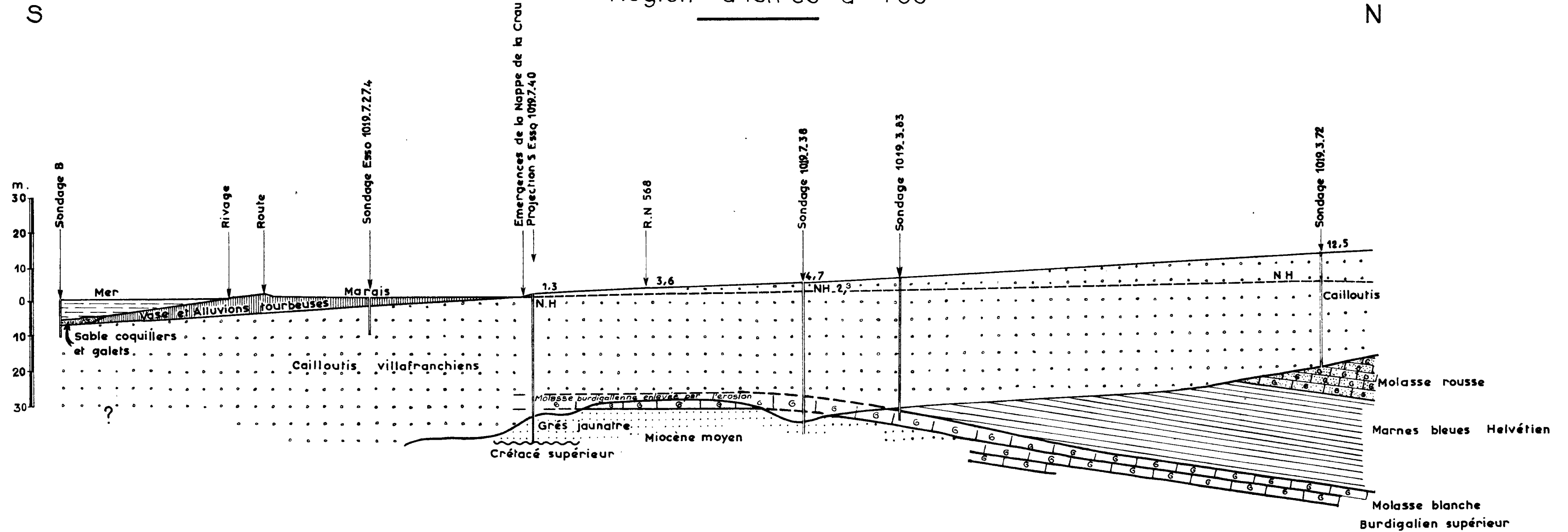
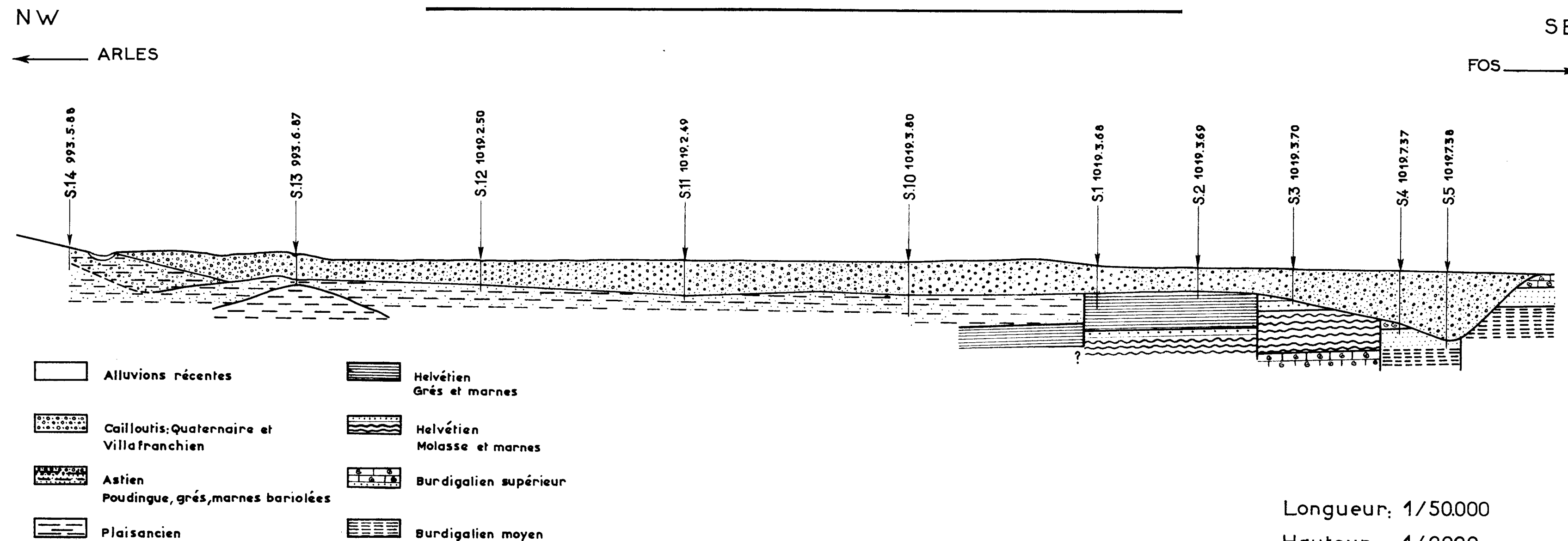


Fig. 3.32.6

Coupe NW-SE dans la Basse Crau (route de FOS à ARLES)



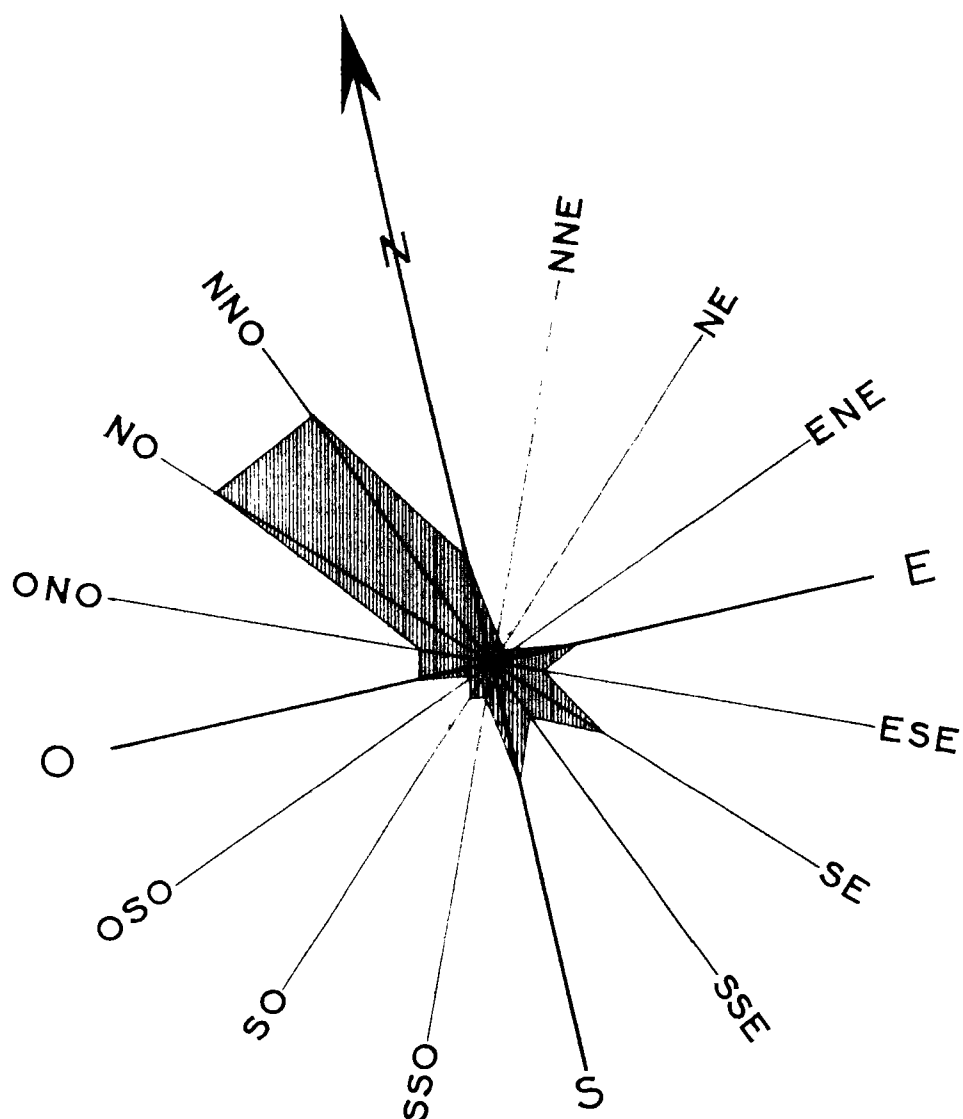


Fig. 4.20

FRÉQUENCE EN DIRECTION DES VENTS
DE VITESSE SUPÉRIEURE A 2m/Sec.

Moyenne pour 1000 observations Station d'ISTRES

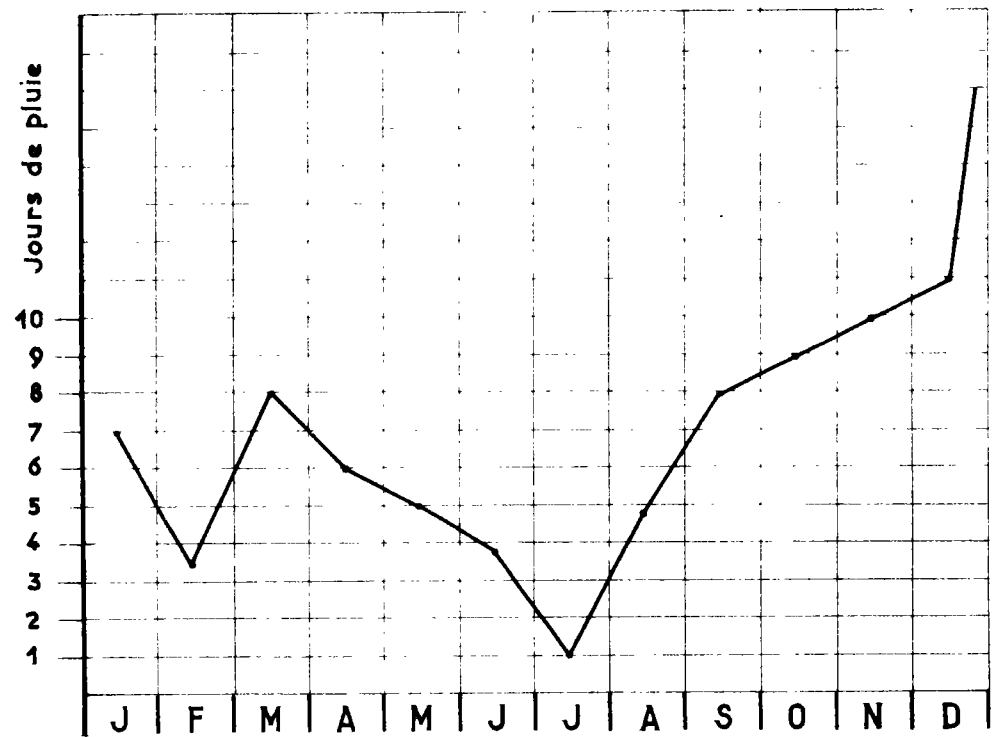


Fig. 4.32

Moyennes mensuelles du nombre de jours de pluie

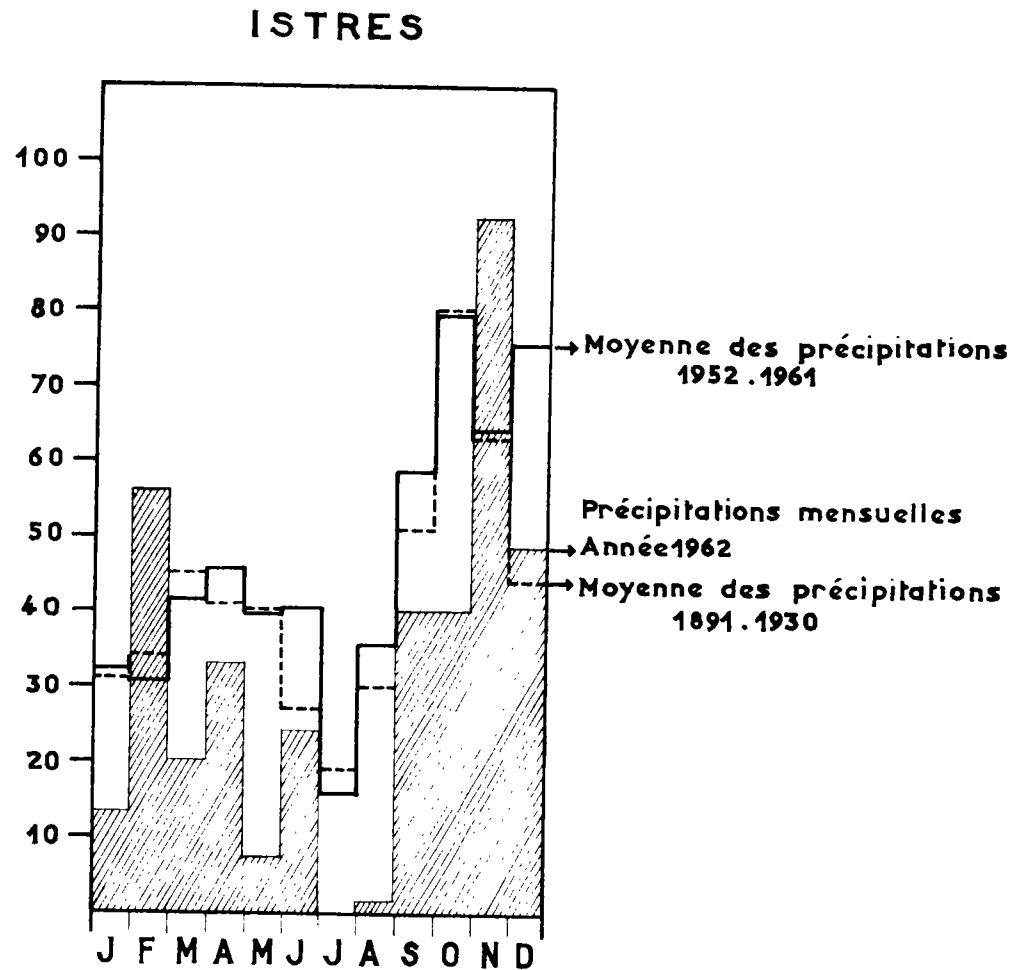


Fig. 4.33

Comparaisons graphiques
entre le régime mensuel des pluies (année 1962)
et les moyennes pluri-annuelles (station d'Istres)

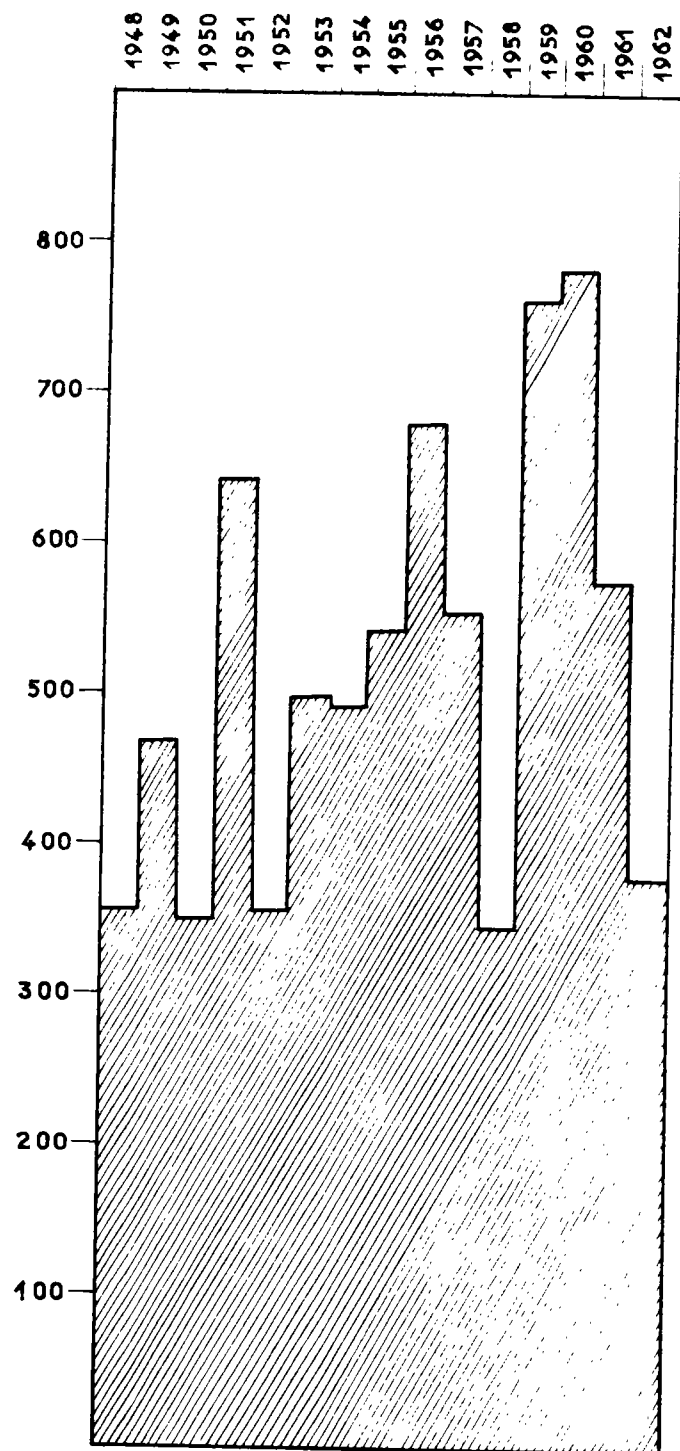


Fig . 434

Hauteur des précipitations annuelles relevées à la station d'ISTRES
Période 1948.1962

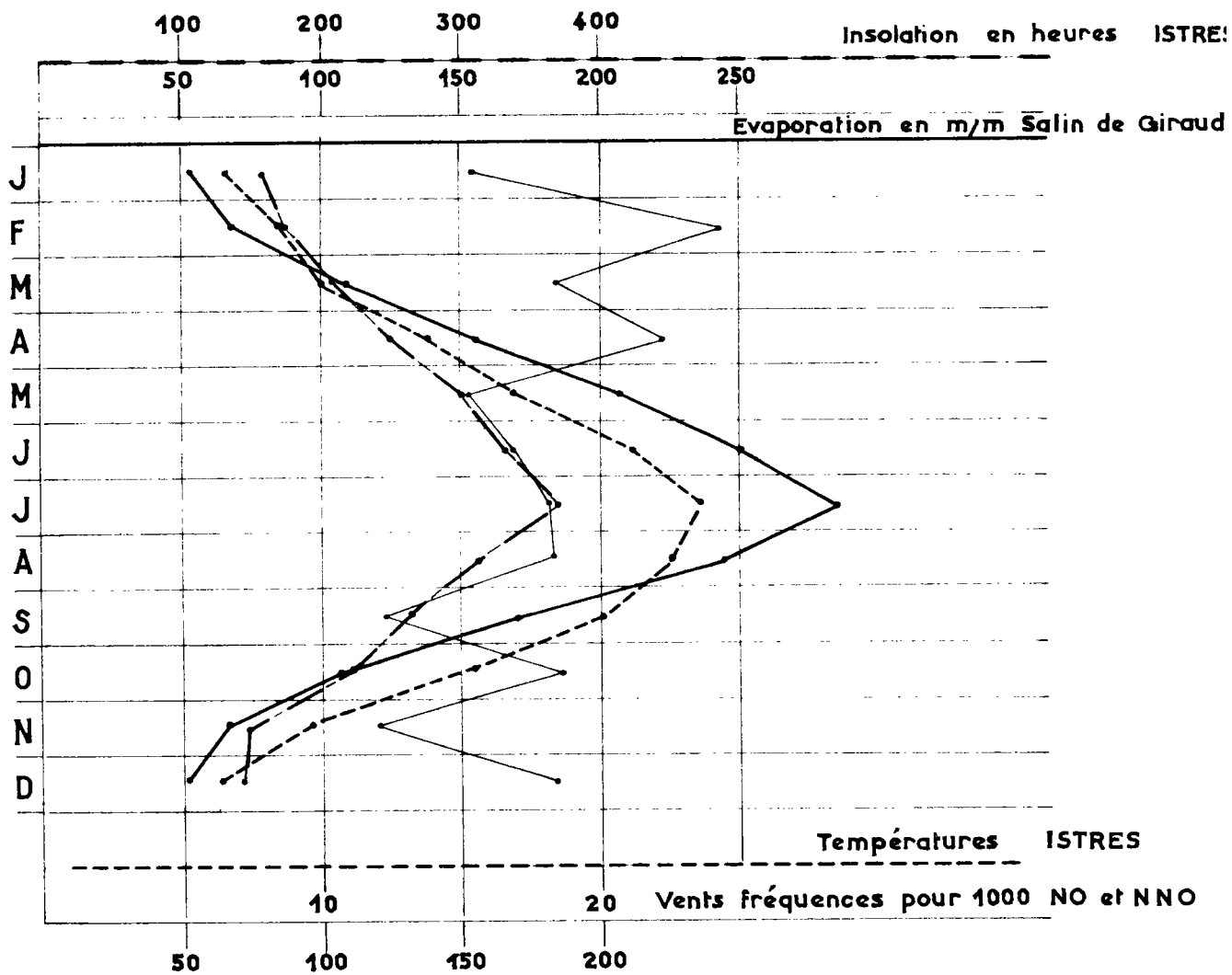


Fig. 4.40

INSOLATION . EVAPORATION . TEMPERATURES

DIAGRAMME DES VALEURS MENSUELLES

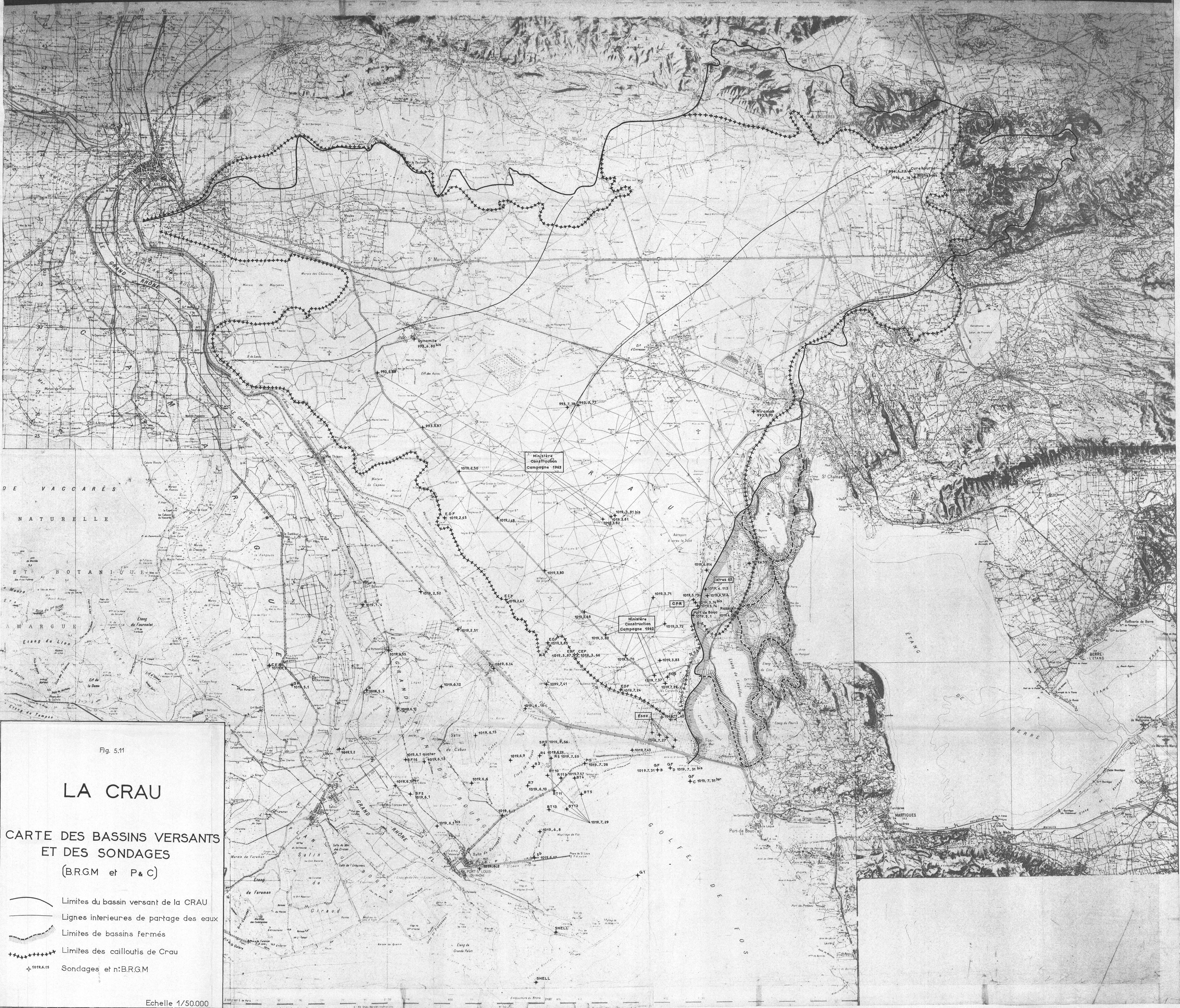


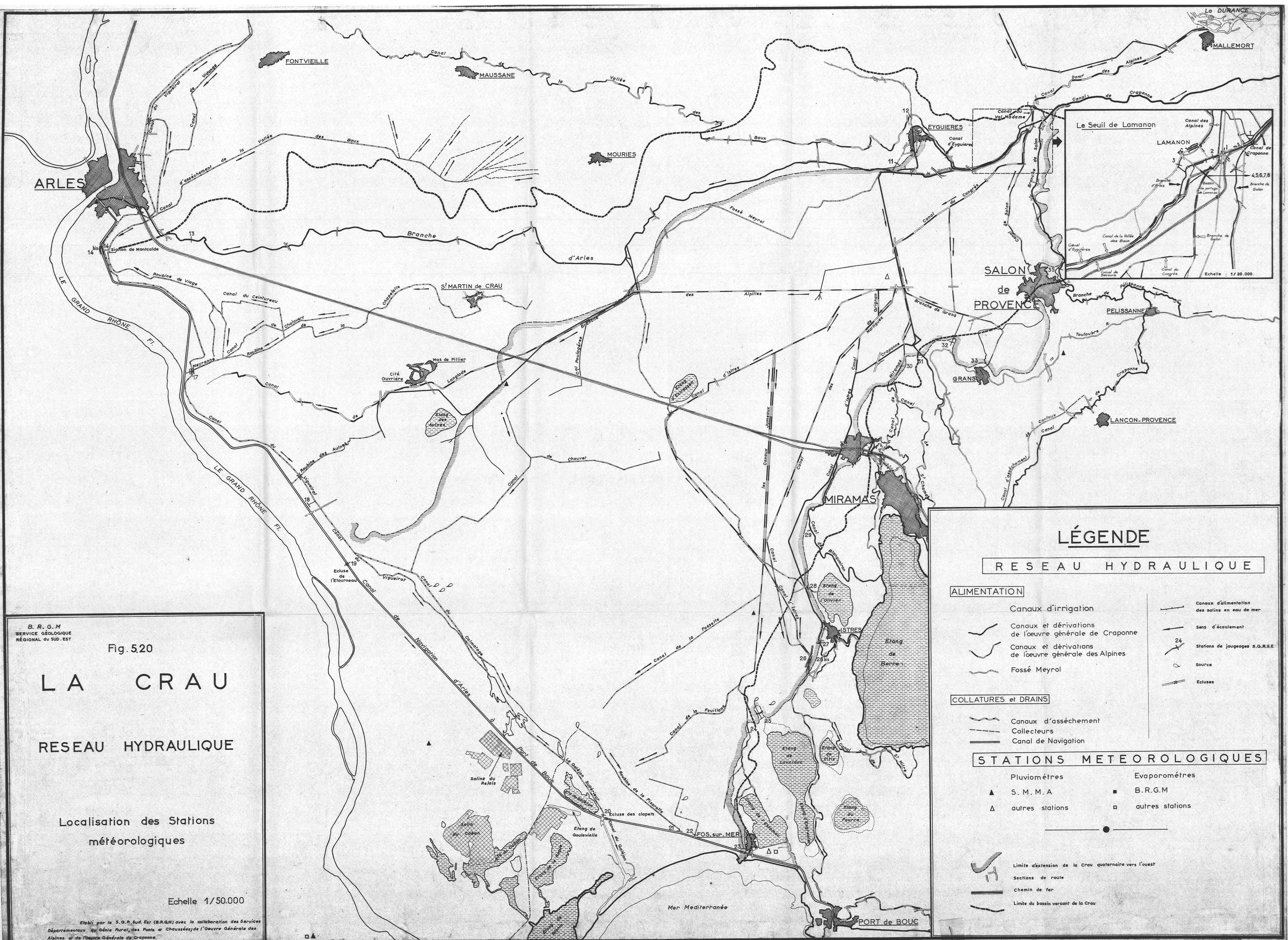
Fig. 5.11

LA CRAU

CARTE DES BASSINS VERSANTS
ET DES SONDAGES
(BRGM et P & C)

- Limites du bassin versant de la CRAU
- Lignes intérieures de partage des eaux
- Limites de bassins fermés
- +++++ Limites des cailloutis de Crau
- ★ 1019.6.15 Sondages et n° BRGM

Echelle 1/50.000



B. R. G. M.
SERVICE GÉOLOGIQUE
RÉGIONAL DU SUD-EST

Fig. 520

LA CRAU

RESEAU HYDRAULIQUE

Localisation des Stations
météorologiques

Echelle 1/50.000

Établi par le S.G.R. Sud-Est (B.R.G.M.) avec la collaboration des Services
Départementaux du Génie Rural, des Ponts, et Chaussées de l'Œuvre Générale des
Alpes, et de l'Œuvre Générale de Craponne.

LÉGENDE

RESEAU HYDRAULIQUE

ALIMENTATION

- Canaux d'irrigation
- Canaux et dérivations de l'œuvre générale de Craponne
- Canaux et dérivations de l'œuvre générale des Alpes
- Fossé Meyrol
- Canaux d'alimentation des salins en eau de mer
- Sens d'écoulement
- Stations de jaugeages S.G.R.S.E.
- Source
- Ecluses

COLLATURES et DRAINS

- Canaux d'assèchement
- Collecteurs
- Canal de Navigation

STATIONS METEOROLOGIQUES

- Pluviomètres
- S. M. M. A
- autres stations
- Evaporomètres
- B. R. G. M.
- autres stations

- Limite d'extension de la Crau quaternaire vers l'ouest
- Sections de route
- Chemin de fer
- Limite du bassin versant de la Crau

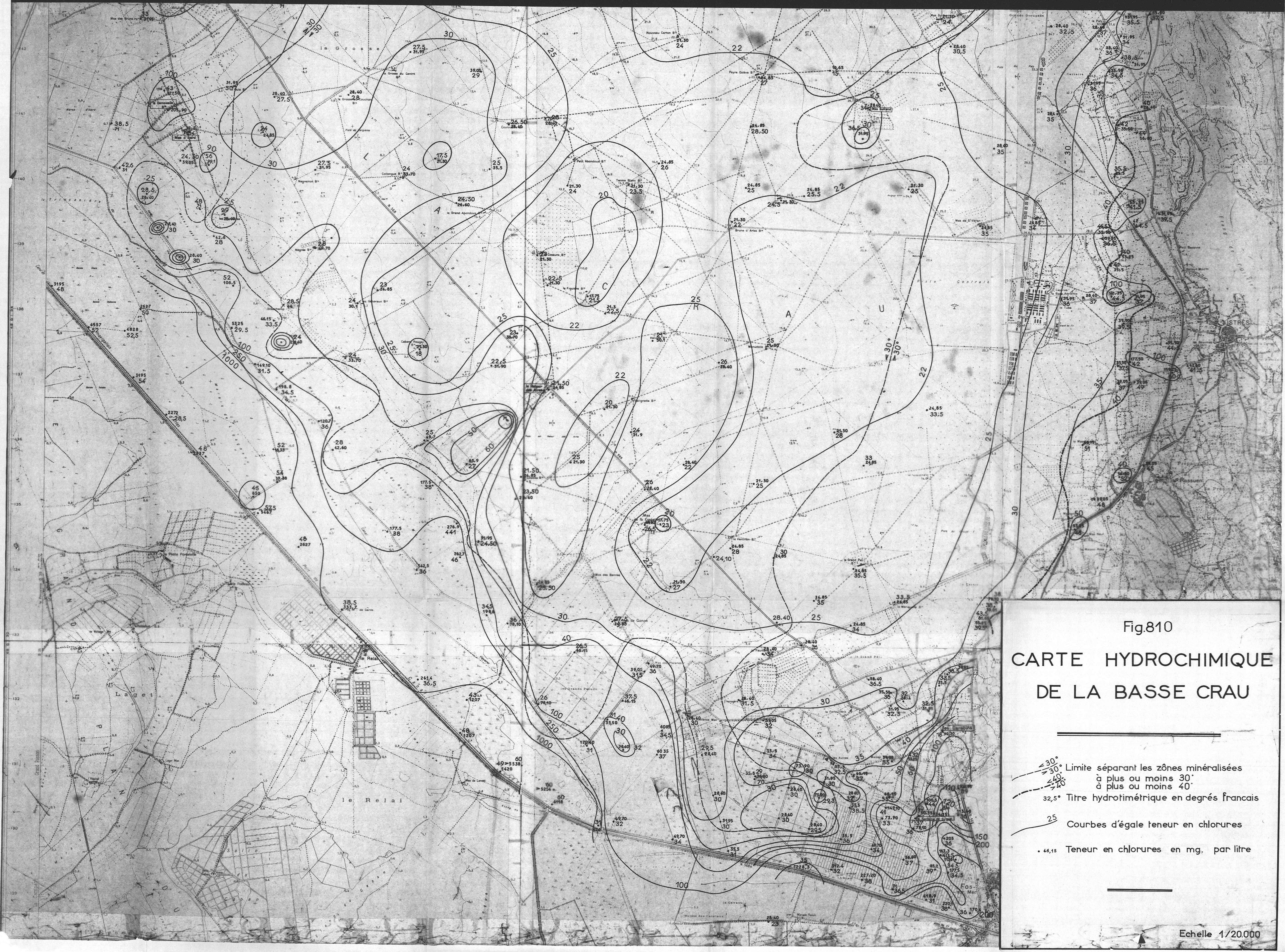


Fig.810
CARTE HYDROCHIMIQUE
DE LA BASSE CRAU

- 30°
30°
40°
32,5°
 - 25
 - 46,15
- Limite séparant les zones minéralisées à plus ou moins 30° à plus ou moins 40°
- Titre hydrochimique en degrés français
- Courbes d'égale teneur en chlorures
- Teneur en chlorures en mg. par litre

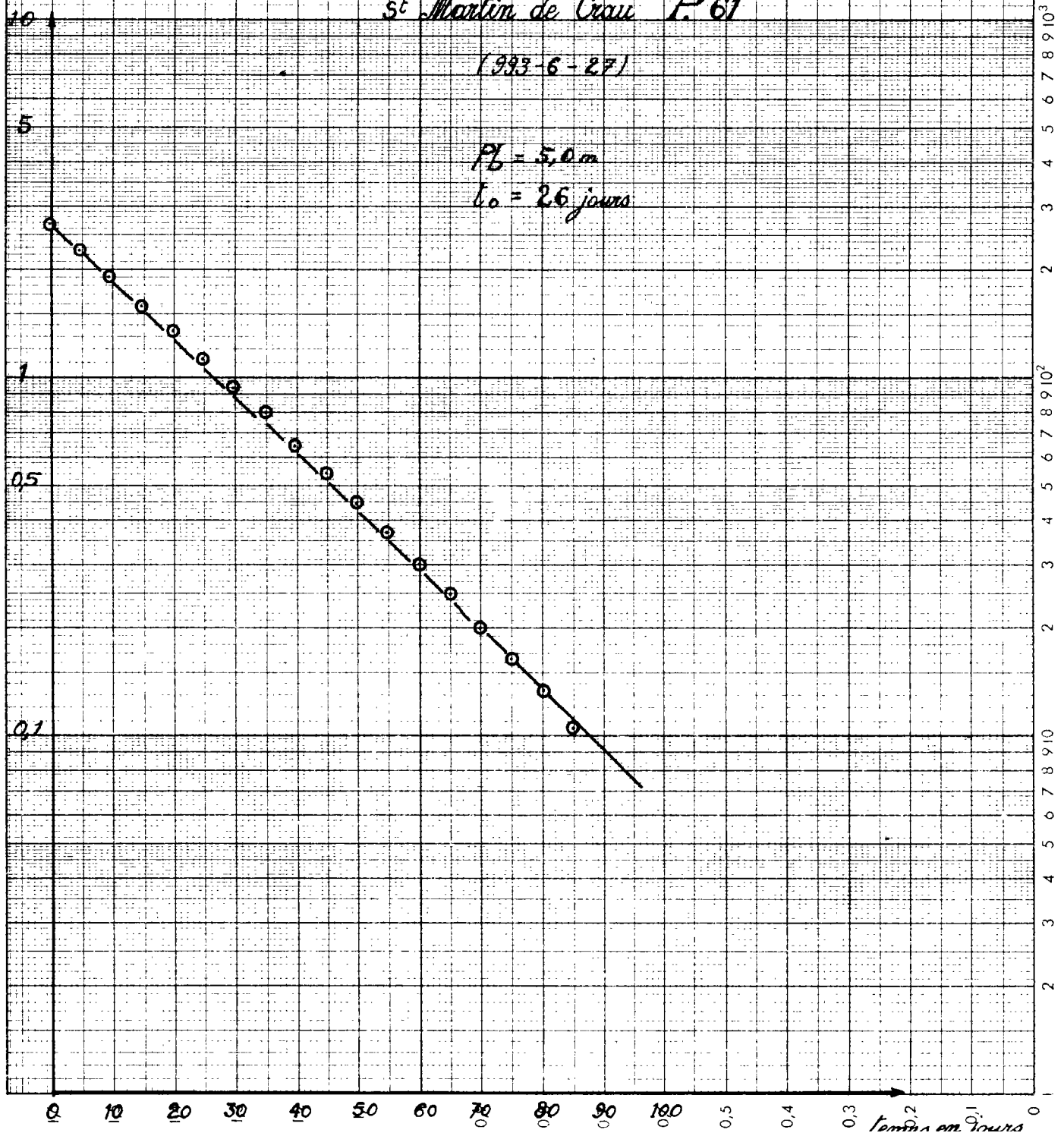
hauteur d'eau
 $h = p_b - p$
 en mètres

st Martin de Crau P. 61

(1993-6-27)

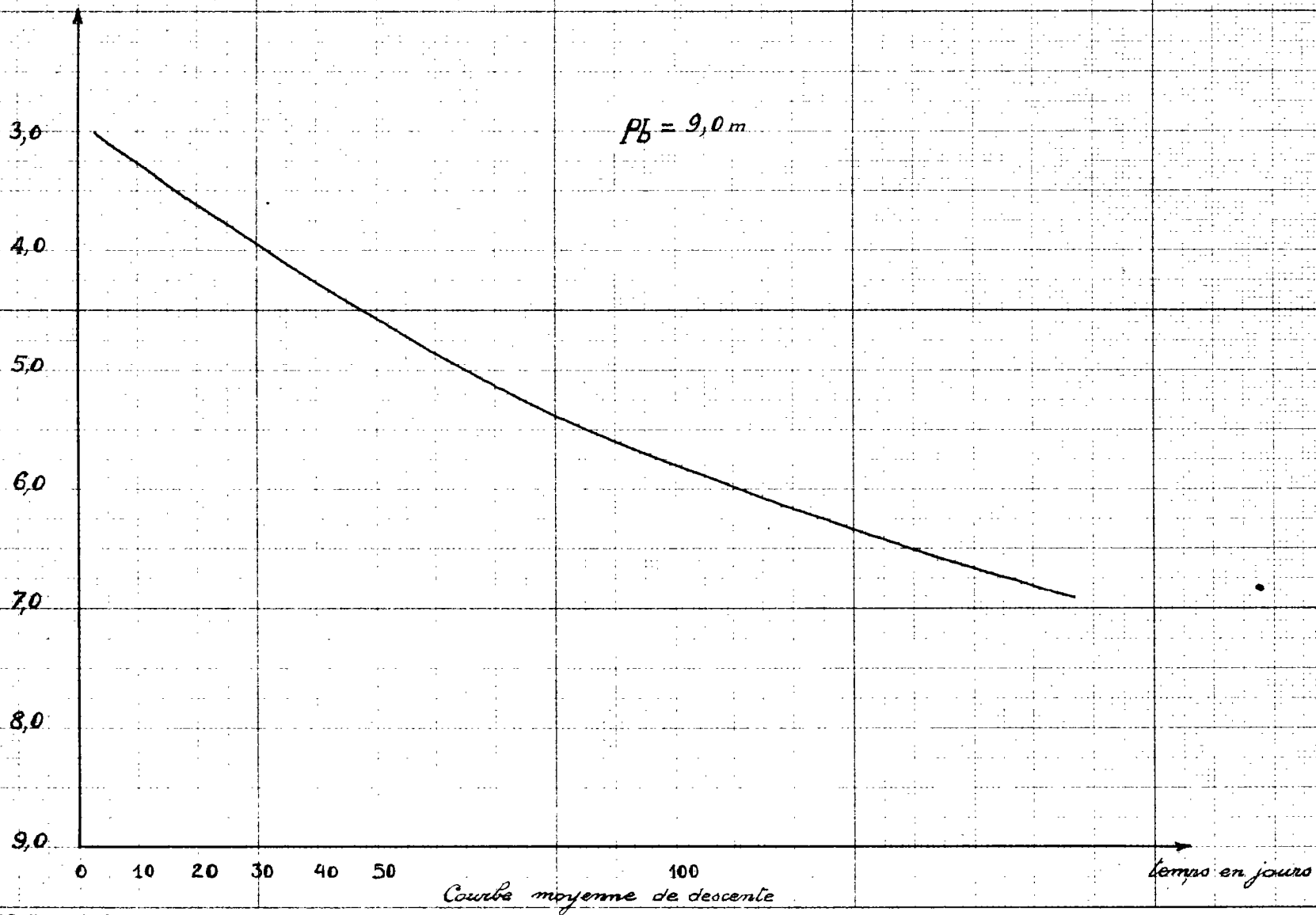
$p_b = 5,0 \text{ m}$

$t_0 = 26 \text{ jours}$



St Martin de Crau P. 18

(1993-8-24)

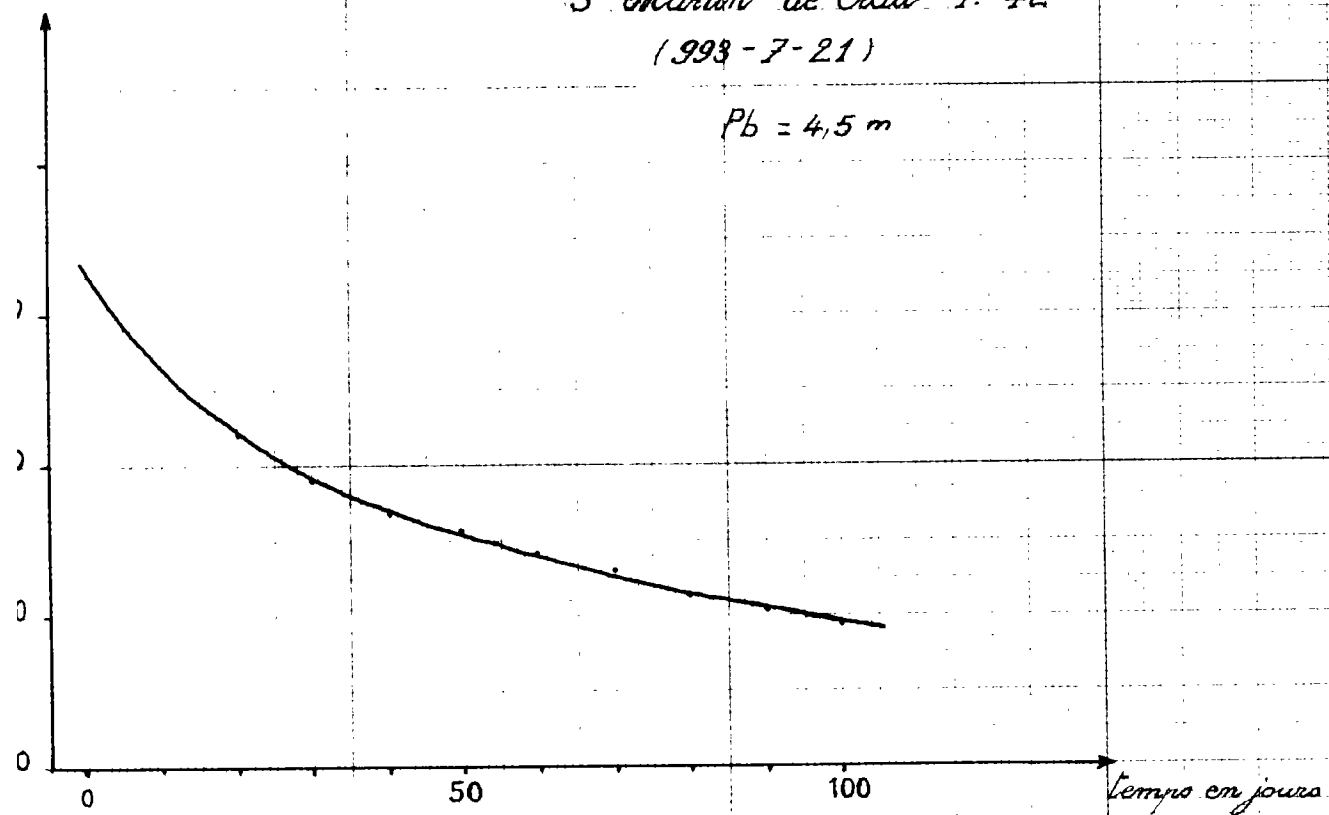
profondeur p
en mètres $p_b = 9,0 \text{ m}$ 

Courbe moyenne de descente

St Martin de Grau P 42
(1993-7-21)

$P_b = 4,5 \text{ m}$

hauteur p
mètres



Courbe moyenne de descente

St Martin de Crau P.7
(993-1-1)
 $P_B = 9,0 \text{ m}$

profondeur ρ
en mètres

2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
7,0
8,0
9,0

temps en jours

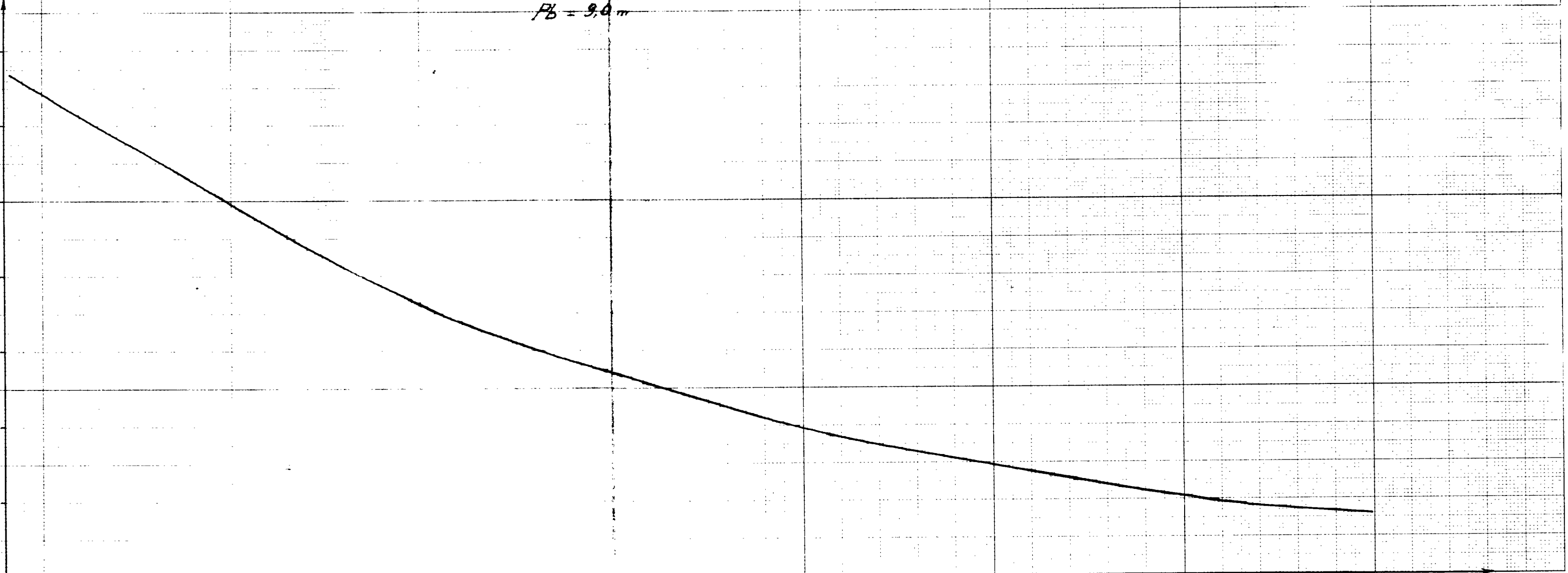
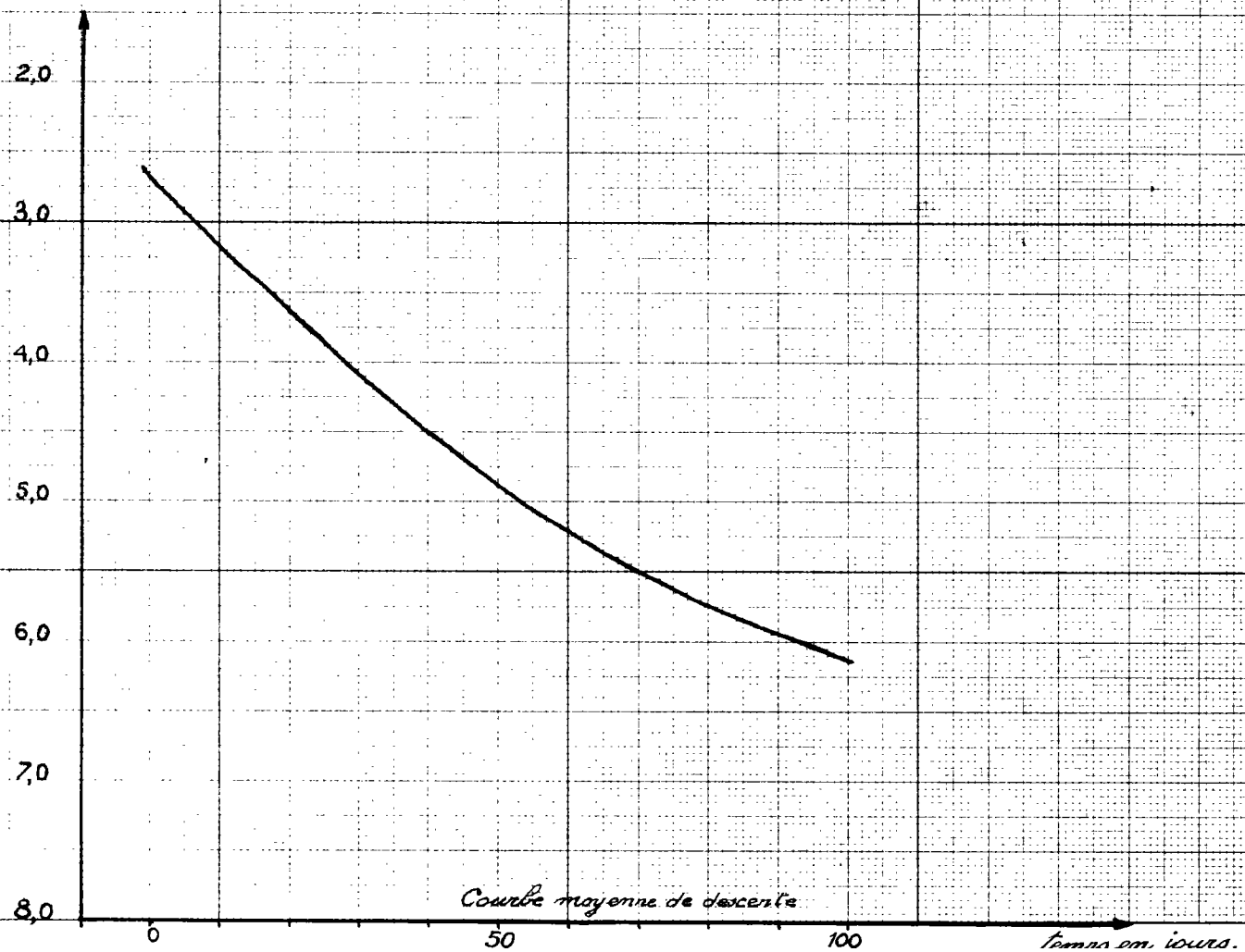


Fig. 10.1.34

Forles P45
(993-5-57)

*profondeur p.
en mètres*

$p_b = 8,0 m$



Courbe moyenne de descente

Fig. 10.1.35

St Martin de Grau P. 61

(993-6-27)

$P_b = 5,0m$

profondeur p
en mètres

2,0

3,0

4,0

5,0

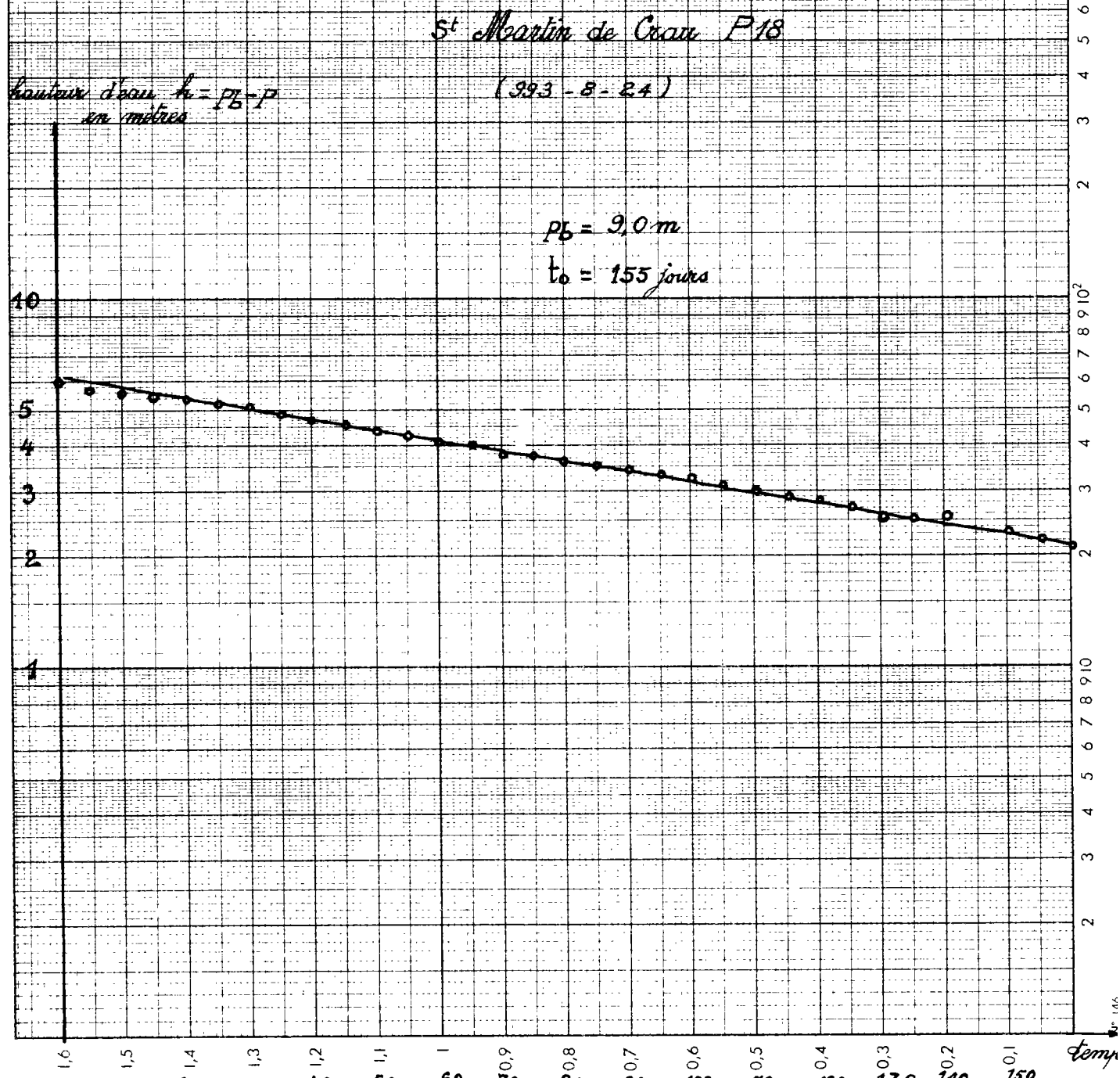
0

50

100

temps en jours

Courbe moyenne de descente



hauteur d'eau $h = p_b - p$
en mètres

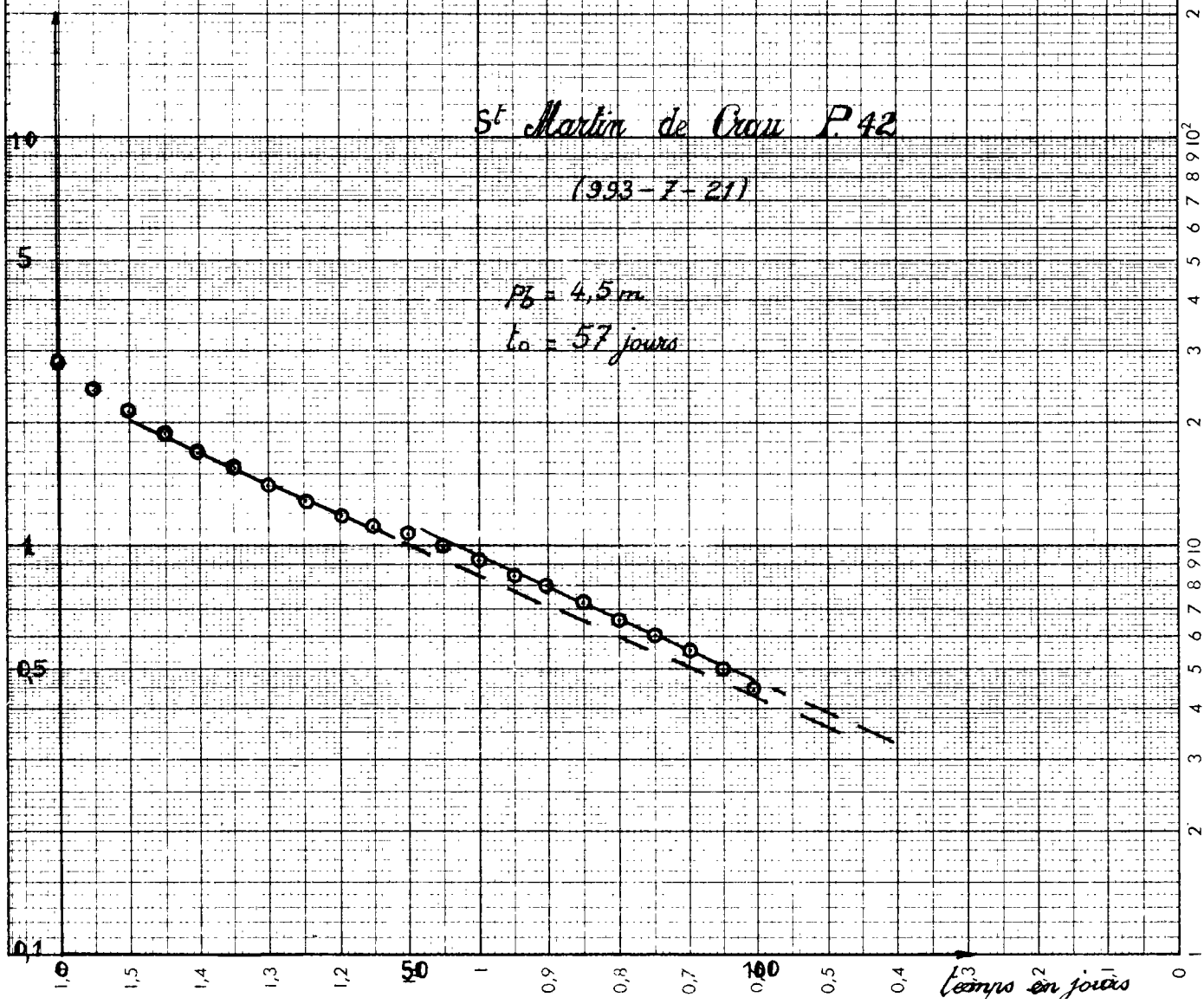


Fig. 10.1.38

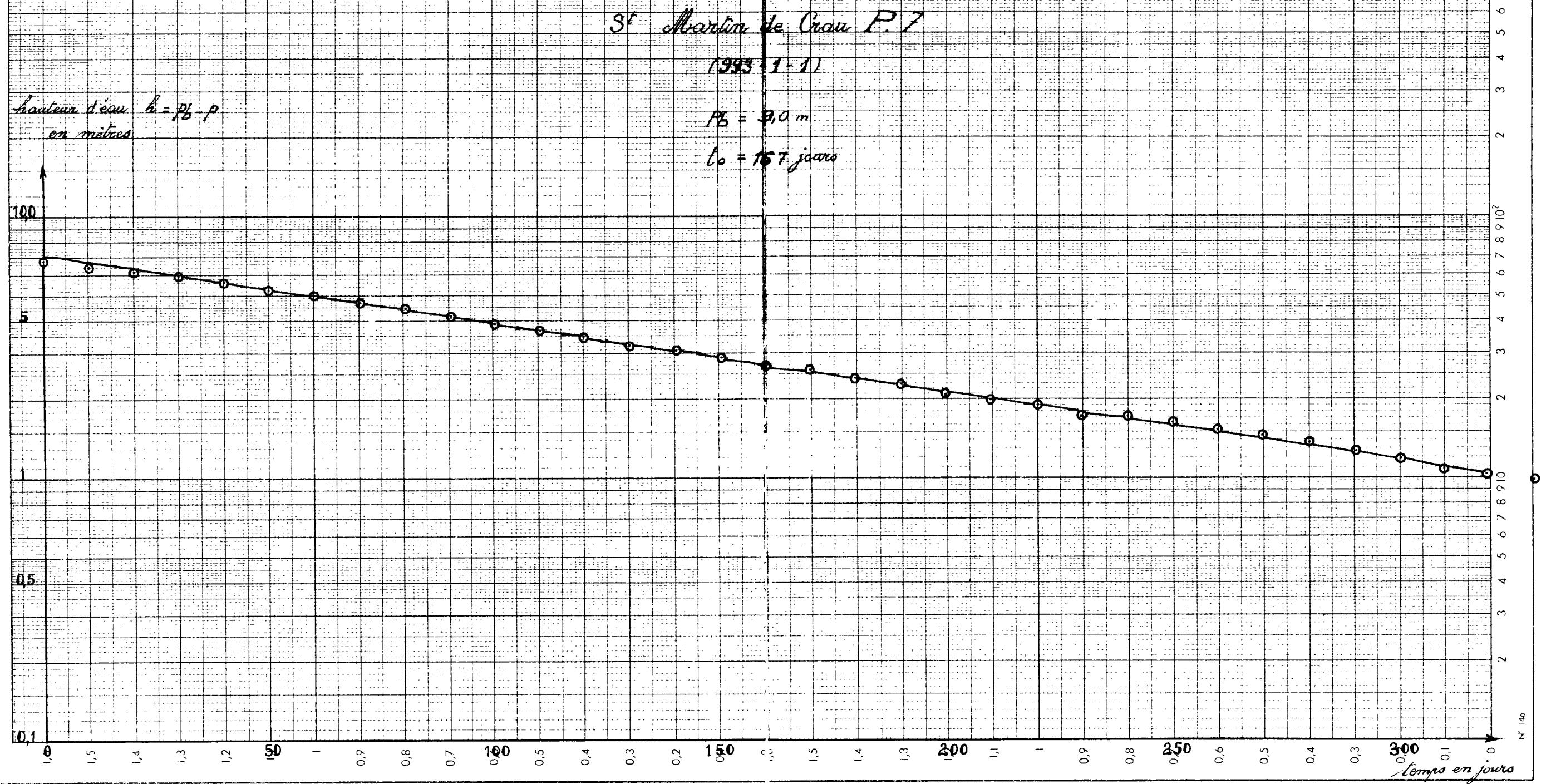
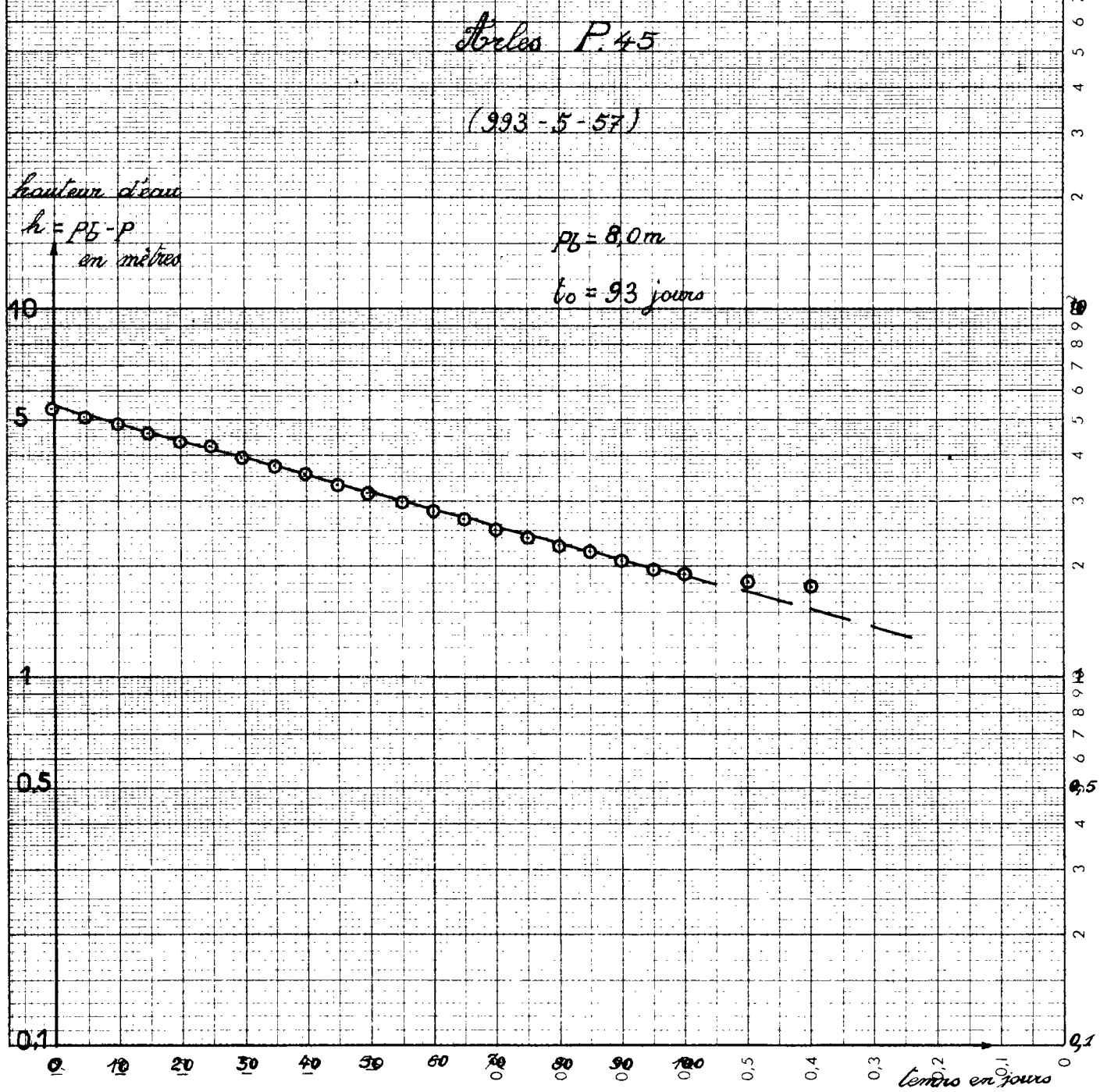
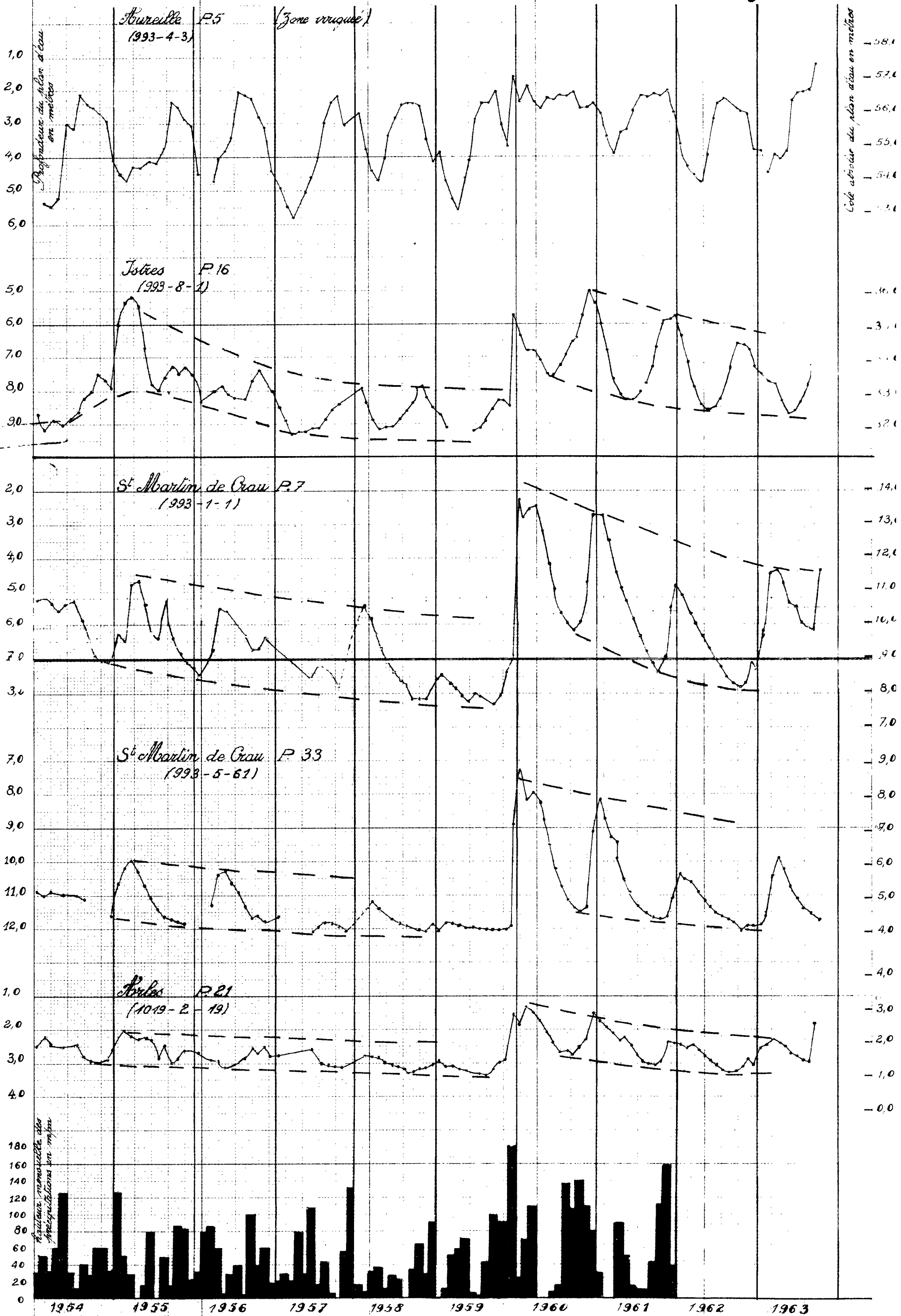


Fig. 10.1.39



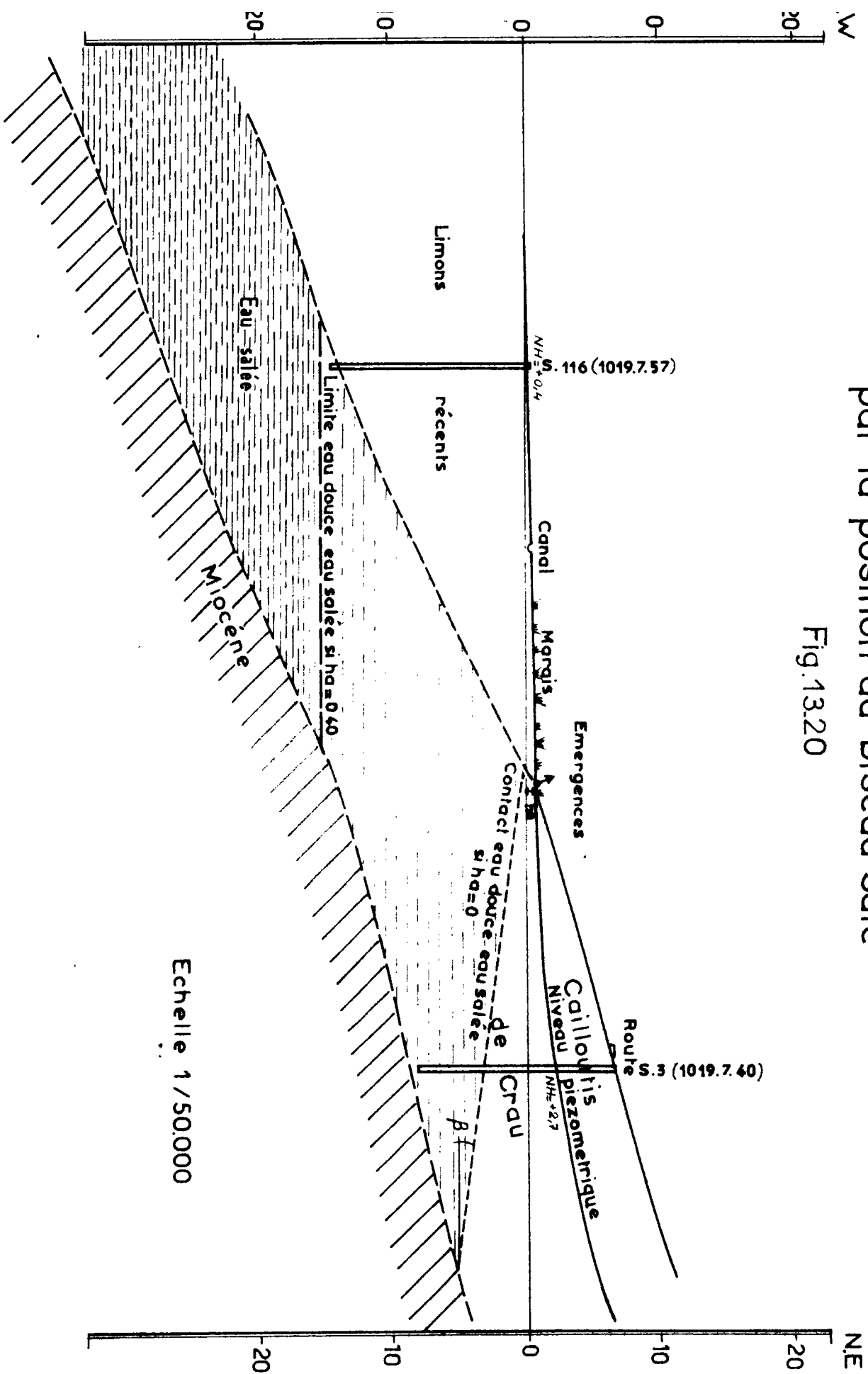
Variation décennale du niveau deau dans 5 puits
selectionnés.

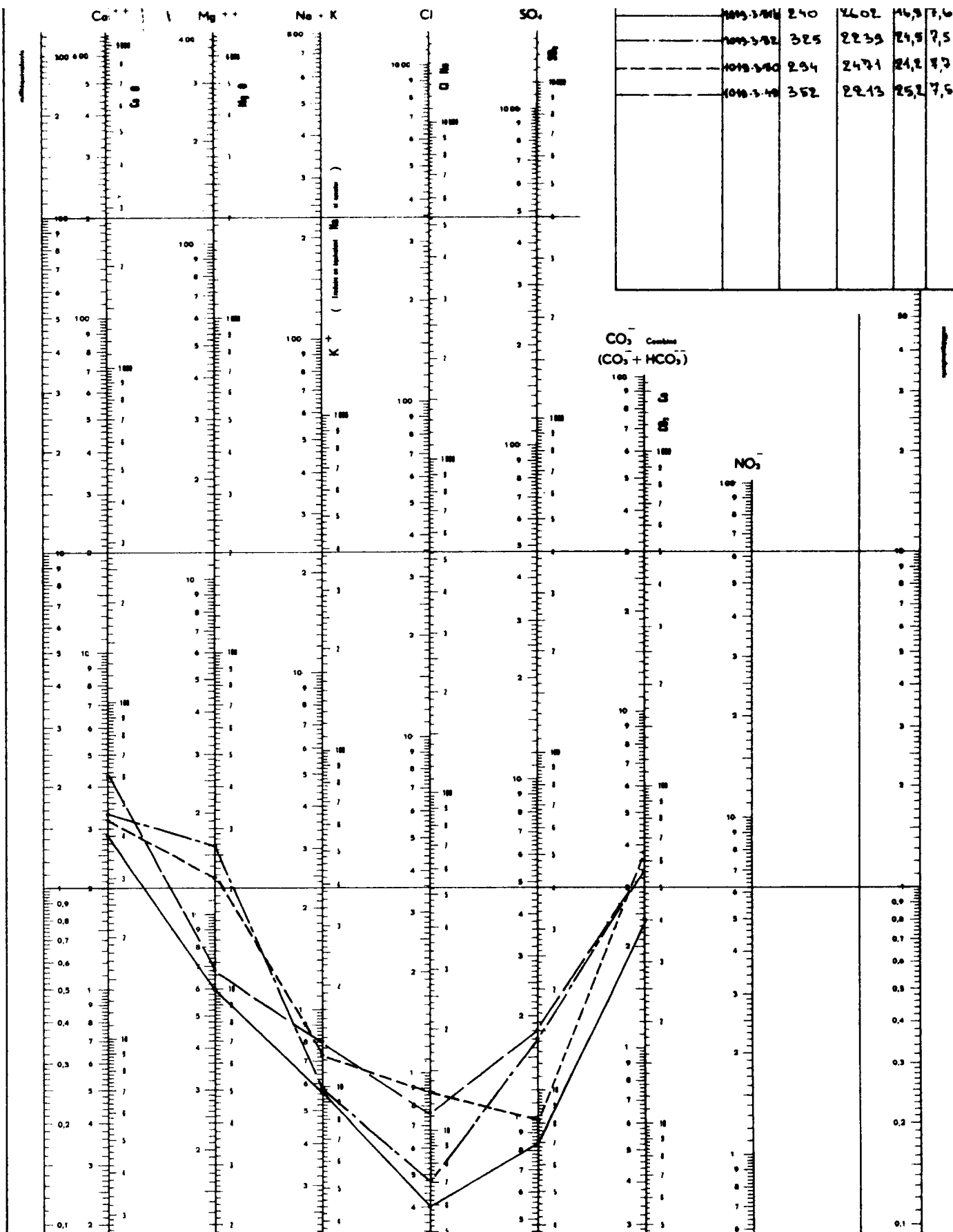
Fig.10.20

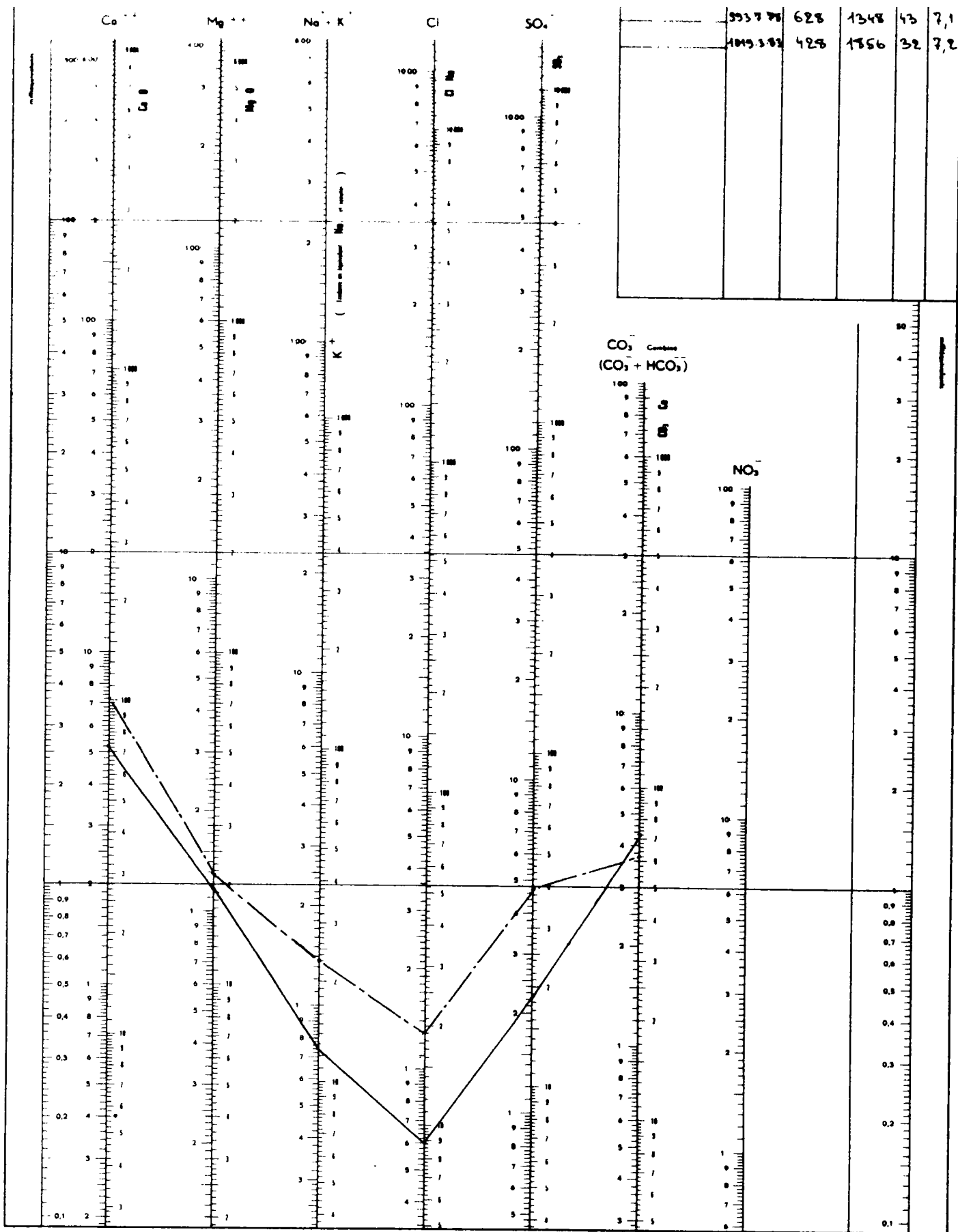


Limitation de l'exploitation de la nappe par la position du biseau salé

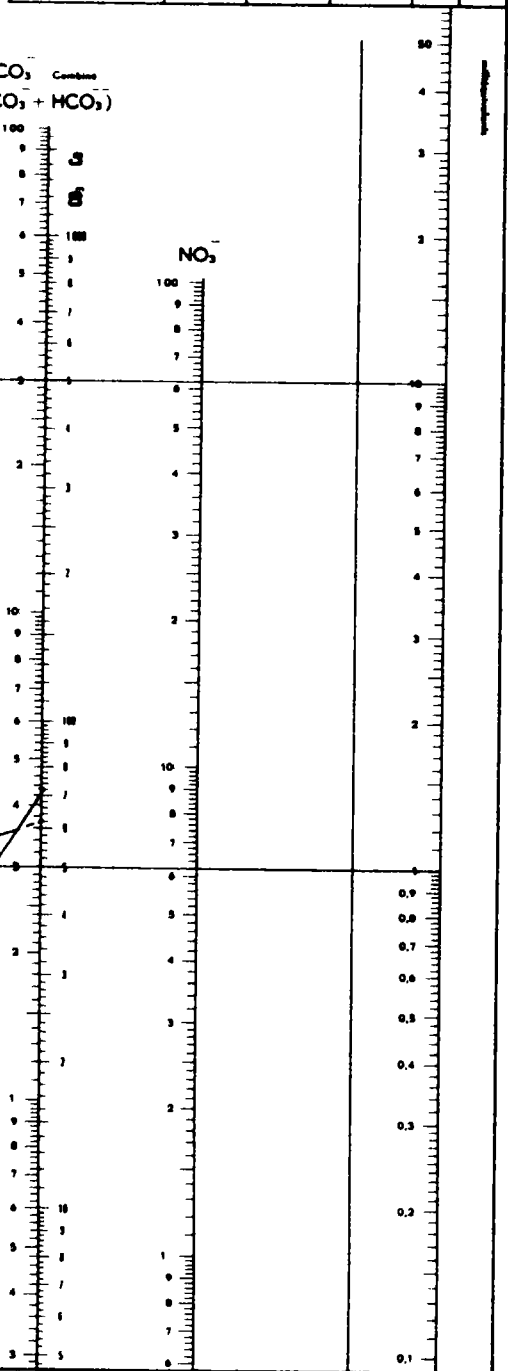
Fig.13.20

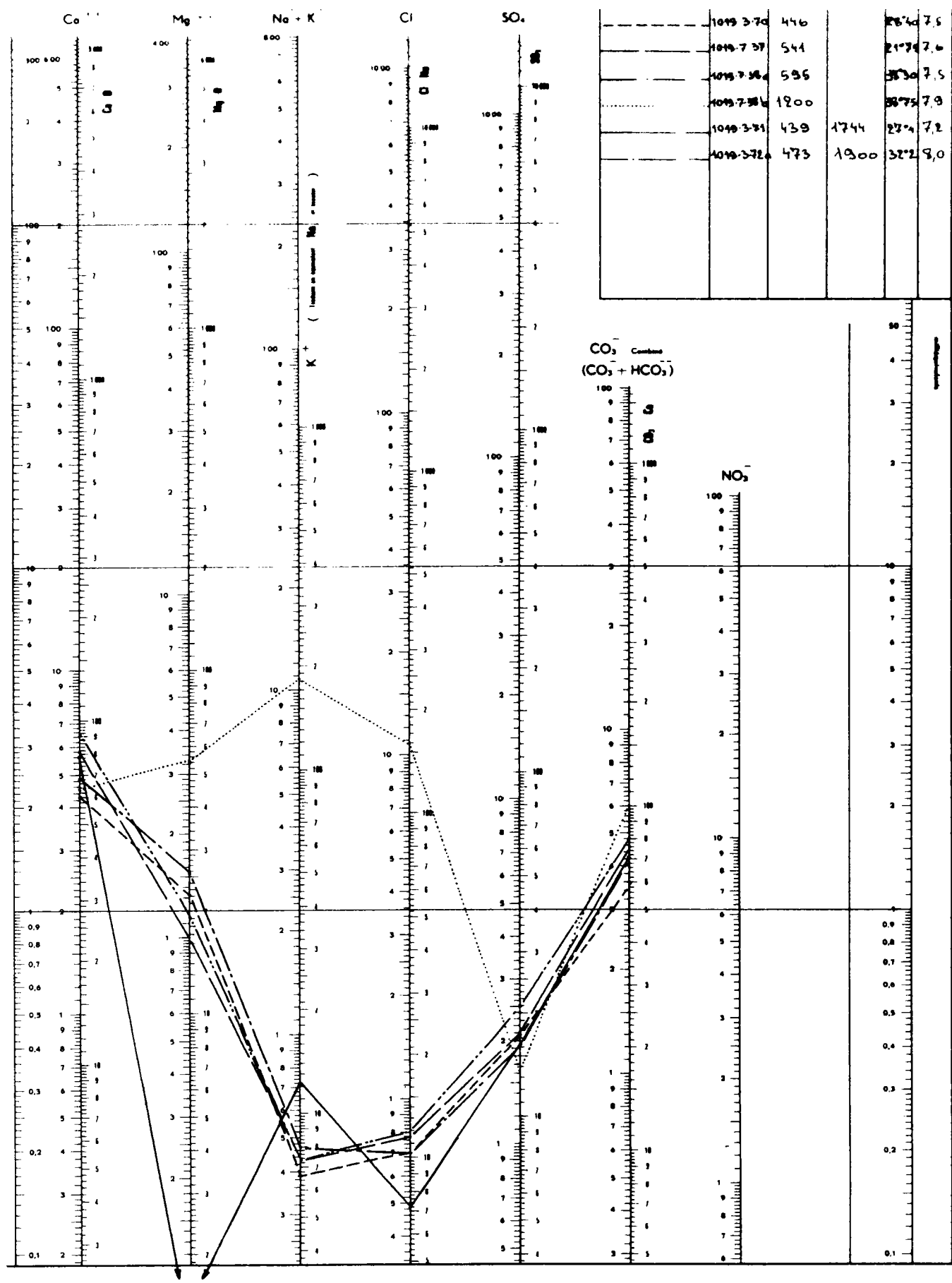


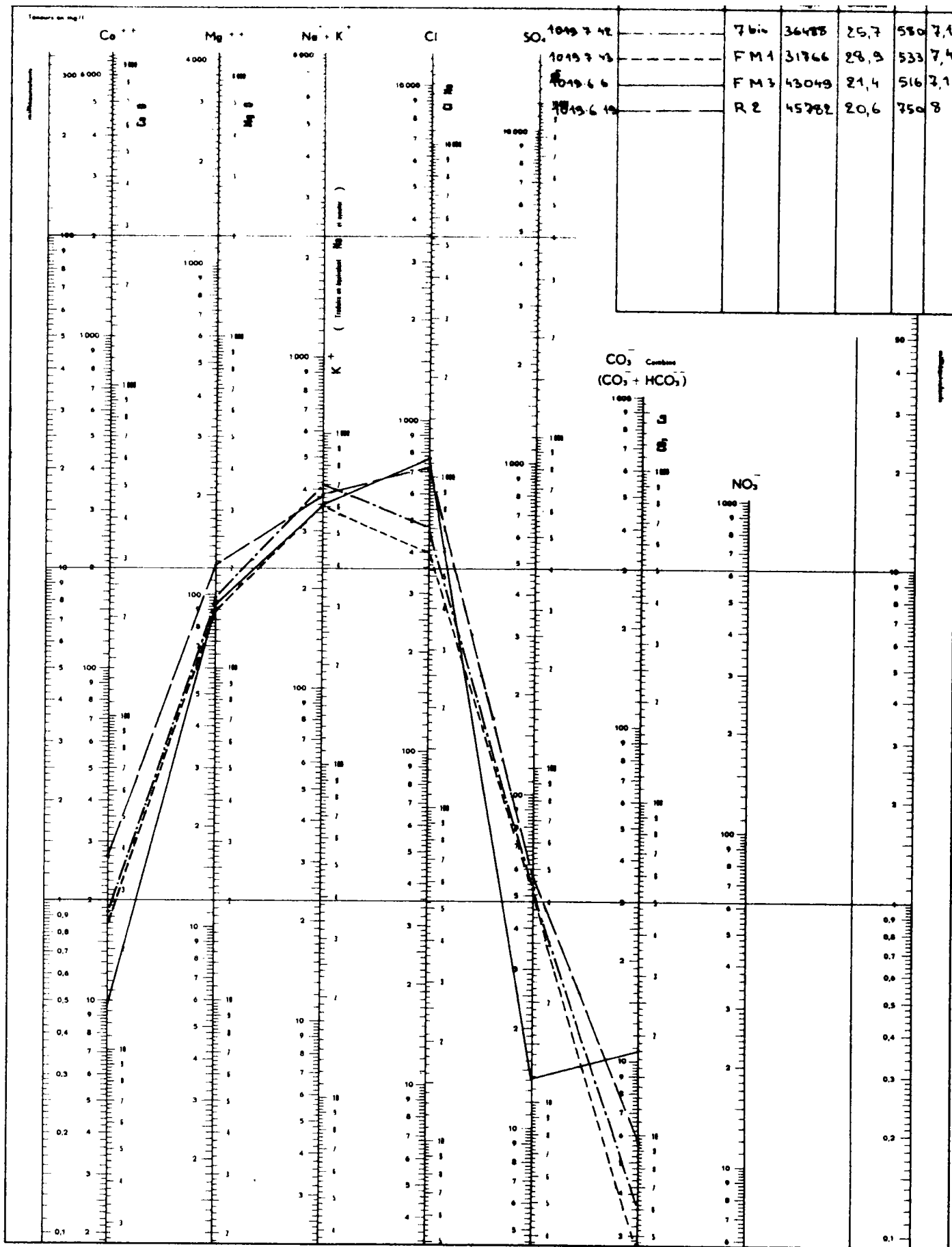


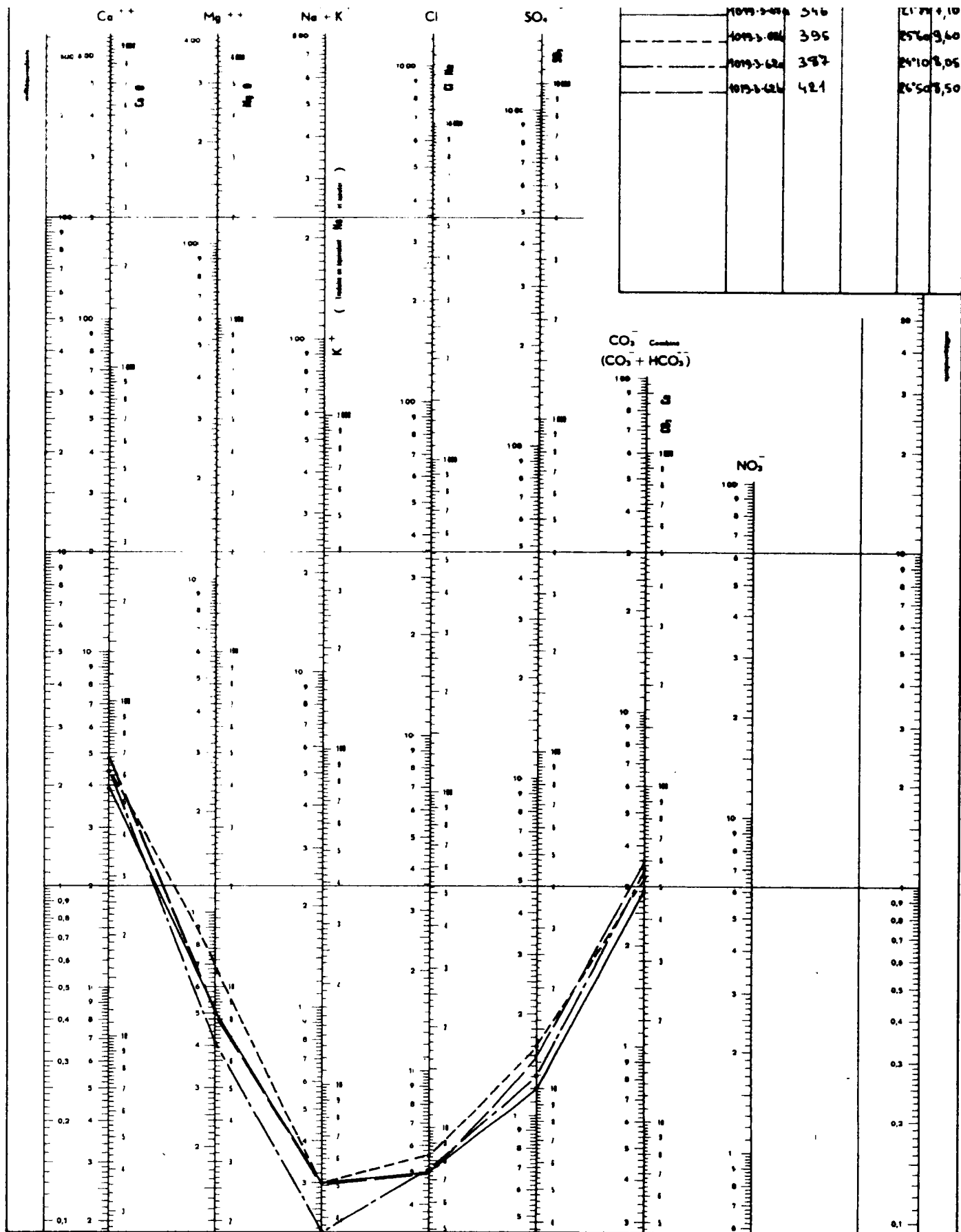


353.778	628	1348	43	7.1
1015.383	428	1856	32	7.2









Temperatures in mg/l

Ca ++

Mg ++

Na + K

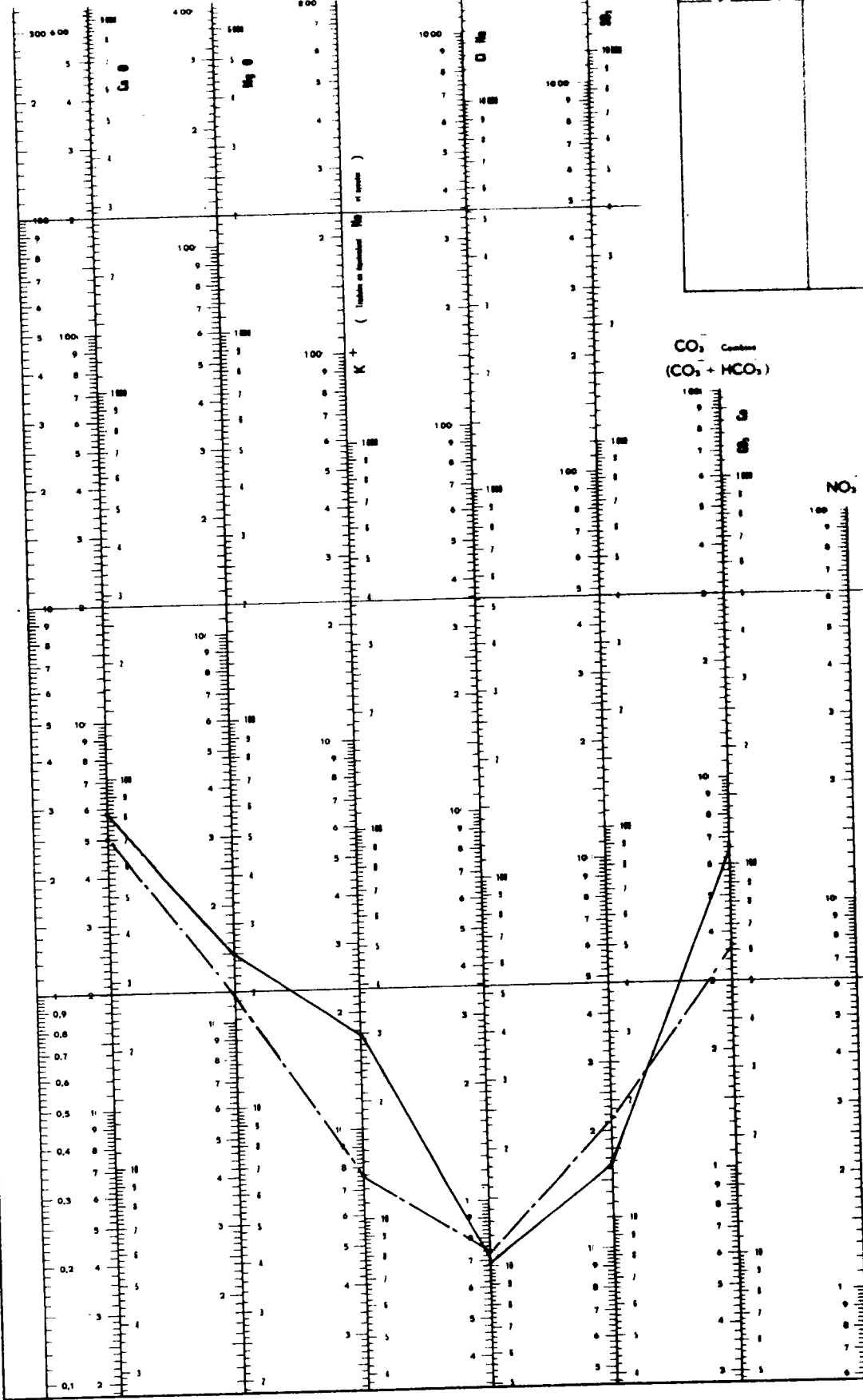
Cl

SO₄

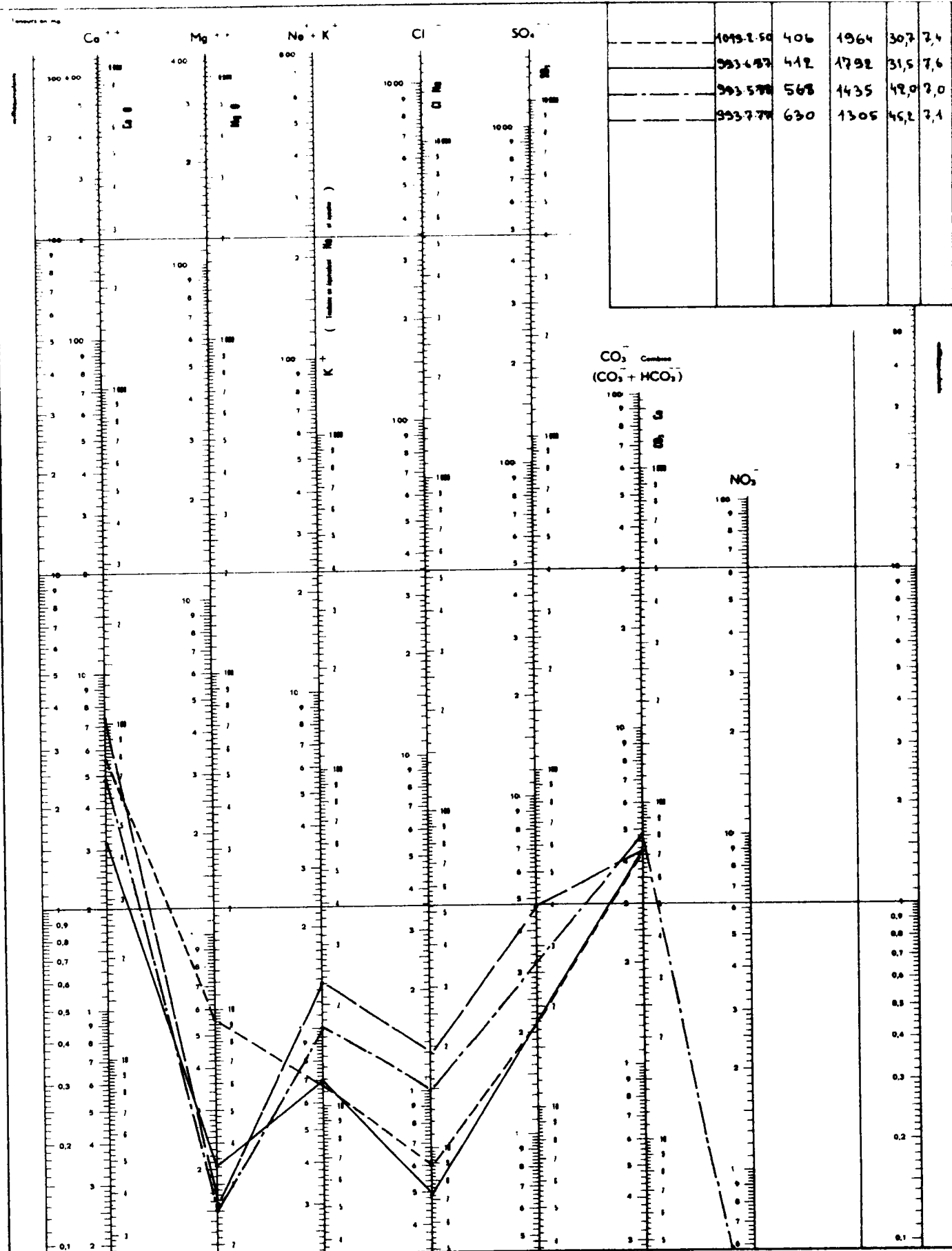
CO₂ Carbon
(CO₂ + HCO₃)

NO₃

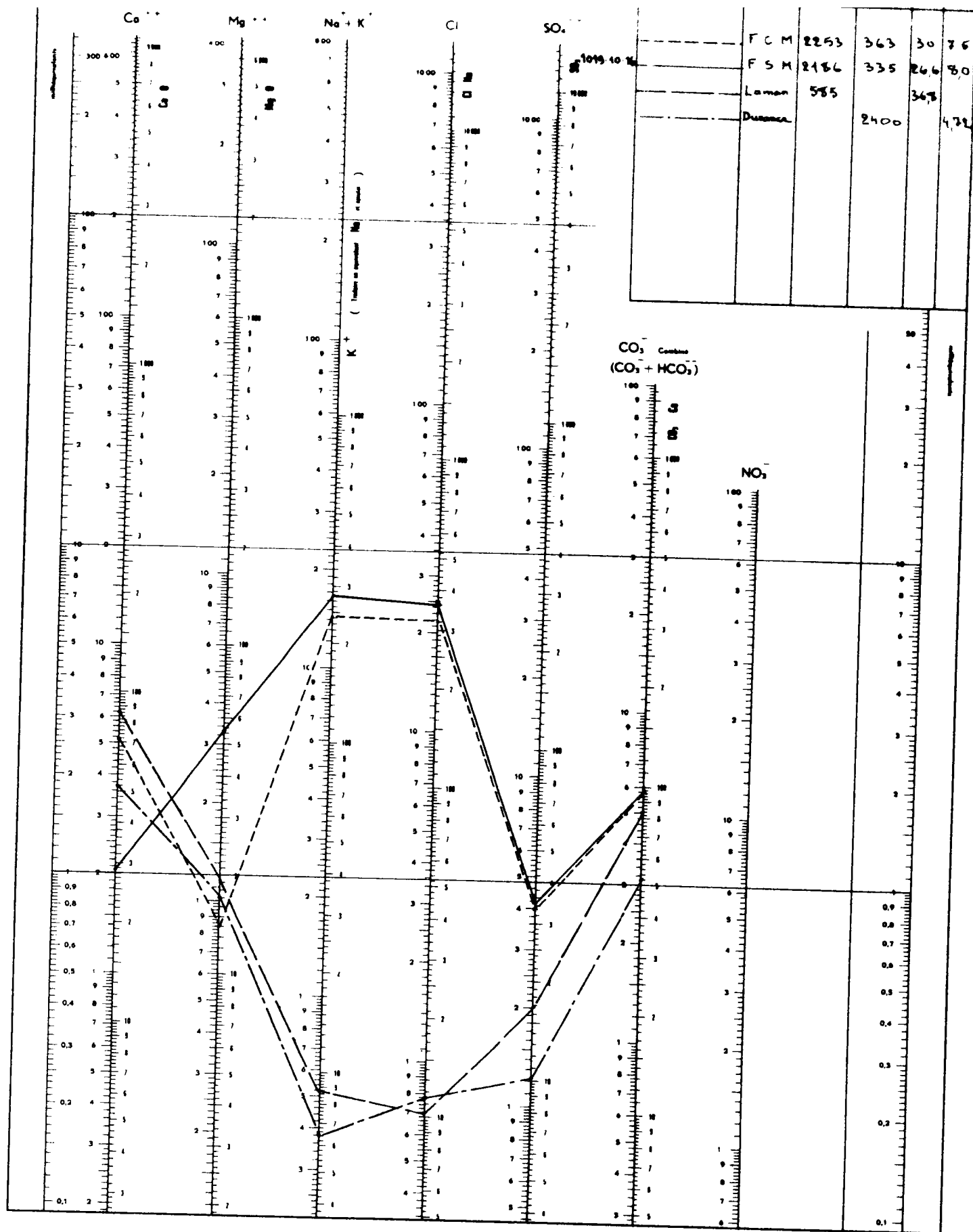
39.1.78	486	1850	3030	7.1
39.3.78	506			

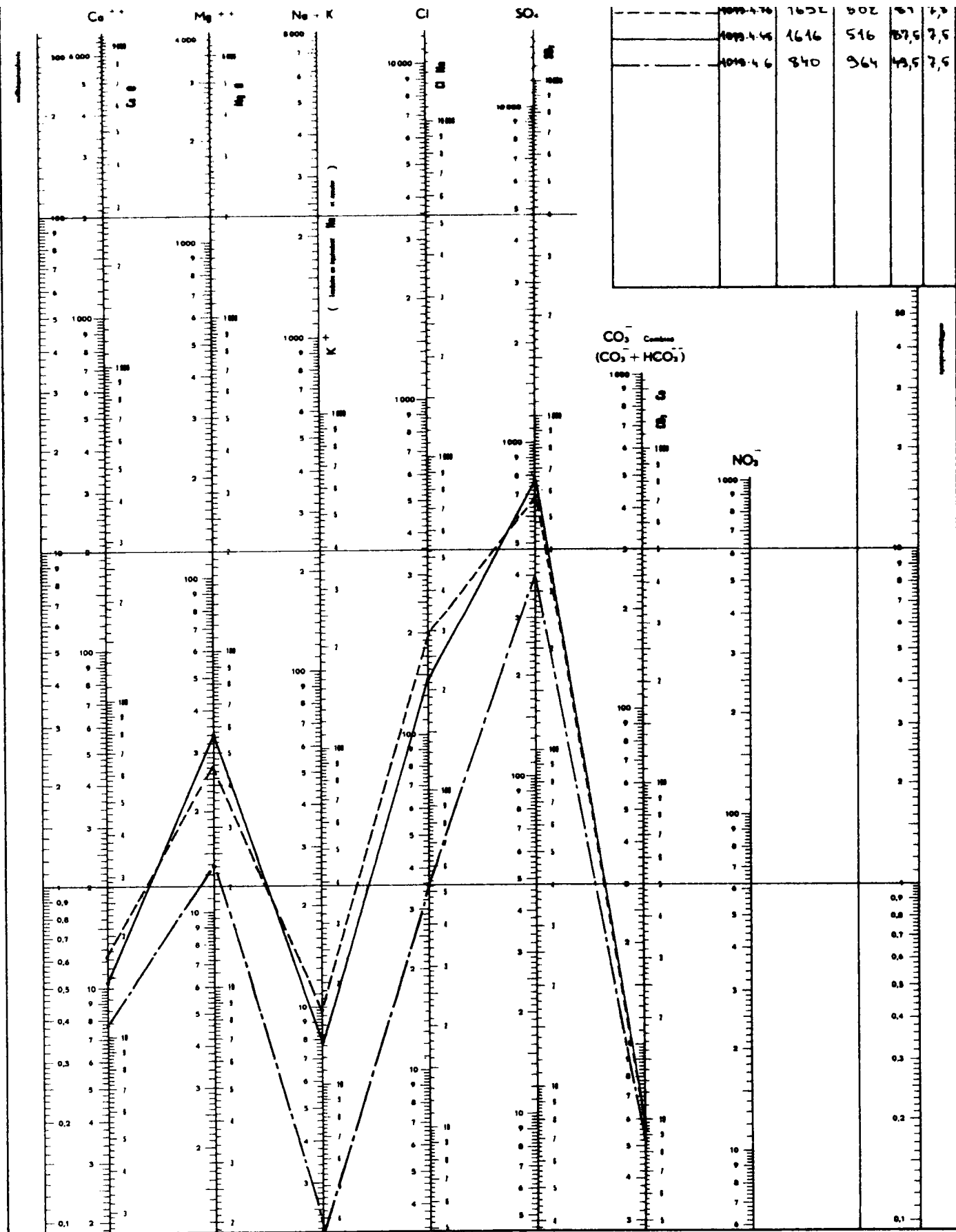


0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0



1049.2.50	406	1964	307	2.4
993.6.87	412	1792	315	7.6
993.5.78	568	1435	42.0	2.0
993.7.77	630	1305	45.2	2.1





DÉPARTEMENT : BOUCHES DU RHONE

N° B.R.G.M. d'enregistrement :

COMMUNE : SALON

CARTE GÉOL. AU 1 : 50 000

DÉSIGNATION : Sondage de Richebois

N° Feuille

234 Arles

OBJET : Recherche d'eau

Date d'exécution : 1947

Profondeur finale : 50 m

Nature : Sondage

Mode de forage :

Maître de l'oeuvre : M. CORROY

Propriétaire en 19 : ?

Entrepreneur : Entreprise gl de sondages
"Arrausond"

Travaux conseillés ou suivis par : M. CORROY

Origine des documents :

Hauteur du tubage ou de la margelle dépassant le sol :

/

Accessibilité : Dans une prairie marécageuse,
à 40 m à l'est de la D 17 et à 340 m à
l'ouest du château de Richebois.Mode d'équipement :
Néant

Observations : A sec

ATLAS AU 1 : 2 0. 000

Feuille SALON

Indice de classement :

N°	1, 8	N° d'entrée aux archives
994	1	76

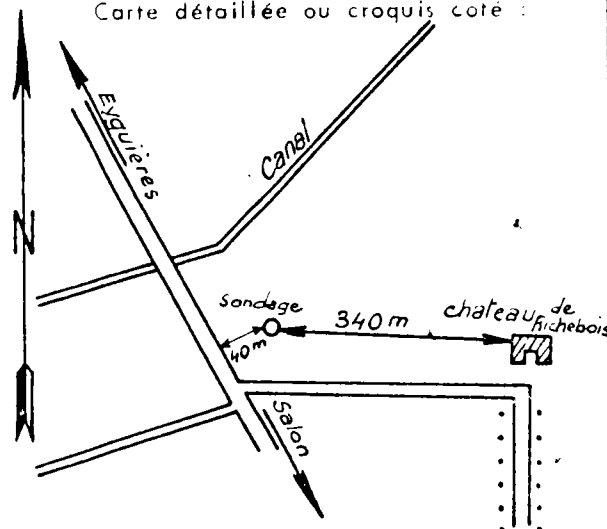
Archivage D

Coordonnées Lambert : X = 820.725
Y = 156.365

Zone Sud III

Cote du sol (Z) : EPD : + 94,-
à l'orifice : ENG :
RNG

Carte détaillée ou croquis coté :



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET GEOLOGIE :

0
6 m
Limons superficiels
éboulis miocènes
poudingue de Crau
argiles graveleusesRapport BURGEAP - R. 115.50 m
44 m
Sables fins limoneux, micacés
qq passées de galets et limons quaternaires
de DuranceCORROY
2/7/48

Échantillons :

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	FORAGE		TUBAGE			OBSERVATIONS
	De	à	De	à	Épaisseur, nature	
	28	à 50	0	à 20	300mm	

HYDROLOGIE

Repère altimétrique :				Cote du repère :						
NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE										
Date	Profondeur du forage	Profondeur du plan d'eau	Cote absolue du plan d'eau	T°	Observations :					
DÉBIT										
Date	Profondeur du forage	Durée	Débit m ³ /h		Cote absolue du plan d'eau	Cote absolue du niveau dynamique	Dénivelation	T°	Pal8°	Observations
			par page	Artesien						

Archivage des documents originaux non reproduits :

Dossier instruit par : M. CORROY le 1947				Mis à jour par : J. NAGY le 11/1/1963			
Nombre d'intercalaires : 2 Dossier C jusqu'au				le 11/1/1963			
				Contrôle par : le			

COMMUNE : FOS-sur-MER

DÉSIGNATION : Mas de la Pisarotte - N° 3

Carte Géol. 1/80000

N°

Feuille

234

ARLES

ATLAS au 1/20.000

Feuille 234 - SE - ARLES

N°

1/8°

Indice classement

1019

3

65

Date d'exécution : 1951

Nature : sondage

Objet : Reconnaissance

Profondeur finale : 15m

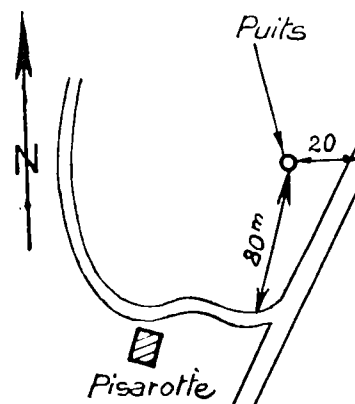
Entrepreneur : SOLETANCHE

Maître de l'œuvre : E.D.F.

Mode de forage :

Travaux conseillés ou suivis par :

Carte détaillée ou croquis côté



Système Lambert x = 604,45

Zone sud III y = 133,60

Cote du sol à { EPD :
l'orifice z = { ENG :
RNG : + 1,54m

Hauteur de la margelle ou du tubage
dépassant le sol 0,40m

FORAGE

TUBAGE

OBSERVATIONS

de

à

Ø

de

à

Ø

Epaisseur-Nature

0 à 15,00m 0,042

Tubage acier.

Accessibilité : près piste, à 100m au NE de la Pisarotte

Mode d'équipement : Forage tubé, fermé par cadenas.

Origine du document : archives ARCHAMBAULT - J.M. NAGY & A. PERONNET Contrôlé par :

Date d'Etablissement : 16/ 3/62

(15)

HYDROLOGIE

NIVEAU PIEZOMÉTRIQUE

Date	Prof. forage	Plan d'eau	Cote absolue	T°	Observations
16/ 3/62	15,00m				

DÉBIT

Date	Profondeur du forage	Durée	Débit m ³ /h Pompage Artésien	Cote niveau dynamique	Dénivellation	Température	Résistivité	Observations

Examen immédiat de l'eau (limpidité, résistivité, odeur, fer, etc...)

Observations de l'utilisateur de l'ouvrage :

à 5m K = 2,6 10^{-4} m/s
à 10m K = 2,8 10^{-4} m/s
à 15m K = 9,2 10^{-4} m/s

GÉOLOGIE

(et références bibliographiques)

Alluvions quaternaires de la Crau { 0,00 à 0,50 - Terre végétale
0,50 à 1,60 - Conglomérat
1,60 à 10,80 - Gravier et Conglomérat en formation
10,80 à 15,00 - Gravier et sable légèrement argileux.

Échantillons

ÉPARTEMENT : *Bouches du Rhône* COMMUNE *Istres*

Opération établie par *VIALA*

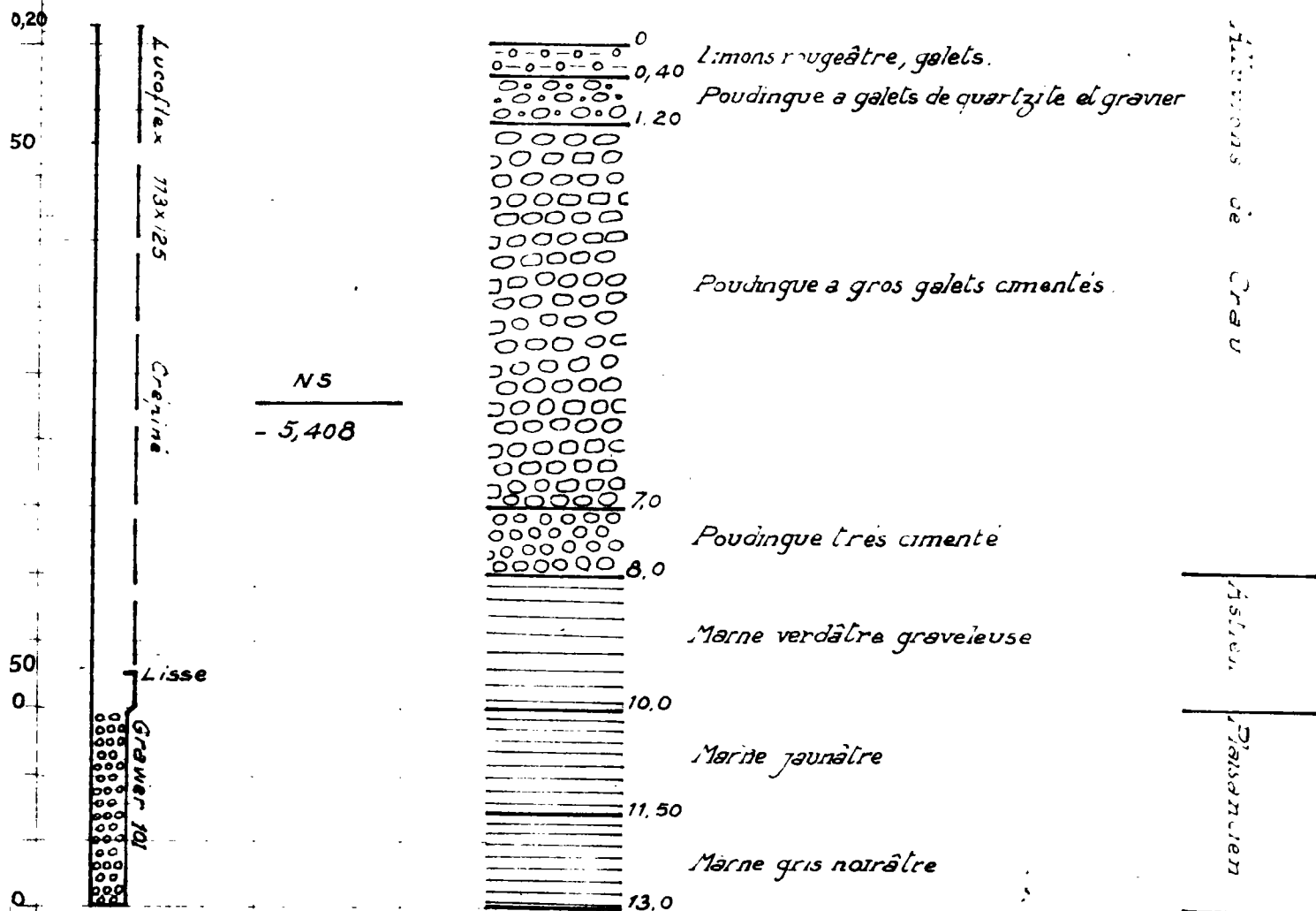
Sondage 8 bis

Interprétation de M *DELLERY*

Indice de classement *1019 3 81 bis*

x 807,220
y 140,220
z +20,41 BNG

d.	Demi-coupe technique	Nappes et plans d'eau	Echant	Coupe	Description géologique par	Étages
----	----------------------	-----------------------	--------	-------	----------------------------	--------



Bouches du Rhône

VIALA

JELLERY

Saint-Martin-de-Crau

Sondage 15bis

993

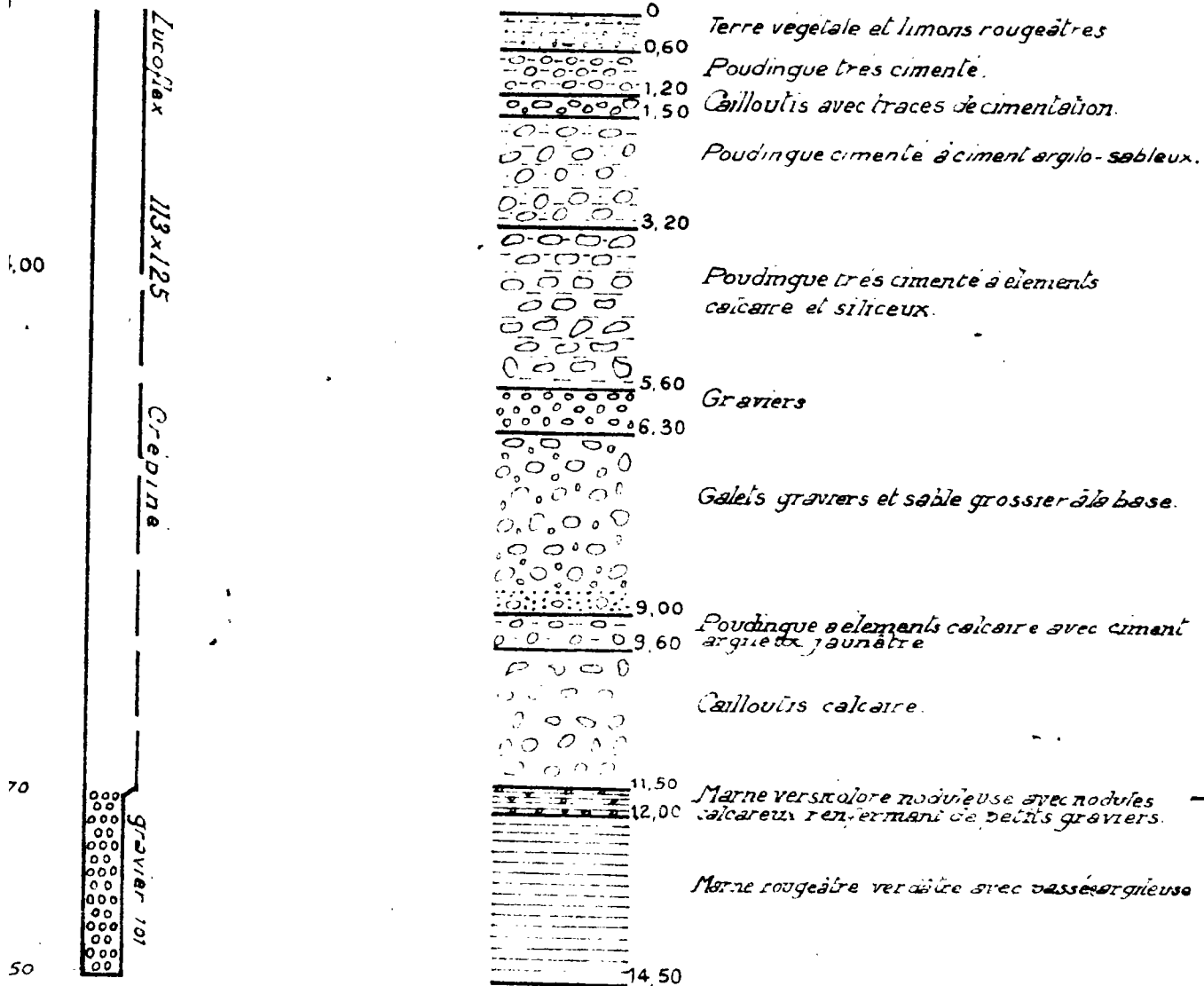
7

804,780

145,150

+24,16 RNG

78



Alluvions de Crau

Astien

11/10/71
 11/10/71
 11/10/71

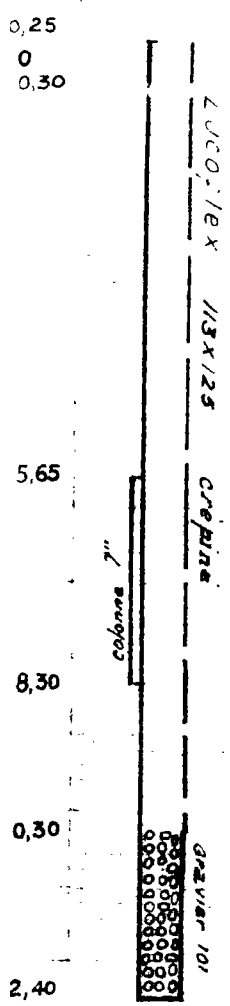
Bouches du Rhône
 VIALA
 DELLERY

Sondage 8

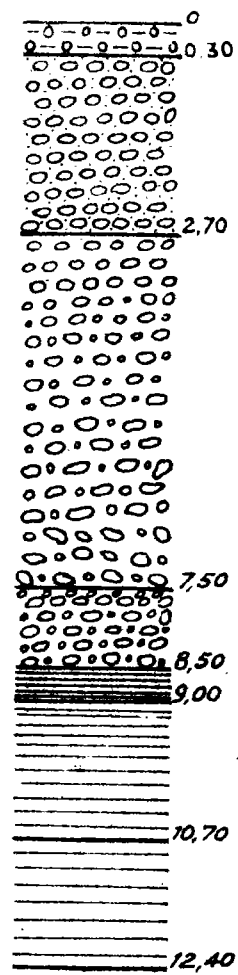
Istres

x 806,870
 y 140,120
 z +19,24 RRG
 1019 3 81

0,25
 0
 0,30



NS
 - 5,06



Limons rougeâtres et galets
 Poudingue à gros éléments siliceux
 Cailloutis à galets de calcaire de quartzite ; grès siliceux ; petits galets.
 Poudingue à gros et petits éléments très consolidés.
 Marne rougeâtre graveleuse noduleuse
 Marne jaune verdâtre graveleuse et noduleuse
 Marne jaunâtre.

Cailloutis de Crau

Astien

Plaisan
- cren

RTEMENT

MUNE

ance de classement 1 019 3 68

nation sondage n° : près du mas de la... du Sol n° 1, 197

établie par : Ph. CHARBONNIER
 étation de : Ph. CHARBONNIER

Tubage et Cimentation	Plan	Masse de	Forme	Profondeur	Description Géologique	Valeur K en tons/m ² Lejourné
 25,6	N.H. 4,5 4,4	Percussion (Tépin et curette)	 Alluvions. Pico-just. de la CSU	1,1	Graiers, galets, sables limoneux	0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15
				1,9	Conglomerat dur	
				4,3	Galets et graviers cimentés	
				6,5	Galets, graviers, sables, traces de ciment	
				7,15	Gravier légèrement argileux	
					Galets, graviers, un peu de sable micacé	
					Traces de cimentation	
				11	Sables, galets, graviers	
				12,6	Galets et graviers	
				13,2	Graviers et sable silteux	
 16,25	Rotation 12,6 / 12,7 Percussion Étalon couronne diamantée Carottage 70/1	 Helvétique moyen	14,8	Sable micacé, rares graviers, Helvétique remanié	0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15	
			15,2	Grès fin micacé dur puis grès jaune tendre fissuré		
			15,3	Calcaire détritique et lumachellique		
			19,7	Grès fin micacé tendre		
			25	Grès fin micacé		
25,6			Observation Tube d'équip! rempli par sédiments de 16,25 à 25,60			

Bouches du Rhône

Saint-Martin de Crau

805.290

VIALA

Sondage 15

145.260

DELLERY

993 7

+26.16 RING

77

0,32

0

Luroflex

113 x 125

NS

2,50

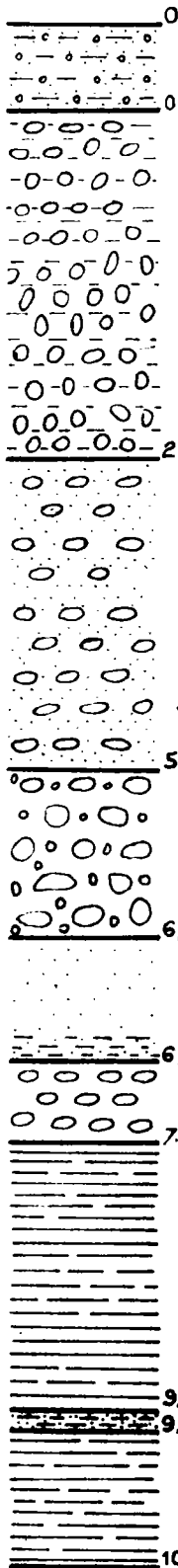
2,70

Crépine

6,70

gravier 101

10,30



Terre végétale et limons rougeâtres graveleux

Poudingue très cimenté

Galets calcaire, sable jaunâtre graveleux

Gros galets siliceux et calcaires graviers

Gres rosâtre plus consolidé à la base per
alce, quartz eux.

Galets calcaires bien roulés

Marne jaunâtre noduleuse assez friable.

Gres rose très consolidé

Marne bariolée verte beige friable.

Alluvions de Crau

Astien



DÉPARTEMENT : *Bouches du Rhône* COMMUNE : *Fos-sur-Mer*
 coupe établie par : *VIALA* sondage 10
 interprétation de M. *DELLERY* Indice de classement 1019 3 80

d.	Demi-coupe technique	Nappes et plans d'eau	Echant.	Coupe	Description géologique par	Etages
1,20						
	Luciflex	NS - 4,745			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0-0-0-0 0,30 Limons rougeâtres et galets. </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Cailloutis à gros galets de quartzite ; sable grossier. </div>	Alluvions de Crau
00					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0-0-0-0 4,0 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Poudingue à gros galets avec cimentation. </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 7,0 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Poudingue à gros éléments de quartzite et de calcaire. </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 10,30 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Cailloutis à gros galets de quartzite, serpentine, avec pâte argileuse. </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 11,30 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Cailloutis, graviers, pâte argileuse. </div>	
	Crépine				<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 14,20 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Gravier et silt </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 15,30 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Poudingue cimentée avec éléments siliceux. </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 16,20 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Cailloutis à éléments calcaire. </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 17,80 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Gres grossier à éléments calcaire et ciment argilo calcaire. </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 18,70 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Marne gréseuse rougeâtre à traces charbonneuses. </div>	
	gravier 101				<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 21,20 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 Marne rougeâtre. </div>	Astien
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </div>	
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 </div>	
00					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 31,00 </div>	

18 Mai 1967

NOTE A L'ATTENTION DE M. DELLERY

s/c. de M. DUROZOY.-

Dans le cadre de l'Action concertée Datation-Crau, nous voudrions faire des prélèvements complémentaires d'échantillons sur les points suivants :

1. Istre 1 l. d'eau de pluie
Lamanon 1 l. d'eau d'irrigation
Miramas 1 l. d'eau souterraine
(stations de pompage)

2. Sur chacun des points (24 au total) où sont faits les prélèvements pour tritium et suivant la même fréquence, prélèvements de 250 cm³ d'eau, pour détermination du rapport 016/018.

M..MARCE vous fera parvenir les flacons nécessaires.

Les flacons des points (1) (4 fois 1 l.) et (2) (24 fois 250 cm³) seront expédiés au laboratoire du BERGA à Orléans, à l'attention de M. MARCE.

En ce qui concerne les autres prélèvements, avez-vous sélectionné les 10 puits de troupeaux, de l'axe Lamanon - Marais de Retour ? si oui pourriez-vous m'en indiquer la situation exacte ; à quel point en est actuellement la Campagne de prélèvements ?

Salutations

Y. VUILLAUME

NAPPE DE LA CRAU

Principales caractéristiques hydrogéologiques utiles.

Superficie nappe	500 km ²
Epaisseur	10 à 30m, 15 m en moyenne localement jusqu'à 40m (bordure Istres-Fos)
Nature de l'aquifère	Conglomérat calcaire au N et cailloutis siliceux au S
Structure	Poudingues en passées consolidées et cailloux arrondis, diamètre moyen: 2 à 10 cm. Ciment de CO ₃ Ca quelquefois
Nature nappe	Libre, devient captive saumâtre à salée au SW
Données géologiques	cf. coupes

Alimentation : par les pluies et les irrigations:

Pluies	550 mm/an (variable) septembre, octobre, novembre
Irrigations	(sauf en janvier et en février) 800mm à 1 000 mm/an

Perméabilité K	$2,6 \cdot 10^{-2}$ m/s à $4 \cdot 10^{-3}$ m/s
Transmissivité T	$0,5 \cdot 10^{-1}$ m ² /s à $4 \cdot 10^{-2}$ m ² /s
Pente moyenne surface piézométrique:	0,0003

Longueur front écoulement aval 17 km
(largeur maximale de la nappe)

Longueur maximale axe d'écoulement: 30 km

Réserve avec porosité admise 20%: 500 à 1 000 - 10^6 m³

Variation de réserve moyenne annuelle probable: $100 \cdot 10^6$ m³

Exutoire nappe	(émergence: $330 \cdot 10^6$ m ³ (écoulement souterrain probable estimé: $20 \cdot 10^6$ m ³ (pompage $30 \cdot 10^6$ m ³)
----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Chimie eau: peu minéralisée sauf dans le biseau

CO₃ = de 20 à 60 mg/l: 3 g . de C → 750 l à 250 l.

PARTIE CAPTIVE DE LA NAPPE

paramètres de la couche aquifère (k,T) du même ordre probable que dans la partie libre

Fermeture au toit par dépôts quaternaires récents peu perméables

Fermeture biseau vers le SW, sous la mer, probable mais non prouvée partout

Pression faible de la surface piézométrique, généralement inférieure à + 1m

Renouvellement probablement très lent, par suite des sorties d'eau permises:

- par passage à travers le toit
- par exutoire naturel sous marin localisé (golfe de Fos)
- par émergence très localisée dans l'Urgonien du Massif de la Roque.