

BRGM

94

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

74, rue de la Fédération
PARIS 15e

DEPARTEMENT DES SERVICES
GEOLOGIQUES REGIONAUX
Tél. Suf. 94-00

Service Géologique Régional
Sud Est

DIRECTION SCIENTIFIQUE
DEPARTEMENT GEOLOGIQUE
Service Hydrogéologique

RAPPORT PRELIMINAIRE SUR LES RECHERCHES HYDROGEOLOGIQUES DANS LA CRAU POUR L'ALIMENTATION EN EAU DE LA REGION DE FOS

par

MM. DUROZOY - MARGAT

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

Paris le 14 Août 1962

D.S.G.R. 62.A14

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

74, rue de la Fédération
PARIS 15°

DEPARTEMENT DES SERVICES
GEOLOGIQUES REGIONAUX
Tél. Suf. 94-00

Service Géologique Régional
Sud Est

DIRECTION SCIENTIFIQUE
DEPARTEMENT GEOLOGIQUE
Service Hydrogéologique

RAPPORT PRELIMINAIRE
SUR LES RECHERCHES HYDROGEOLOGIQUES
DANS LA CRAU
POUR L'ALIMENTATION EN EAU
DE LA REGION DE FOS

par

MM. DUROZOY - MARGAT

Paris le 14 Août 1962

TABLE DES MATIERES

		Pages
	- INTRODUCTION.	1
1	- BUTS DES RECHERCHES	2
2	- PROBLEMES HYDROGEOLOGIQUES POSES.	2
3	- ETAT DES CONNAISSANCES ACQUISE ANTERIEUREMENT.	4
	a) Principales données acquises	8
	b) Principales inconnues	9
4	- PROGAMME DE TRAVAIL.	10
	4.1 - Etude.	10
	4.2 - Travaux de recherche.	11
	4.2.1 - Prospection géophysique	11
	4.2.2 - Forage et essais hydrauliques	12
	4.2.3 - Coordination avec le programme des travaux concernant les sols, dressé par les Ponts et chaussées.	13
	4.2.4 - Phase ultérieure.	18
5	- REPARTITION DES TACHES.	14
	5.1 - Etudes	14
	5.2 - Travaux de recherches.	14
6	- PERSPECTIVES DE SOLUTION.	15

LISTE DES FIGURES

1 - Carte de situation Fôs et la Crau dans son cadre (1/500.00

2 - Carte de la Crau au 1/100.000

3 - Planche de coupes schématiques

4 - Plan d'implantation des travaux de recherche.

5 - Calendrier des opérations.

INTRODUCTION.

L'expansion industrielle et l'aménagement portuaire envisagés dans la région de Fôs-sur-Mer créeraient des besoins en eau d'une ampleur considérable. Aussi la nécessité d'une recherche et d'une évaluation des ressources en eau s'est-elle inscrite en priorité dans le cadre des études préparatoires concernant l'aménagement de cette région. Parmi les ressources en eau disponibles, il est apparu immédiatement qu'une attention particulière devrait être apportée aux eaux souterraines, en l'occurence à la nappe de la Crau, qui se trouve constituer la ressource la plus proche de la zone de Fôs et qui peut-être considérée comme l'une des nappes les plus riches de tout le Sud Est de la France et sans conteste comme la moins grevée par des prélèvements.

Les eaux de cette nappe sont de plus les meilleures en qualité de toute la région puisqu'elles ne peuvent être mise en compétition qu'avec des eaux de surface : celles du Rhône, eaux des canaux d'irrigation dérivées de la Durance, eaux de collatures.

Aussi, même si les disponibilités de la nappe de la Crau apparaissaient, au terme des recherches entreprises, comme insuffisantes pour couvrir les besoins du développement industriel projeté, sinon au départ du moins à un stade ultérieur, elles paraissent de nature à fournir l'apport le plus économique et le plus apte à une utilisation immédiate.

Des réponses précises aux questions relatives à la valeur et à l'exploitabilité des disponibilités en eau de la nappe de la Crau exigeaient une étude hydrogéologique approfondie appuyée sur des travaux de recherche, c'est ce qui a motivé l'intervention du B.R.G.M., sollicitée par la Préfecture des Bouches-du-Rhône sur le conseil des Services des Ponts-et-chaussée et du Ministère de la Construction. Cette intervention a débuté en janvier 1962, un Service géologique régional étant mis en place à cette date à Marseille.

Il est apparu utile d'exposer succintement dans ce rapport préliminaire :

- les buts techniques de l'étude entreprise.
- la nature des problèmes hydrogéologiques posés et les éléments de réponses possédés au départ.
- le programme de travail fixé au débit et la répartition des taches.
- les perspectives de solution.

Telles seront les têtes de chapître de ce rapport.

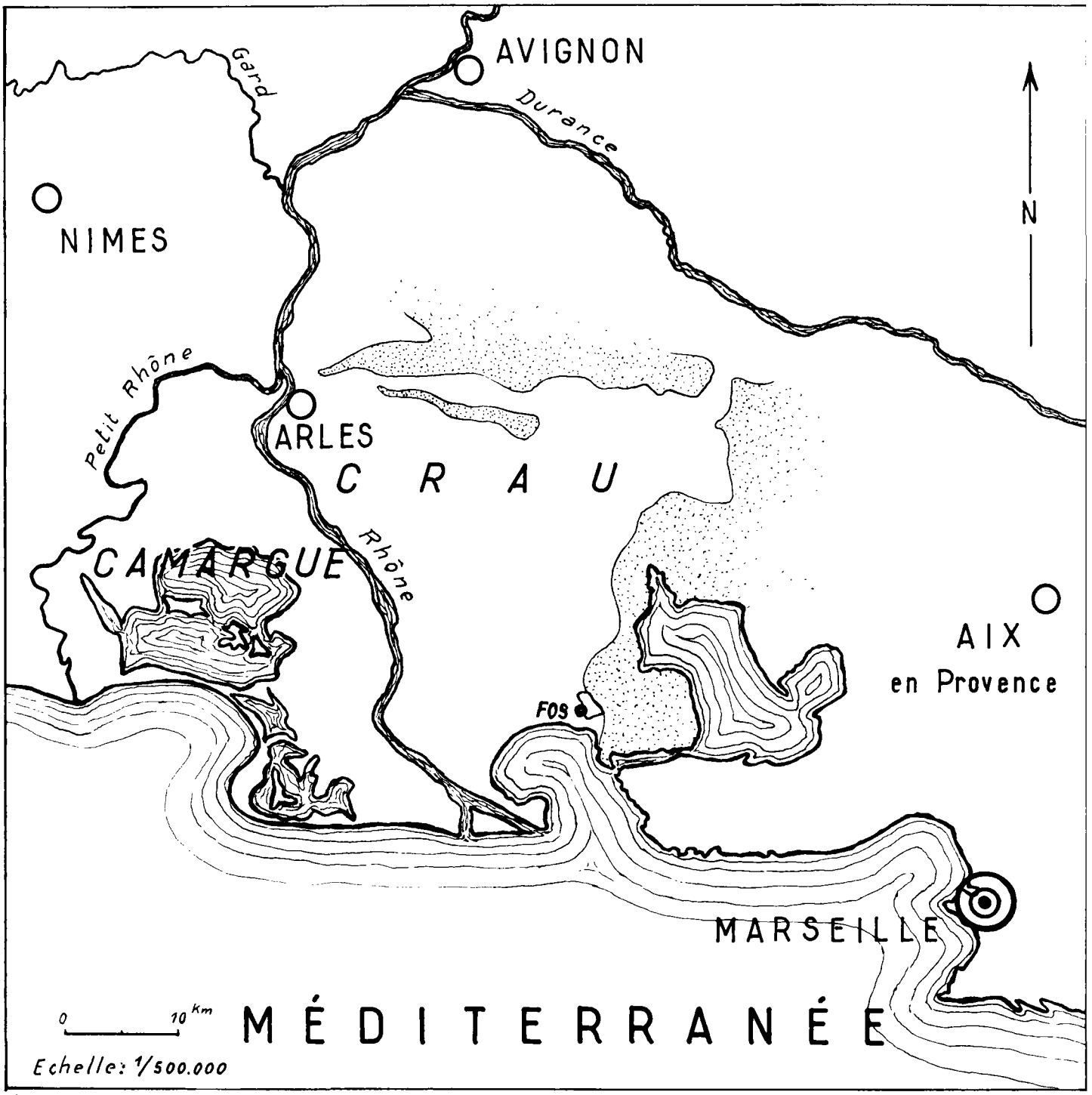


FIG. 1 - Plan de situation

1 - BUTS DES RECHERCHES.

Dans l'état pré ent des études du projet d'aménagement de la zone de Fôs il n'est pas apparu possible de fixer un or dre de grandeur des besoins en eau : on sait seulement qu'ils seront vraisemblablement trés élevés, surtout si une industrie sidérurgique est appelée à s'installer, c'est-à-dire d l'ordre de plusieurs m3 par seconde (plusieurs centaines de milliers de m3/jour).

Il s'agissait donc d'étudier les ressources en eau dans la perspective de leur exploitation au maximum, c'est-à-dire de les définir à la fois dans l'espace (extension et localisation) et dans le temps (débit moyen et variabilité) d'évaluer avec le maximum de précision possible la disponibilité globale de la nappe, puis de rechercher les modalités d'exploitation les plus appropriées)à la fois techniquement et économiquement.

Il était en somme demandé de répondre aux questions suivantes :

- combien pourra-t-on tirer d'eau de la nappe de la Crau, de manière durable et dans des conditions techniques et économiques acceptables?

- Où e comment pourra-t-on capter ce débit disponible dans les meilleures conditions possibles,compte tenu de la situation de la zone à alimenter et de l'importance des besoins supputés?

2 - PROBLEMES HYDROGEOLOGIQUES POSES.

Traduites en termes techniques, les questions précédentes revenaient à :

2-1- évaluer globalement avec le minimum d'imprécision le débit d'écoulement moyen de la nappe selon une section définie où ce débit atteindrait sa plus grande valeur, c'est-à-dire située entre la zone d'alimentation et la zone d'émergence de la nappe.

Ce problème pourvait s'aborder de trois manières différentes ou en d'autres termes trois méthodes indépendantes étaient applicables : elles pouvaient confirmer mutuellement leurs résultáts si elle conduisaient à des ordres de grandeur comparables :

.../

a - Evaluation directe du débit traversant la section définie en étudiant celle-ci par des forages de manière à connaître ses dimensions et les caractéristiques du terrain aquifère.

b - établissement d'une somme des divers apports d'eau alimentant la nappe.

c - établissement d'une somme des émissions d'eau à l'aval, ce qui suppose une connaissance quantitative de la répartition des eaux de la nappe.

Seule la méthode avait été appliquée au cours des études antérieures. Il a été décidé d'appliquer conjointement les 3 méthodes.

2-2- Déterminer la variabilité de ce débit à court comme à long terme, c'est à dire connaître le régime des fluctuations de la surface piézométrique et définir les facteurs déterminants de ce régime, essentiellement la variabilité des apports d'eau à la nappe.

Cela pose notamment le problème de la permanence à l'avenir de la composition de l'alimentation de la nappe, à laquelle on sait que participant des manière prépondérante les irrigations ; le régime de celles-ci et le mode d'arrosage ne sont-ils pas appelés à subir à l'avenir des modifications pouvant perturber sensiblement les conditions d'alimentation de la nappe et son débit?

2-3- Etudier les variations des caractéristiques de l'aquifère (puissance, perméabilité horizontale et verticale coefficient d'emmagasinement) afin de déterminer les zones les plus propice à un captage, et aussi d'évaluer l'ordre de grandeur de la réserve, donnée fondamentale pour établir le régime des exploitations futures.

2-4- Déterminer les conditions actuelles de l'équilibre entre les eaux douces de la nappe et l'eau de mer, c'est-à-dire localiser l'"interface" qui les sépare, afin de prévoir dans quelle mesure cet équilibre peut-être rompu sans risque d'invasion marine dans le sous-sol de la basse Crau, par suite d'un abaissement trop prononcé de la charge de la nappe par une exploitation intensive.
C'est là une des questions les plus importante car il peut en résulter une limitation des disponibilités réelles de la nappe, et le choix du mode de captage peut aussi en dépendre.

2-5- Evaluer enfin les prélèvements actuels dans la nappe, et délimiter l'aire d'alimentation propre des captages ou ouvrages d'exploitation correspondant. Il s'agit en effet de savoir si une mise en exploitation globale de la nappe sera possible sans incidence sur ces exploitations partielles préexistantes, de ceci pourra aussi dépendre la solution adoptée en définitive.

Cet aspect du problème sera d'ailleurs à prendre en considération dans le choix du mode de captage, mais on doit dès à présent prévoir le cas, fréquent, où une mise en exploitation optimale d'une nappe à l'échelle régionale, n'est pas compatible avec la sauvegarde de l'indépendance de certaines exploitations locales : une redistribution pourra s'avérer nécessaire.

3 - ETAT DES CONNAISSANCES ACQUISES ANTERIEUREMENT

Pour résoudre de manière précise les problèmes définis ci-dessus, qui interfèrent plus ou moins entre eux, une connaissance approfondie de toutes les données hydrogéologiques relatives à la nappe de la Crau s'avérait indispensable. Avant de dresser un programme de travail, une étude préalable de la documentation disponible à ce sujet a fait ressortir que l'on possédait déja un certain nombre d'éléments de réponses aux questions posées.

La plaine de la Crau a effet donné lieu, depuis une trentaine d'années, à plusieurs études hydrogéologiques, les unes générales, d'autres localisées, qui ont apportées une masse de connaissances déja considérable sur la nappe de la Crau. Sans effectuer ici une analyse détaillée de ces travaux on citera principalement :

3-1- L'étude effectuée en 1915-16 (publié en 1920) par Ph. Zurcher, ingénieur des Ponts-et-chaussées, qui n'est mentionnée ici que pour mémoire, car elle parait constituer la première étude globale sur la nappe de la Crau, mais elle était trop peu basée sur la géologie. Ph. Zurcher évalua le débit de la nappe à 5 m3/s, valeur qui comme on le verra n'est sans doute pas trés éloignée de la réalité.

3-2- L'étude de M. Porchet, effectuée en 1929, et publiée à l'occasion d'un "Congrés de l'eau en Crau" organisé en 1930 par la compagnie du P.L.M. Elle repose sur une quantité considérable d'observations étendues sur une année entière, notamment sur le contrôle mensuel de plus de 200 puits et sur un grand nombre d'essais de pompage. Mais sa conclusion a été faussée par l'emploi de méthodes d'interprétation

hydraulique inadéquates et surtout par l'adoption de l'hypothèse d'un écoulement souterrain par le col de Lamanon du sous-écoulement de la Durance (cette hypothèse ne reposait sur aucune donnée d'observation elle a cependant conservé longtemps des défenseurs (G. Denizot, 1939) et sa fausseté n'a été démontrée directement, par les travaux de recherche de l'E.D.F, qu'en 1948).

L'étude de M. Porchet ne présente donc plus qu'un intérêt historique, mais la valeur de ses observations, entièrement publiées, demeure, et grâce à elles on dispose d'une connaissance précise et complète de l'état de la nappe de la Crau il y a 32 ans.

L'évaluation du débit de la nappe, à l'aval, entre 4,44 m3/s (en étiage) et 9,70 m3/s (en hautes eaux) ne repose donc pas sur une base sûre, puisque M. Porchet faisait venir la quasi totalité de ce débit de la Durance, par le seuil de Lamanon, et que le "fond hydraulique" définissant le front de nappe étudié était "calculé" sans possibilité de vérification directe.

3-3- L'étude de Beccat, également publiée à l'occasion du Congrés de l'eau en Crau en 1930, n'est cité que pour mémoire : elle comporte une évaluation du débit de la nappe de la Crau à 80 m3/s (!).

3-4- L'étude de V. Archambault (BURGEAP, pour le compte du Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme) effectuée en 1951, constitue la première étude générale moderne, sur une base scientifique, de l'hydrogéologie de la Crau. Elle faisait suite à des études plus localisées par cet auteur, relatives au seuil de Lamanon (1948-) et appuyée sur des travaux de recherche, sondages et géophysique, entrepris pour l'E.D.F.

Limitée à la Crau quaternaire, cette étude a fourni la première carte précise de la nappe (surface piézométrique, profondeurs, données hydrochimiques) au 1/50.000, et une définition correcte des conditions hydrogéologiques et du mode d'alimentation de la nappe, en réinterprétant certaines des données d'observation de M. Porchet. Toutefois elle n'a pu s'appuyer que sur un nombre restreint de mesures directes des caractéristiques hydrodynamiques ou des débits des eaux de surface.

L'hypothèse d'un écoulement par le seuil de Lamanon étant désormais écartée, un premier bilan des principaux apports alimentant la nappe est dressé les deux apports essentiels étant la pluie et les irrigations

(le premier l'emportant pour J. Archambault) au total converti en débit continu fictif, 3 à 6 m3/ seconde, en moyenne 4.5 m3/seconde, devant correspondre à peu de chose prés au débit réel de la nappe dans sa section finale à l'aval, avant son débouché sur la Camargue; sur un front de 17 Km, cela se traduirait par un débit unitaire moyen de 250 l/s par km.

Cette conclusion n'avait cependant pu être contrôlée par une évaluation directe de la transmissivité de la nappe ni par celle des débits des divers exutoires d'aval. Les coefficients d'infiltration assez élevés appliqués aux pluies (17 à 50 %) et aux irrigations, non directement jaugées (20 à 50 %). ont peut-être fait surestimer le résultat : en effet le débit unitaire, finalement obtenu impliquerait une perméabilité moyenne de l'ordre de 1,2 10-2m/s. ce qui parait un peu élevé pour une moyenne (les coefficients les plus fréquents trouvés jusqu'à présent par essais d'injection ou de pompage sont de l'ordre de 1 à 3 - 10-3 m/s, comme le soulignait déja J. Archambault). Une incertitude subsiste donc. Par ailleurs le problème des relations de la nappe avec la mer n'a pas été abordé.

Enfin les règles et suggestions à un captage rationnel de la nappe formulées en conclusion demeurent valables, en les adaptant à la nouvelle manière de poser le problème, puiqu'en 1951 il n'était pas question de la zone de Fos

3-5- La mise en place par l'E.D.F., à partir de 1953 d'un réseau serré de piézomètres dans toute la Crau, dans le cadre des études entreprises en relation avec l'aménagement de la Basse-Durance, apporté une nouvelle donnée irremplaçable, qui avait fait défaut jusqu'alors : la connaissance précise du régime de la nappe, grâce à un contôle mensuel ininterrompu des piézomètres par l'E.D.F (il se poursuit actuellement).

Les résultats de ce contrôle n'ont toutefois pas encore fait l'objet d'une interprétation d'ensemble : elle est entreprise par les services de l'E.D.F avec le concours de M. le Professeur Cl. Gouvernet. D'un examen sommaire des principaux résultats, il ressort :

- que les fluctuations de la nappe s'atténuent sensiblement d'amont à l'aval, jusqu'à moins d'1 mètre par an au voisinage de la zone d'émergence comme cela est normal, pour une nappe soutenue par l'aval

- que des courbes de baisse d'allure exponentielle sont fréquentes, ce qui caractérise bien une alimentation prédominante par infiltrations discontinues (d'eau de pluie et d'irrigation) et d'absence d'un soutien de la nappe par un apport continu de l'amont.

En marge de leurs études hydrogéologiques sur les plaines de la basse-Durance, A. Decelle, M. Guelton et R. Muller-Feuga ont à leur tour dressé un bilan de la nappe de la Crau (publié au 2ème Congrés des Irrigations et du Drainage, à Alger en 1954). Ces auteurs en tirent une valeur probable du débit continu fictif d'alimentation de 9 à 12 m3/s.

3-6 - Enfin les nombreuses études et expertises locales effectuées depuis une douzaine d'année par M. le Professeur CL. Gouvernet, de la Faculté des Sciences de Marseille, dans la Crau ont apporté, à défaut d'une synthèse d'ensemble, une masse considérable de données et d'observations hydrogéologiques précises : elles constituent notre principale source d'informations sur les variations locales des conditions hydrogéologiques. On sait que ces études ont contribué à résoudre un certain nombre de problèmes d'adduction d'eau dans cette région et on mentionnera plus particulièrement le problème spécial posé par la demande d'obturation de l'écoulement d'un trop plein local de la nappe de la Crau vers l'étang de Lavalduc (ce dernier au dessous du niveau de la mer) à Fanfarigoule. Une étude locale approfondie du substratum miocène de la nappe a été effectuée à cette occasion.

Au cours de ces études, M. le Professeur Cl. Gouvernet a admis (1957) comme valeur probable du débit unitaire de la nappe, tout au moins pour le Sud de la basse Crau, 300 à 400 l/s (moyenne 350 l/s) par km de front au débouché de la nappe dans les marais; cette valeur nettement supérieure à celle indiquée par J. Archambault impliquerait un coefficient de perméabilité moyen de l'ordre de 1,5 . 10-2 m/s. Là encore un écart existe par rapport aux coefficients de perméabilité indiqués par M. Cl. Gouvernet pour cette partie de la Crau : 1,5 à 6,5 . 10-3 m/s.

Ces écarts peuvent provenir conjointement d'une surestimation du débit unitaire de la nappe déduit de bilan d'alimentation, et d'une sous-estimation des coefficients de perméabilité calculés à partir d'essais trop ponctuels. Deux faits encore mal connus, peuvent contribuer à accroitre la perméabilité moyenne réelle : existence de zones assez localisées de "chenaux", à trés grande perméabilité (supérieure à 1 . 10-2 m/s); possibilités d'écoulement dans certains secteurs du substratum localement fissuré, quasi karstique.

On peut au terme de cette rapide revue de l'état des connaissances sur l'hydrogéologie de la Crau, dresser le bilan suivant des données connues et inconnues.

a - Principales données acquises :

- Définition géologique de l'aquifère et données générales sur les variations de faciès et de perméabilités.
- Délimitation de la nappe libre.
- Surface structurale du toit de la nappe captive, jusqu'à Port-Saint-Louis.
- Quelques données ponctuelles sur les coefficients de perméabilité.
- Surface piézométrique de la nappe libre : état en 1929 et en 1951. (altitude calculée d'aprés la carte).
- Hydrochimie : variation de la dureté des eaux de toute la nappe libre.
- Régime de la nappe : fluctuations de la surface piézométrique depuis 1953 (contrôle d'un nombre de points à peu près suffisant).
- Définition du mode d'alimentation de la nappe; bilan approximatif des apports, basé sur des coefficients d'infiltration hypothètique.
- Résultats de mesures de la valeur de l'évaporation réelle (plan d'eau) en plusieurs points.
- Données météorologiques (pluviométrie) suffisantes.
- Données sur les principales exploitations d'eau souterraines en 1951.

- Débit de la nappe : on peut retenir comme hypothèse de travail que sa valeur probable doit être comprise entre celles déduites jusqu'à présent.
  - soit d'un bilan des apports : limite supérieure, valeur forte.
  - soit d'un calcul d'aprés les valeurs de la perméabilité obtenues par mesure : limite inférieure, valeur faible.

Un écart de l'ordre de 1 à 10 subsiste entre ces deux limites, mais le débit réel est vraisemblablement plus proche de la limite supérieure, c'est-à-dire de l'ordre de plusieurs m3/ seconde mais inférieur à 5 m3/s : parmi les évaluations proposées antérieurement ce sont

les valeurs inférieures ou moyennes indiquées par J. Archambault (3 ou 4,5 m3/s) qui sont vraisemblablement les plus proches de la réalité.

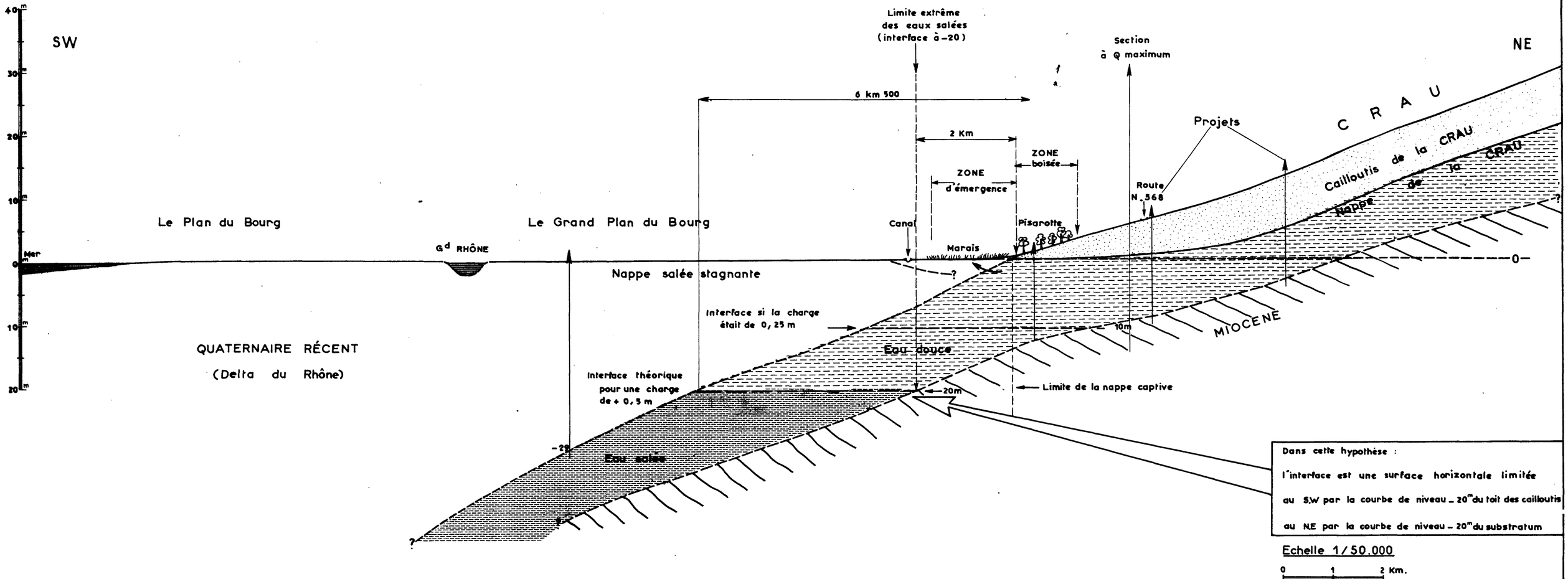
---

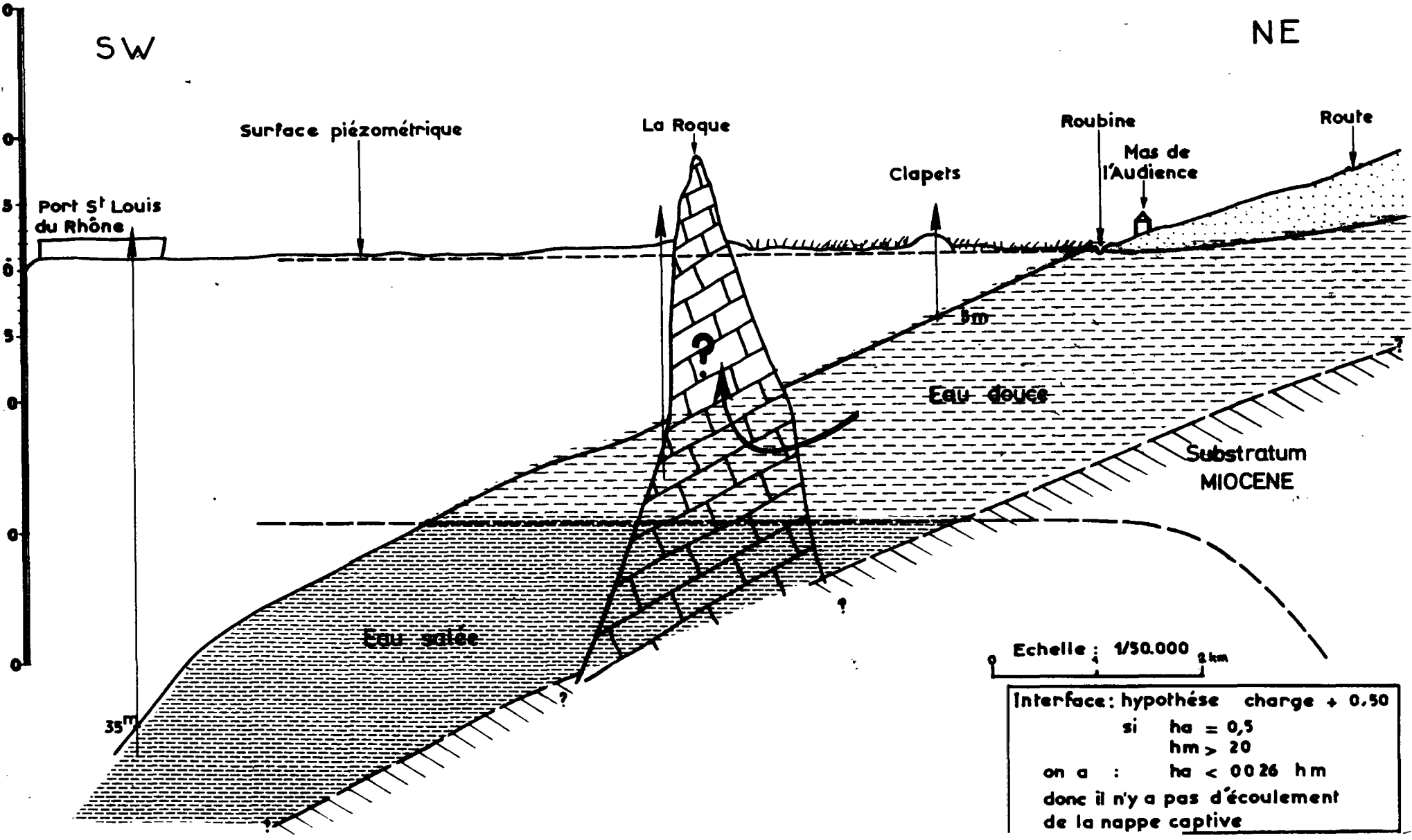
b - Principales inconnues.

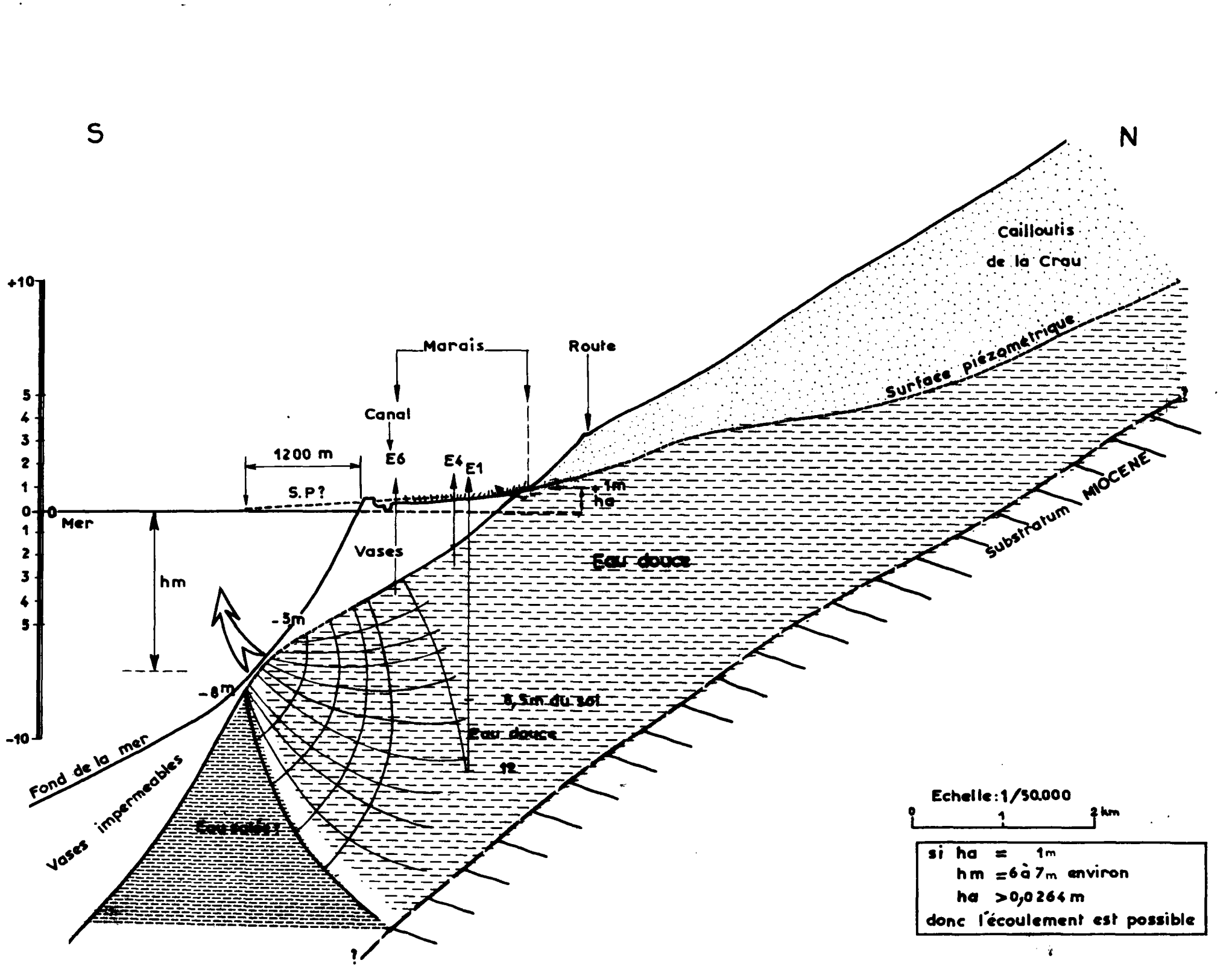
- Constitution détaillée de l'aquifère et distribution locale des perméabilités, sauf en quelques zones localisées.
- Puissance de la nappe, nature, forme et profondeur du substratum; superficie du front de nappe en diverses sections.
- Valeur de la transmissivité de la perméabilité et du coefficient d'emmagasinement mesurée par des essais de pompages de longue durée, avec piézomètre et interprétés rigoureusement.
- Rôle hydrogéologique du substratum anté-quaternaire, en tous points.
- Surface piézomètrique de la partie captive de la nappe.
- Bilan précis des apports à la nappe, régime et répartition des eaux d'irrigation; coefficient d'infiltration effective.
- Débit des émergences de la zone des étangs et laurons, bordant la Camargue, et régime des variations de ce débit.
- Hydrochimie : Répartition et variation de la concentration totale et de la composition chimique des eaux superficielles et souterraines.
- Valeur de l'évapotranspiration réelle à appliquer à la zone des étangs.
- Conditions d'abouchement possible de la nappe captive à la mer et position de l'interface séparant les eaux douces et les eaux salées (L'hypothèse de travail la plus probable à ce sujet est que la nappe captive ne communique pas avec la mer, sauf trés localement, au dessus d'une profondeur telle que sa charge puisse compenser la différence des densités avec l'eau de mer. En d'autres termes l'écoulement de la nappe captive, en profondeur, vers la mer ne serait pas possible, sauf peut-être prés de Fos; en ce cas les cailloutis de la Crau seraient envahis par l'eau de mer jusqu'à une profondeur, d'environ/40 fois l'altitude de la nappe libre près des émergences, donc vers-20 m, en moyenne)
- Données sur la nappe de la Crau pliocène.
- Bilan des exploitations actuelles.

SCHÉMA HYDROGÉOLOGIQUE DE LA BASSE CRAU

(PROFIL LONGITUDINAL)




SW
NE
Surface piézométrique
La Roque
Roubine
Route
Mas de l'Audience
Clapets
Port St Louis du Rhône
5m
Eau douce
Substratum MIOCENE
Eau salée
35m
Echelle : 1/50.000
2km
Interface: hypothèse charge + 0,50
si ha = 0,5
hm > 20
on a : ha < 0026 hm
donc il n'y a pas d'écoulement de la nappe captive


S
N
Cailloutis
de la Crau
Surface piézométrique
Marais
Route
Canal
E6
E4
E1
1200 m
S.P?
+1m
ha
+10
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
5
-10
0
Mer
hm
Vases
Eau douce
Substratum MIOCENE
-5m
-8m
8,5m du sol
Eau douce
12
Fond de la mer
Vases imperméables
Eau salée
?
Echelle: 1/50.000
0
1
2 km
si ha = 1m
hm = 6 à 7m environ
ha > 0,0264 m
donc l'écoulement est possible

4 - PROGRAMME DE TRAVAIL.

En prenant comme objectif la connaissance des données inconnues énumérées ci-dessus, et dans la mesure où cela était nécessaire la mise à jour et la précision de certaines données acquises, le programme établi initialement par le B.R.G.M. comprend deux parties :

- Etudes.
- Travaux de recherche.

4.1 - Etude.

Effectuées principalement par les moyens propres du B.R.G.M. elles doivent s'étendre sur toute l'année 1962, qui constituera une année d'observations et de mesures hydrologiques de toutes sortes en vue de dresser un bilan hydrique annuel de la nappe avec plus de rigueur que ceux établis antérieurement. Le périmètre étudié englobe toute la Crau quaternaire et pliocène et la partie de la Camargue située sur la rive gauche du grand Rhône (zone du Grand Plan du Bourg).

Elles comprennent :

- Un relevé complet de tous les points d'eau, puits et sources, complété par une opération générale de nivellement qui permettra de construire une carte précise de la surface piézomètrique d'après des altitudes exactes, ce qui n'avait pas été fait jusqu'alors.
- Une enquête précise sur les exploitations d'eau souterraines actuelles.
- Une étude chimique des eaux de surface et de la nappe.
- Le jaugeage régulier des débits de surface entrant (canaux d'irrigation) et sortant (émissaires des étangs, collatures et "roubines").
- L'interprétation des données acquises sur le régime de la nappe, cependant que le contrôle des piézomètriques est poursuivit par l'E.D.F.
- L'interprétation en fin d'année, des données climatologiques recueillies (pluviométrie, évaporation).

Un prolongement de ces études en 1963 sera nécessaire, en ce qui concerne les contrôles :

- Les jaugeages devront être continués et peut-être renforcés, surtout ceux des exutoires.

- On sait que l'E.D.F. continuera d'assurer le contrôle des piézomètres pendant plusieurs années . Plus tard il sera souhaitable que le relais soit pris par le B.R.G.M.
- La mise en place de quelques stations de mesure de lysimétrie et d'évaporométrie, qui n'aura pas été possible en 1962, sera souhaitable.

  Il est bien évident, en effet que la connaissance sérieuse du bilan hydrique d'une nappe aussi étendue que celle de la Crau, ne peut reposer sur une seule année d'observation.

4.2- Travaux de recherche.

Ils comportent deux opérations, limités pour une première phase exécutée en 1962 à la basse-Crau (commune de Fôs principalement).

a - prospection géophysique, exécutée par le Département de géophysique du B.R.G.M.

b - forages de reconnaissance et essais de perméabilité et de pompage, à confier à une entreprise spécialisée

En outre il est apparu souhaitable d'harmoniser ces recherches avec celles entreprises sous la direction des Ponts-et-chaussées concernant les problèmes de fondation dans la région de Fôs à Port-St Louis (Carmargue rive gauche du Rhône), ce qui a été fait

4.2.1 -Prospection géophysique.

Exécutée en premier lieu elle comprendra principalement deux séries de profils à étudier par prospection électrique (nécessitant environ 150 sondages électriques). Les premiers, orientés transversalement, au NE de la route de Fôs à Arles, auront pour objectif essentiel de déterminer la profondeur et la forme du substratum de la nappe de la Crau et éventuellement de fournir des indications sur la répartition des facies et les variations de perméabilité au sein de l'aquifère. Ils se raccorderont au NE à la campagne effectuée récemment pour la ville d'ISTRES par la C.P.G.F. (Compade prospection géophysique française).

Les seconds, orientés longitudinalement. dans la zone littorale, auront pour objectif de fixer la position de la limite extrême du biseau d'eau salée.

—

Enfin, plus localement, une campagne de prospection séismique (réfraction) est projetée dans la zone de la Roque, afin de déterminer la topographie souterraine et l'extension de la zone où les calcaires urgoniens constituent le substratum de la nappe des cailloutis de la Crau. Son exécution, ultérieure sera fonction des résultats de l'étude de l'interface et des résultats des forages effectués par les Ponts-et-chaussées (Cf. infra 4.2.3).

4.2.2 - Forages et essais hydrauliques.

Le but des forages est de déterminer en un certain nombre de points la profondeur exacte du substratum de la nappe de la Crau et d'étalonner ainsi les sondages électriques (géophysique) exécutés par ailleurs, de fournir des données précises sur la constitution et la puissance de l'aquifère, et de permettre l'exécution de divers essais (par injection et pompage), afin de mesurer la perméabilité, la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement du terrain en plusieurs points. Environ douze forages totalisant 300 à 350 m forés sont prévus.

Leur implantation se fera principalement sur deux profils transversaux, dans la région où la nappe est libre, c'est-à-dire en amont de la zone d'émergence et de "laurons" située au SW de la route de Fôs-sur-mer à Arles (Cf. plan joint en annexe figure 4).

Un profil amont, appuyé sur le secteur, déja étudié en détail de Fanfarigoule, se situe à peu prés là où le substratum doit se trouver à l'altitude 0, c'est-à-dire à la limite théorique extrême jusqu'où une remontée du biseau d'eau salée pourrait se manifester. Le profil aval se situe plus prés de la zone de Fôs, puisse s'envisager. Il étudie environ 1/3 de la longueur totale du front de la nappe.

L'implantation précise des forages par les soins du B.R.G.M. s'effectuera à mesure des résultats Schématiquement, les travaux se répartiront en deux phases : unepremière série de forages permettra de contrôler les résultats de la prospection géophysique et de les exploiter au mieux et d'exécuter divers tests de perméabilité.
En second lieu un forage de gros diamètre, entouré des piézomètres, et un essai de pompage à gros débit et de longue durée cloture ront ces travaux.

4.2.3 - COORDINATION AVEC LE PROGRAMME DES TRAVAUX CONCERNANT LES SOLS, DRESSE PAR LES PONTS ET CHAUSSEES.

Le présent programme a été confronté et harmonisé avec celui des travaux projetés par l'arrondissement maritime des Ponts-et-chaussées, tant a moyen des crédits propres à ce Ministère, que par ceux du Ministère de la Construction, et qui ont pour objet essentiel l'étude des caractéristiques des sols en vue des fondations et des aménagements portuaires.

Il a en particulier été convenu que les forages prévus dans la région du Grand Plan du Bourg et du littoral du golfe de Fôs, seront suffisamment poussés dans les cailloutis de la Crau pour qu'on puisse y procéder à des test de perméabilité sommaire et à des prélèvements d'eau aux fins d'analyse et mesurer la charge de la nappe captive. Plusieurs de ces forages traverseront les cailloutis de la Cra de manière à mesurer la puissance de la nappe captive et de reconnaître comment évolue le faciès du terrain aquifère vers l'aval, sous la Camargue. Ces travaux permettront donc de recueillir des données précises sur la position de l'interface eaux douces/ eaux salées, et sur les caractéristiques de la nappe captive.

4.2.4 - Phase ultérieure.

Au terme de ces divers travaux de recherche et aprés une interprétation générale de leurs résultats, liée à un premier bilan provisoire des études entreprises, ce qui sera possible vraisemblablement à la fin de l'été 1962, le programme d'une seconde phase de travaux pourra être dressé.

Sans préjuger de sa composition, qui sera fonction des données acquises et des problèmes nouveaux qui pourront être soulevés alors, on peut prévoir qu'il sera sans doute nécessaire :

- d'achever la reconnaissance du front aval de la nappe, en continuant l'étude du profil suivant la route de Fôs à Arles, par forages et par prospection électrique étendue à une "bande" d'une certaine largeur.

- d'exécuter un second essai de pompage d'exploitation dans la partie N.W de ce profil.

- de compléter la reconnaissance de la limite d'invasion des eaux salées, en quelques points par forage

Calendrier des Opérations (1962 - 1963)

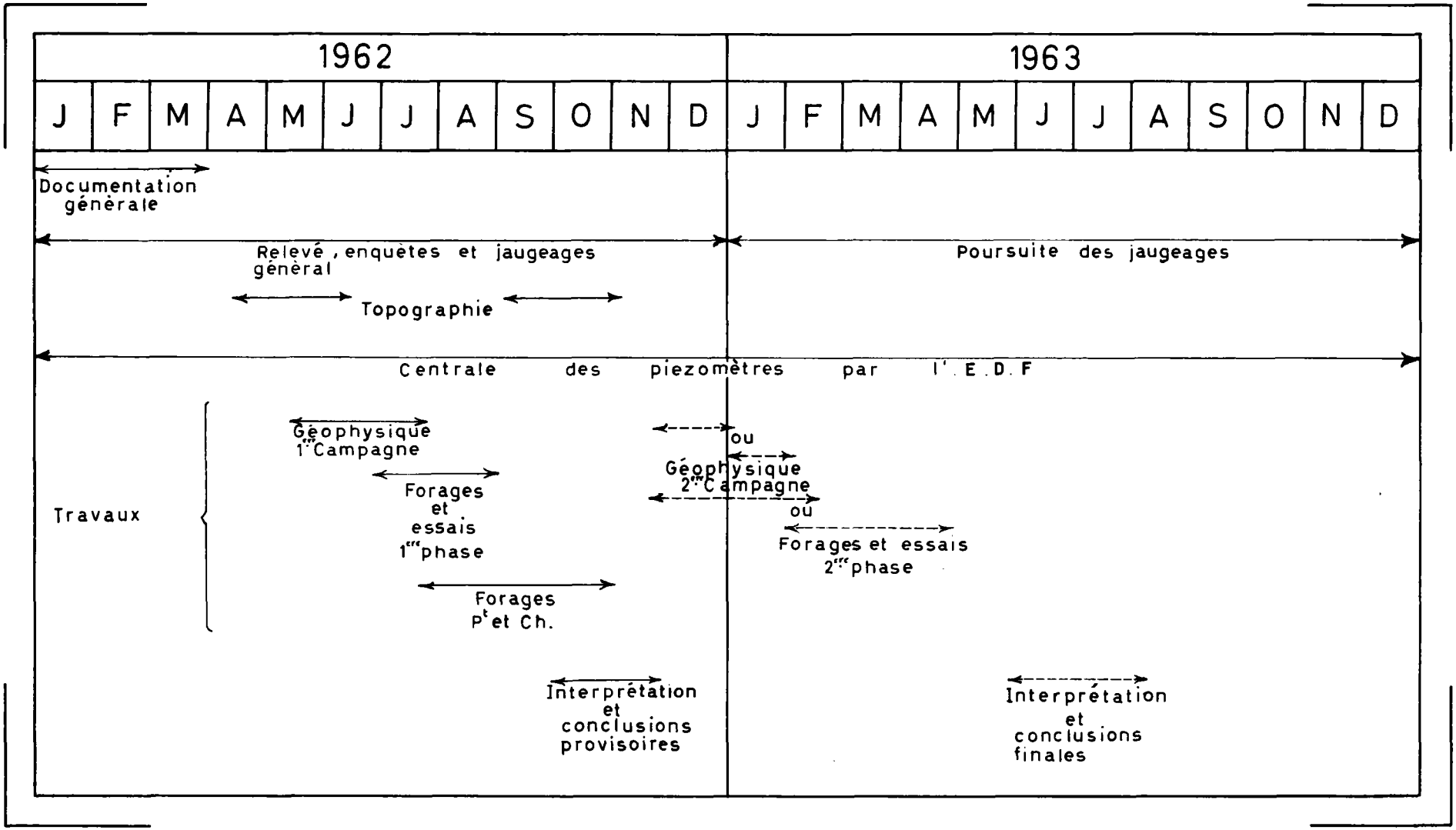


Fig.5.

Selon les disponibilités budgétaires, ces travaux pourraient débuter en fin 1962 ou en 1963.

---

5 - REPARTITION DES TACHES.

5.1 - Etudes.

L'essentiel du travail de documentation d'observation, de mesures et d'enquêtes sur le terrain est assuré par le S.G.R du S.E. du B.R.G.M, (D.S.G.R.) qui a en outre la charge de la coordination générale des opérations.
Ce service est assisté par la Direction Scientifique du B.R.G.M, notamment :

- par le Service d'Hydrogéologie du Département de Géologie.
- par M. Damiani, chargé de la Documentation pour les Boûches-du-Rhône.
- par le Service de Topographie, pour les opérations de nivellement.

En outre des concours extérieurs sont apportés par :

M. Cl. Gouvernet, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, et ses collaborateurs.

M. J. Archambault, directeur du BURGEAP.

Ces concours permettent d'assurer une continuité parfaite entre les études antérieures et l'intervention du B.R.G.M.

Enfin une collaboration active s'est, dès le début, instaurée avec diverses administrations locales :

- Direction de la Construction et de l'Urbanisme.
- Ponts-et-chaussées : service hydraulique de l'arrondissement d'Arles et arrondissement maritime.
- Génie-Rural
- Service des Mines
- Commission d'action régionale et de coordination pour les problèmes d'eau.

5.2 - Travaux de recherches.

La prospection géophysique est exécutée par le Département de géophysique de la Direction Scientifique du B.R.G.M.

Les forages et divers essais de perméabilités sont confiés à une entreprise spécialisée, le commettant de ces travaux étant le Ministère de la Construction. Il en est de

même pour les compléments, à des fins hydrogéologiques, des travaux entrepris sous la direction des Pont- et chaussées.

Le contrôle sur place de ces travaux et l'interprétation finale de leurs résultats seront assurés par le S.G.R. du S.E du B.R.G.M, assisté par les divers collaborateurs mentionnés plus haut.

---

6 - PERSPECTIVES DE SOLUTION.

Sans préjuger des conclusions qui résulteront de l'étude et des travaux de recherches commencées, on peut dès à présent esquisser une orientation, tenter de circuler les termes du choix qui se présentera finalement pour la mise en exploitation de la nappe.

On se base sur les données déja acquises et sur les hypothèses les plus probables, à savoir :

- le débit total de la nappe est de l'ordre de plusieurs m3/seconde (probablement entre 3 et 5), donc d'un ordre de grandeur comparable à celui des besoins futurs, du moins en une première phase.

  Une exploitation totale de la nappe est donc à envisager, au besoin par "tranches" successives.

- La variabilité de ce débit doit être faible (de l'ordre de 5 à 10 %). Pour faire face à des variations saisonnières importantes de la consommation, un prélèvement sur la réserve serait nécessaire et il est à priori possible, à condition de ne pas déprimer la surface piézomètrique au dessous de 0.

- La quasi totalité du débit de la nappe doit émerger dans la zone des étangs et laurons, à des cotes comprises entre 1 m et quelques décimètres au-dessus de 0.
  Ce débit doit donc être voisin du débit total des émissaires de ces étangs, à l'évaporation prés.

La nappe captive, au S. de la zone des étangs, doit être presque partout "coincée", en régime hydrostatique, et elle doit par conséquent être envahie par l'eau de mer jusqu'à une cote fixe, qui est fonction de celle des émergences. Il n'y aura donc pas de risque grave d'invasion marine tant que la charge de la nappe captive restera positive.

Il apparait donc en principe à la fois possible et souhaitable d'exploiter la plus grande partie du débit de la nappe sans rabattre beaucoup sa surface piézomètrique : il suffit de la rabattre au-dessous de la cote des émergences en la maintenant légèrement au dessus de 0.

Ces considérations orienteront, dans le choix du mode de captage vers un système de drain transversal d'interception, calé à une cote légèrement inférieure à celle des étangs et situé plus ou moins en amont de ceux-ci.

Ce procédé présenterait l'avantage de récupérer une partie du débit perdu par évapotranspiration tout en assainissant une grande partie des marais. Il pourrait être complété, si besoin est, par des pompages de surexploitation saisonnière situés plus en amont dans les zones à perméabilité maximale.

Cette formule exigerait évidemment une reprise par pompage ou débouché du drain pour refoulement vers des réservoirs donnant la charge voulue pour la distribution.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE
SUR L'HYDROGEOLOGIE DE LA CRAU
(Ordre chronologique)

ZURCHER Ph. (1920) - Rapport inédit sur la nappe de la Crau (Archives des Ponts-et-chaussées- 1920)

PORCHET M. (1930) - Etude des eaux souterraines de la Crau (C.R. Congrès de l'eau en Crau, pp. 81-172 - Serv. Agric. du P.L.M. - Paris 1930)

REPELIN J. (1930) - Etude des eaux souterraines de la Crau (C.R. congrès de l'eau en Crau, pp. 25-34 - Serv. Agric. du P.L.M - Paris 1930).

BECCAT (1930) - La Crau : Observations hydrologiques (C.R. Congrès de l'eau en Crau, pp. 173-190 Service agricole P.L.M - Paris 1930)

La Crau : Essai d'utilisation du fleuve souterrain (C.R. Congrès de l'eau en Crau, pp. 251-260 Service agricole P.L.M - Paris 1930)

BORDAS J. et MATHIEU G. - (1930) Recherches sur la force de sols et l'irrigation souterraine (C.R. Congrès de l'eau en Crau - pp. 319- Serv. agric. P.L.M - Paris 1930)

DENIZOT G. (1939) - La Crau, la Camargue et l'Etang de berre (Trav. Lab. géol. Fac. Sciences Marseille - T. II, 1939 - 159 p., 1 pl. HT)

ARCHAMBAULT J. (1948) - Etude hydrogéologique de la région Carnoules-Besse (Var) (BURGEAP - rapport inédit - juin 1948 - M.R.U)

(Eléments pour un inventaire des eaux souterraines du littoral méditérranéen (Alpes-maritimes, Var, Bouches-du-Rhônes) (BURGEAP - rapport inédit - R. 103 - Déc. 2948 M.R.U.)

- Etude hydrogéologique de la Vallée de l'Argens (Var) (BURGEAP - rapport inédit - M.R.U.)
- Etude géologique et hydrologie de la Vallée de l'Argens (Var) (BURGEAP (- rapport inédit - M.R.U.)
- Etude géologique et hydrologie de l'aérodrome de Bastia-Poretta (Corse) (LURGEAP - rapport inédit - M.R.U).

- Données pour servir à l'étude de la nappe alluviale de la Basse-Durance
(BURGEAP - rapport R. 109 du 30 juillet 1948 - E.D.F)

- La nappe de l'Huveaune à l'Est d'Aubagne (BURGEAP - rapport inédit - 14 Oct. 1948 - M.R.U).

- Le seuil de Lamanon
(BURGEAP - rapport inédit R. 115 - Déc. 1948 - M.R.U)

MOUGIN D. (1949)

- Les eaux souterraines des Bouches-du-Rhônes
(Recueil Trav. Inst. Nati. Hyd. Fr. - 1949 3, n° 3. 835-60 - 13 fig.)

Anonyme (G.G.G) - (1948-49 - Etudes hydrologiques par prospection électrique. Seuil de Lamanon et nappe de la Crau, plaine du Delta de l'Arc, Plaine de Chateaurenard les Martigues, Plaine de l'Huveaune
(G.G.G. 1948-49 - M.O = M.R.U.) - (B.R.G.M. n° 135)

- Etudes hydrologiques par prospection électrique Sources de Tines, Vallée de la Cagne et du Malvan
(G.G.G. 1949 - M.O = M.R.U) - (B.R.G.M n° 130)

- Etudes hydrologiques par prospection électrique Emergence de Carnoules, Vallée du Gapeau, Plaine de Batailler, Région de Cogolin-Grimaud Plaine de l'Argens (Var) -
(G.G.G. 1948) - M.O = M.R.U. - (B.R.G.M. N° 131)

- Etude par prospection électrique dans la région d'Aix-en-Provence
(G.G.G. 1961) - M.O = Municip. d'Aix-en-Provence
(B.R.G.M. n° 926)

ARCHAMBAULT J. (1950) - Note sur le mécanisme hydraulique du seuil de Lamanon
(BURGEAP - rapport inédit R. 122 - Janv. 1950 M.R.U)

- Etudes hydrogéologiques en Basses Provence
(l'eau - Déc. 1950)

GOUVERNET Cl. (1950) - Conditions d'alimentation des nappes phréatiques de la Durance et de la Crau
(rapport inédit - Marie d'Avignon - 1950)

ARCHAMBAULT J. (1951) - La nappe alluviale de la Basse Durance (BURGEAP - rapport inédit 5 mars 1951 - E.D.F. R.E.H. - Alpes III - Projet de Basse Durance - Annexe : carte phréatique au 1/50.000

- La nappe de la Crau (BURGEAP - rapport inédit R. 140 - Déc. 1951 M.R.U.)

BOURRIER J. (1954) - Mesure des caractéristiques hydrodynamiques des sols, à la station expérimentale d'hydraulique agricole Vergières) (Bull. centre de Rech. et Expérim. du Génie Rural n° HS 21 - Juillet 1954)

DECELLE A., GUELTON M., MULLER-FEUGA R. - (1954

- La nappe phréatique de la Crau et la dérivation de la basse Durance importance des irrigations (2è congrès Com. Inter. Irrig. Drain. - Alger Avr. 1954)
- Exemple d'alimentation artificielle de la nappe phréatique d'un bassin alluvial de 5.000 hectares situé en Basse Durance
- La nappe souterraine de la Basse Durance et le projet d'aménagement agro-industriel de la Vallée de la Durance

DAMIANI L., FEUGUEUR L. (1960)

- Etude de la Basse Crau et de la plaine alluviale à l'Est du Rhône (B.d.r.) rapport inédit - B.R.G.M. A. 1713 - 1960)

MARGAT J. (1962) - Alimentation en eau de la zone d'expansion industrielle de Fôs (Bouches du Rhône) Programme d'étude de la nappe de la Crau. (Rapport inédit, B.R.G.M., janvier 1962)

DAMIANI L. (1962) - Note sommaire relative aux sondages du Sud de la Crau (Rapport inédit, B.R.G.M;, 1962)

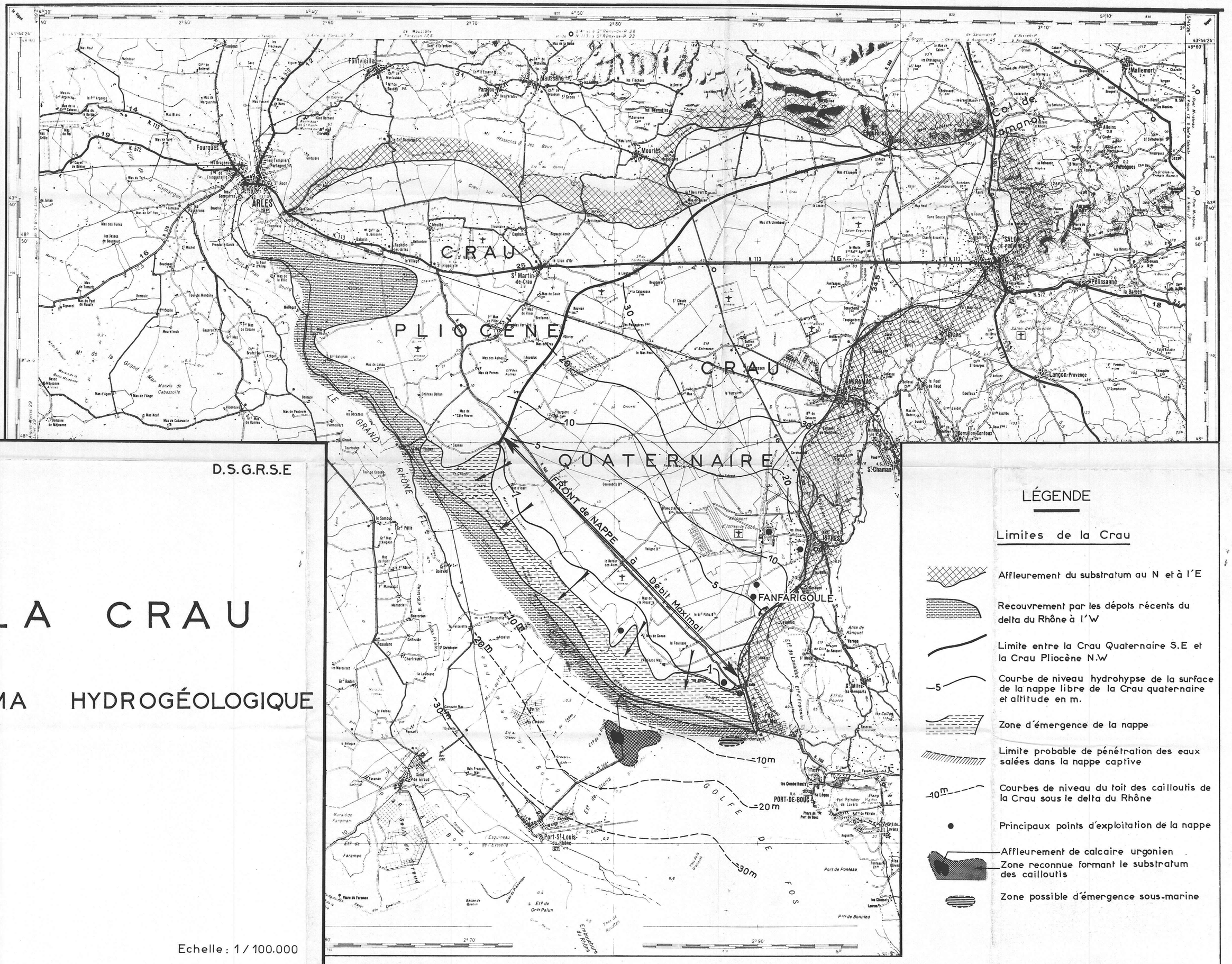
B.R.G.M

D.S.G.R.S.E

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 dépots récents du delta du Rhône à l'W
- Limite entre la Crau Quaternaire S.E et la Crau Pliocène N.W
- —5 Courbe de niveau hydrohypse de la surface de la nappe libre de la Crau quaternaire et altitude en m.
- Zone d'émergence de la nappe
- Limite probable de pénétration des eaux salées dans la nappe captive
- -10m 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 formant le substratum des cailloutis
- Zone possible d'émergence sous-marine