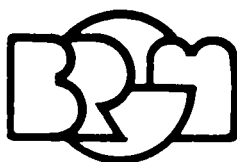


VILLE DE MIRAMAS (13)

ALIMENTATION EN EAU POTABLE
PROJET DE RESTRUCTURATION DU DISPOSITIF DE CAPTAGE
Etude hydrogéologique préliminaire

par

M. GRAVOST



BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional PROVENCE - ALPES - COTE D'AZUR

Domaine de Luminy - route Léon Lachamp, 13009 Marseille

Tél.: (91) 41.24.46

VILLE DE MIRAMAS - BOUCHES DU RHONE
ALIMENTATION EN EAU POTABLE

PROJET DE RESTRUCTURATION DU DISPOSITIF DE CAPTAGE

Etude Géologique préliminaire

par

M. GRAVOST

83 SGN 922 PAC

DECEMBRE 1983

RESUME

A la demande de la Mairie de MIRAMAS, le Service Géologique Régional Provence Alpes Côte d'Azur du Bureau de Recherches Géologiques et Minières a réalisé une étude hydrogéologique préliminaire dans le cadre du projet de restructuration du schéma de captage pour l'alimentation en eau potable de la ville.

Cette étude a comporté :

- la mise en oeuvre du modèle de gestion de la nappe de Crau en vue d'estimer les répercussions des accroissements de prélèvements envisagés à l'horizon 1990,
- la conception et la construction d'un sous-modèle gigogne destiné à choisir le schéma optimum en fonction de ses répercussions au plan local,

S O M M A I R E

=====

	Page
RESUME	
1. INTRODUCTION	1
2. MISE EN OEUVRE DU MODELE GENERAL DE LA NAPPE DE CRAU	5
3. ELABORATION D'UN MODELE GIGOGNE	11
4. SIMULATIONS DE SITUATIONS D'AMENAGEMENT	17
5. SIMULATIONS DE LA REPARTITION DES PRELEVEMENTS SUR DEUX POINTS	23
6. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU - ETAT ACTUEL	29
7. CONCLUSION	39

o o o

o o

o

LISTE DES FIGURES

	Page
1. Carte de situation et limites des modèles utilisés	3
2. Modèle général - Actualisation 1982 - Répartition des zones d'infiltration en provenance des surplus d'irrigation	8
3. Modèle général de la Crau - Etat de référence sur dix ans	9
4. Influence d'un prélèvement de 20.500 m ³ /j pendant deux ans	12
5. Influence des prélèvements pendant un an : a) 12.000 m ³ /j b) 20.500 m ³ /j	13
6. Détail du maillage du sous modèle gigogne	15
7. Influence de l'accroissement des prélèvements après dix ans : a) de 12.000 à 20.500 m ³ /j b) de 12.000 à 25.000 m ³ /j	18
8. Abaissements simulés dans la maille de captage	20
9. Simulation d'un second point de prélèvement - Maillage utilisé	24
10. Station actuelle - Pompage à 25.000 m ³ /j - Allure du périmètre d'appel	27
11. Future station - Pompage à 12.500 m ³ /j - Allure du périmètre d'appel	28

PLANCHE EN ANNEXE

Carte de situation du modèle gigogne et des points échantillonnés pour analyses chimiques.

LISTE DES TABLEAUX

1. Exploitation à 25.000 m³/j - Comparaison à la situation actuelle de diverses répartitions des prélèvements
2. Analyses chimiques - Eléments majeurs
3. Analyses chimiques - Bilans ioniques
4. Caractères physico-chimiques et micropolluants.

CHAPITRE I - INTRODUCTION

Pour faire face à l'accroissement des besoins en eau potable de l'agglomération de MIRAMAS, la Municipalité envisage le renforcement et la restructuration de moyens de captage et de distribution.

Actuellement, les besoins sont couverts par l'exploitation d'un seul puits, situé dans les quartiers sud de la ville (1), qui sollicite la nappe de Crau dans une zone où elle est particulièrement productive : le "Couloir de Miramas". Toutefois, cet aquifère constitue la seule véritable ressource en eau souterraine du secteur. En outre, les études réalisées depuis 1972 ont montré que cette ressource reste relativement vulnérable vis-à-vis de son potentiel, du fait de son mode d'alimentation ; c'est ce qui a d'ailleurs motivé l'application du décret de loi de 1935, à cette nappe, en 1973.

Par ailleurs, l'utilisation de cette ressource pour l'alimentation en eau potable justifie que soient prises les précautions indispensables au maintien de la qualité des eaux souterraines.

Pour tenir compte de ces différentes contraintes, la Municipalité a confié l'étude hydrogéologique préalable du projet au Service Géologique Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, qui dispose

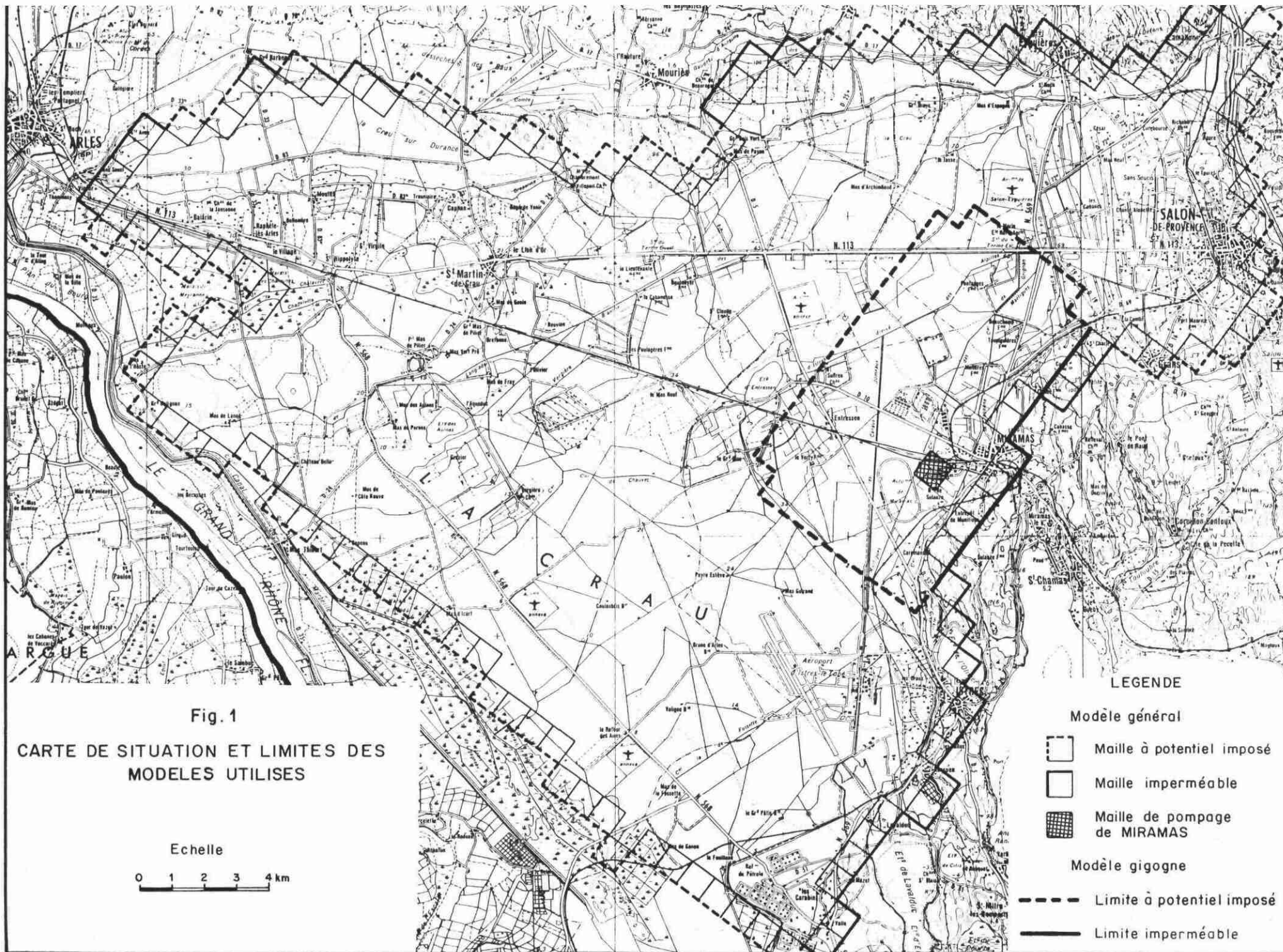
(1) Réalisé en 1961 à la suite d'une reconnaissance par sondages mécaniques, cet ouvrage, profond de 22 m, a un diamètre de 3 m. Il possède un cuvelage étanche sur les quinze premiers mètres, muni de barbacanes sur les sept derniers et ouvert à la base. Il est équipé de 3 pompes susceptibles de fournir ensemble un débit de pointe de 800 m³/h environ.
Numéro National d'Identification 993.8.100 (identique à celui sondage de reconnaissance n° 2).

d'un modèle de simulation, établi en 1972 et actualisé en 1982, adapté à la gestion globale de la nappe de Crau.

L'étude a comporté :

- la mise en oeuvre du modèle actualisé de façon à pouvoir simuler les répercussions des aménagements envisagés sur l'ensemble de la nappe,
- la construction et la mise en oeuvre d'un sous modèle gigogne, destiné à examiner les interférences locales,
- des simulations prospectives sur l'un ou l'autre modèle de diverses situations d'aménagement ou d'optimisation d'un paramètre, définies en concertation avec les responsables du projet au fur et à mesure de l'avancement de celui-ci,
- l'établissement d'un constat de la situation actuelle concernant la qualité des eaux.

Les travaux réalisés à cette occasion, les résultats obtenus et leur synthèse sont exposés dans le présent rapport.



CHAPITRE II

MISE EN OEUVRE DU MODELE GENERAL DE LA NAPPE DE CRAU

Créé en 1972, le modèle général de la Crau est à mailles carrées égales (875 m de côté). Il traite les écoulements en régime transitoire ; c'est-à-dire qu'à partir d'un état initial donné, il permet de simuler l'évolution de la nappe connaissant celles de apports (pluies et irrigations) et des prélèvements. Ses limites sont représentées schématiquement sur la figure 1.

Il a été actualisé en 1983 par :

- transfert des données de calage dans un programme de traitement moderne,
- prise en compte des données nouvelles acquises durant les dix dernières années.

A cette occasion, on a pu mettre en évidence :

+ l'augmentation sensible des prélèvements au cours de la dernière décennie (40 % si l'on ne tient compte que des prélèvements connus, et probablement 60 à 80 % si l'on tient compte des prélèvements non déclarés, irrigation notamment) compensée par une diminution des sorties aux limites aval de la nappe,

+ la stabilité des surfaces irriguées traditionnelles,

+ la stabilité globale de la nappe sauf dans le "couloir de Miramas" où l'on constate un abaissement général des niveaux de 2 à 4 m, dont les causes restent à préciser (augmentation des prélèvements, conséquences des aménagements de FOS ou du déficit pluviométrique des 3 dernières années ?)

+ la nécessité de moduler les apports par les surplus d'irrigation selon six secteurs différents, pour rendre compte de la stabilité globale de la nappe à long terme (cf Fig. 2), certains secteurs, dont la partie amont du Couloir de Miramas, devant bénéficier d'apports très importants, qui représentent à peu près la moitié du total.

+ que les aménagements de la région de FOS pouvaient engendrer une perte de l'ordre de 1 m³/s, par rapport à la situation antérieure.

Dans le cadre de la présente étude, on a été amené à choisir, par analogie avec la période 1969-1982, où l'allure générale de la nappe est demeurée pratiquement inchangée, un état de référence stable auquel seront comparées les situations à explorer. Il s'agit d'une simulation réalisée avec les paramètres suivants :

- Etat initial, situation observée fin juin/début juillet 8
- période dix ans,
- pas de temps un an,
- prélèvements constants à partir de l'état initial,
- apports des pluies égaux chaque année à la moyenne des valeurs prises en compte sur la période 1969-1982 lors de l'actualisation, soit environ 1,8 m³/s (57 Mm³/an),
- apports des irrigations égaux chaque année aux valeurs déduites du calage sur la période 1969-1982, soit environ 3,7 m³/s (117 Mm³/an).

Les situations piézométriques initiale et finale de cette simulation sont présentées sur la figure 3. On note des écarts importants dans certains secteurs (5 m), mais l'allure générale des écoulements est respectée et l'état de référence choisi peut être considéré comme acceptable.

Nota :


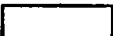



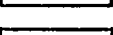
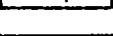
Une rapide enquête a permis de s'assurer qu'entre 1982 et 1983 et compte tenu de l'échelle des simulations (mailles de 875 m et pas annuel) :

- les prélèvements annuels moyens pris en compte n'avaient pas sensiblement varié,

- la densité des points de mesure fiables, notamment à l'amont du puits de Miramas, ne permettait pas une représentation plus précise de la surface de la nappe.

Fig. 2

REPARTITION DES ZONES D'INFILTRATION
PAR IRRIGATION

- | | |
|---|-------------------|
|  | Zone 1 |
|  | Zone 2 |
|  | Zone 3) |
| |) Infiltration |
|  | Zone 4) forte à |
| |) très forte |
|  | Zone 5) |
|  | Zone 6 |
|  | Zone non irriguée |

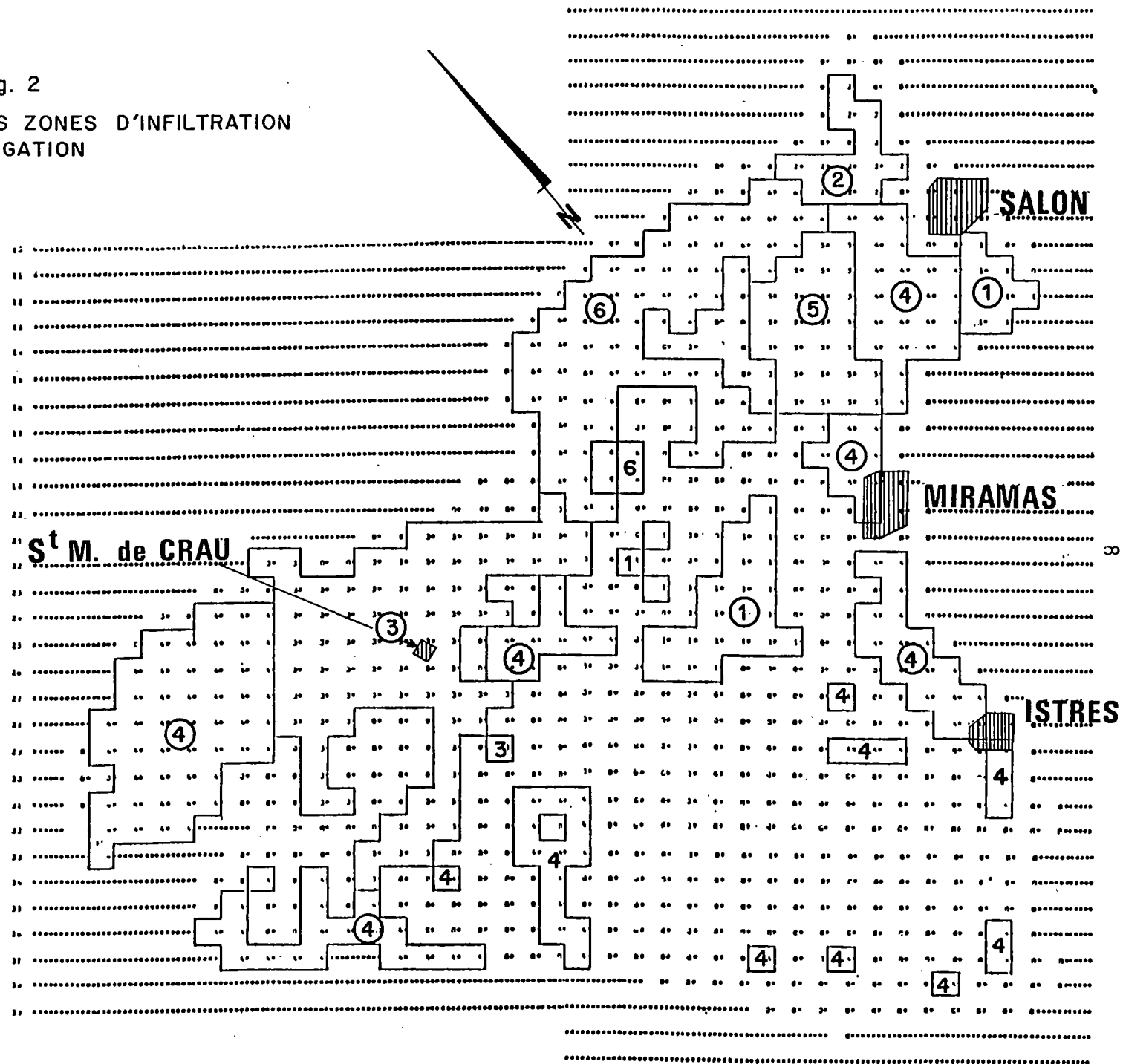
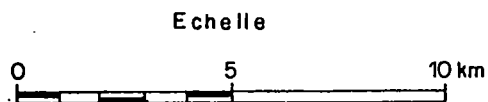
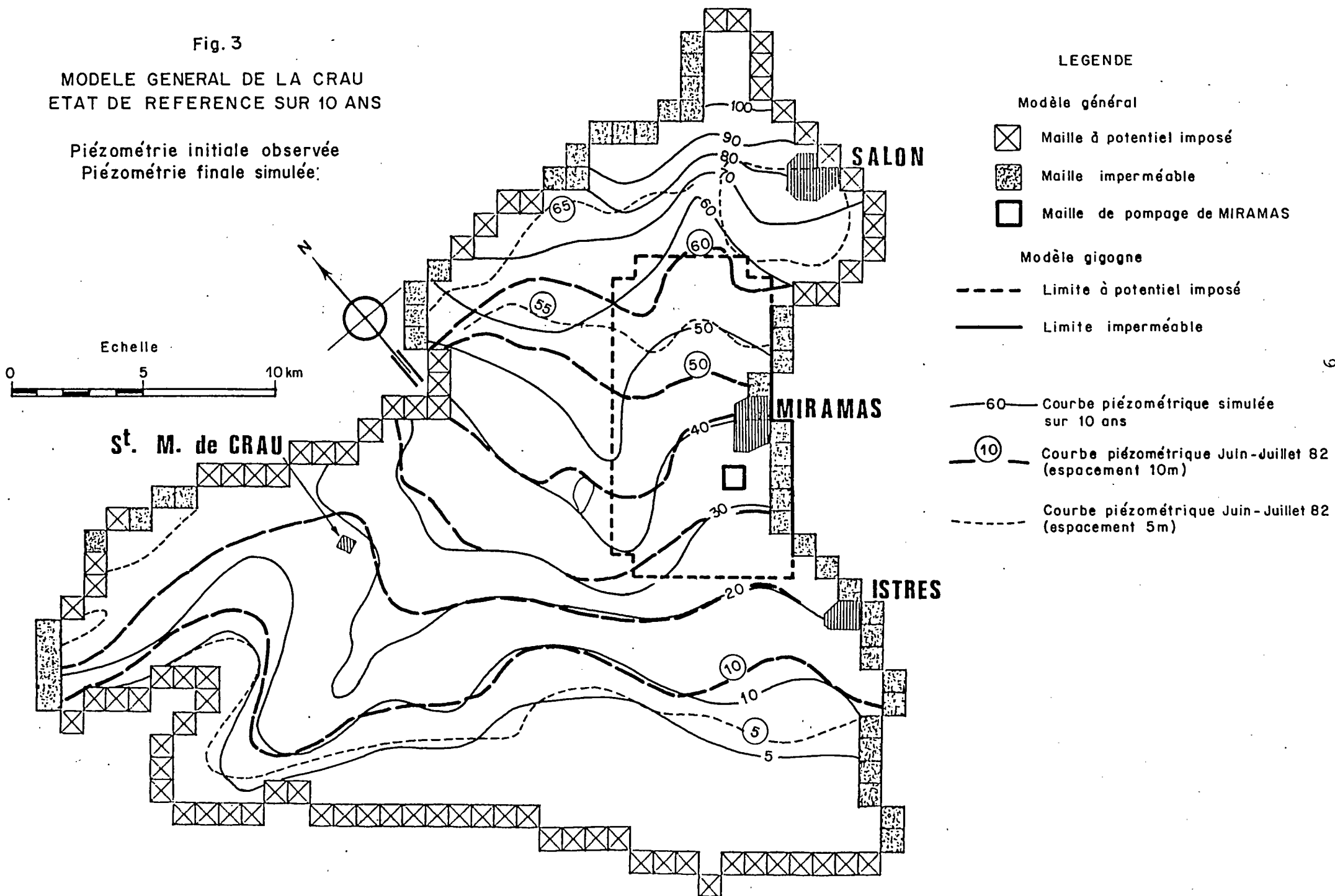


Fig. 3

MODELE GENERAL DE LA CRAU
ETAT DE REFERENCE SUR 10 ANS

Piézométrie initiale observée
Piézométrie finale simulée:



CHAPITRE III

ELABORATION D'UN MODÈLE GIGOGNE

Le modèle général, s'il est bien adapté à la gestion globale de la nappe, ne permet pas, en raison même de sa conception et de la dimension des mailles, une étude suffisamment fine de phénomènes localisés, tels que les zones d'influence des captages ou leurs interférences.

Aussi a-t-on été amené à agrandir localement l'image de l'aquifère à l'aide d'un sous-modèle à mailles plus fines dont les conditions aux limites sont tirées du modèle général.

On a d'abord simulé, au moyen du modèle général, les rabattements provoqués par des pompages de 12.500 et 20.500 m³/j* respectivement, pour des durées de un an et deux ans.

Au-delà de deux ans, les secteurs W et SW de la nappe ne sont pratiquement pas concernés par les pompages opérés dans les secteurs E et ne seront généralement pas représentés dans ce qui suit (voir fig. 4).

* Respectivement prélèvement moyen actuel et première hypothèse de prélèvement maximum envisagée par les Services Techniques de la Ville.

Fig. 4

INFLUENCE D'UN PRELEVEMENT DE 20500 m³/j
PENDANT 2 ANS

(seules les zones Est de la nappe sont influencées)

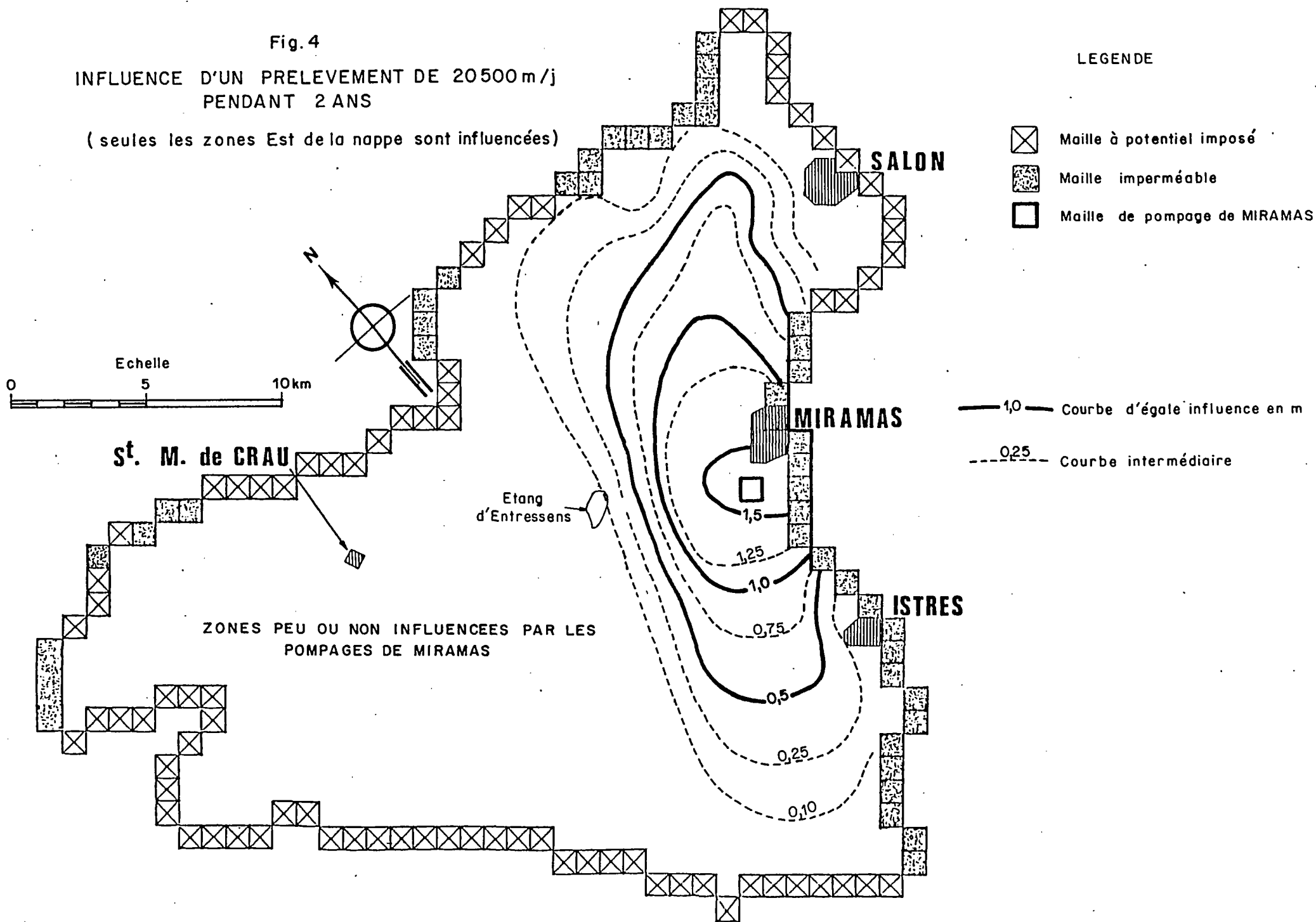
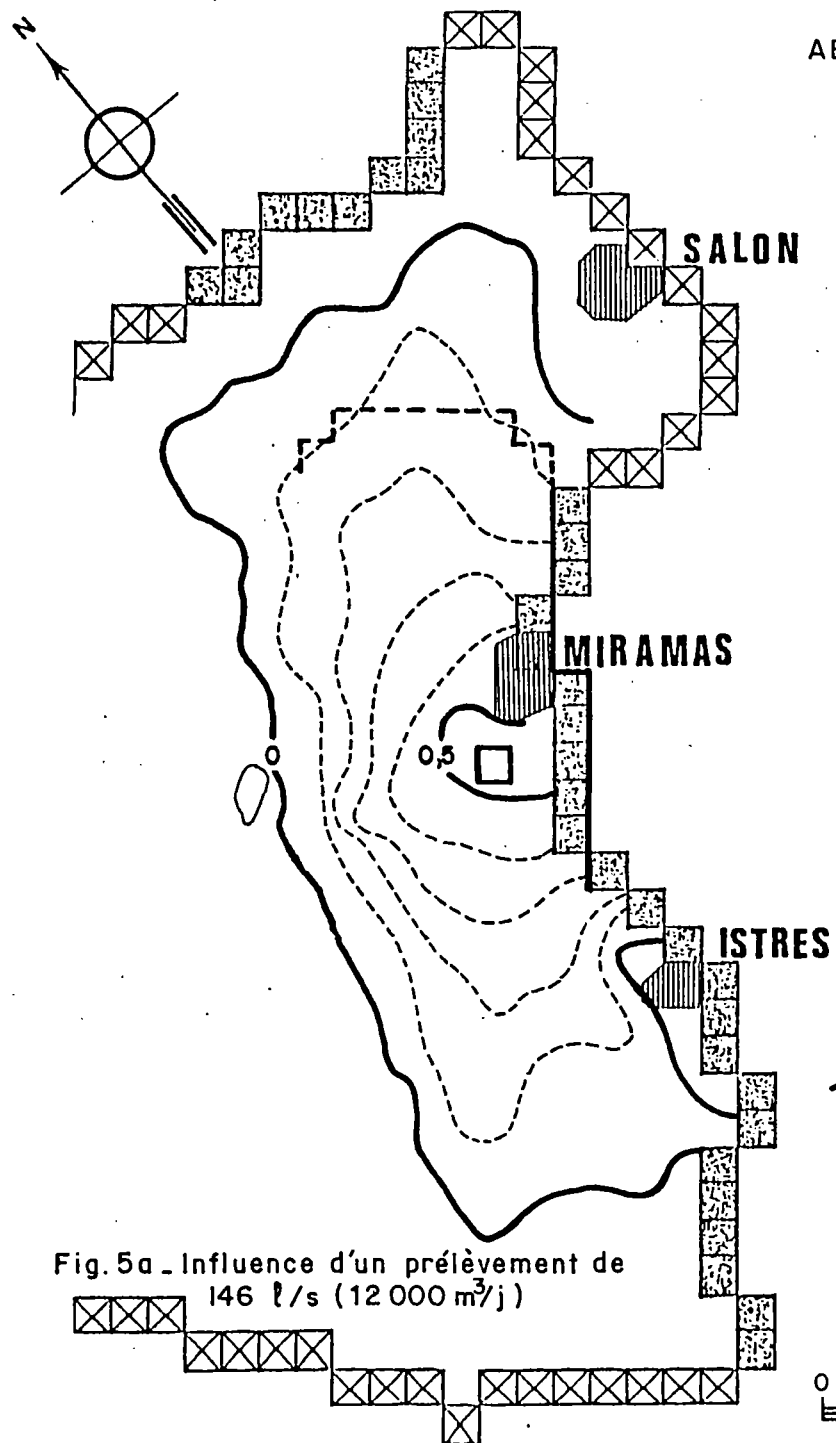


Fig.5
ABAISSMENTS EN METRES
APRES 1AN

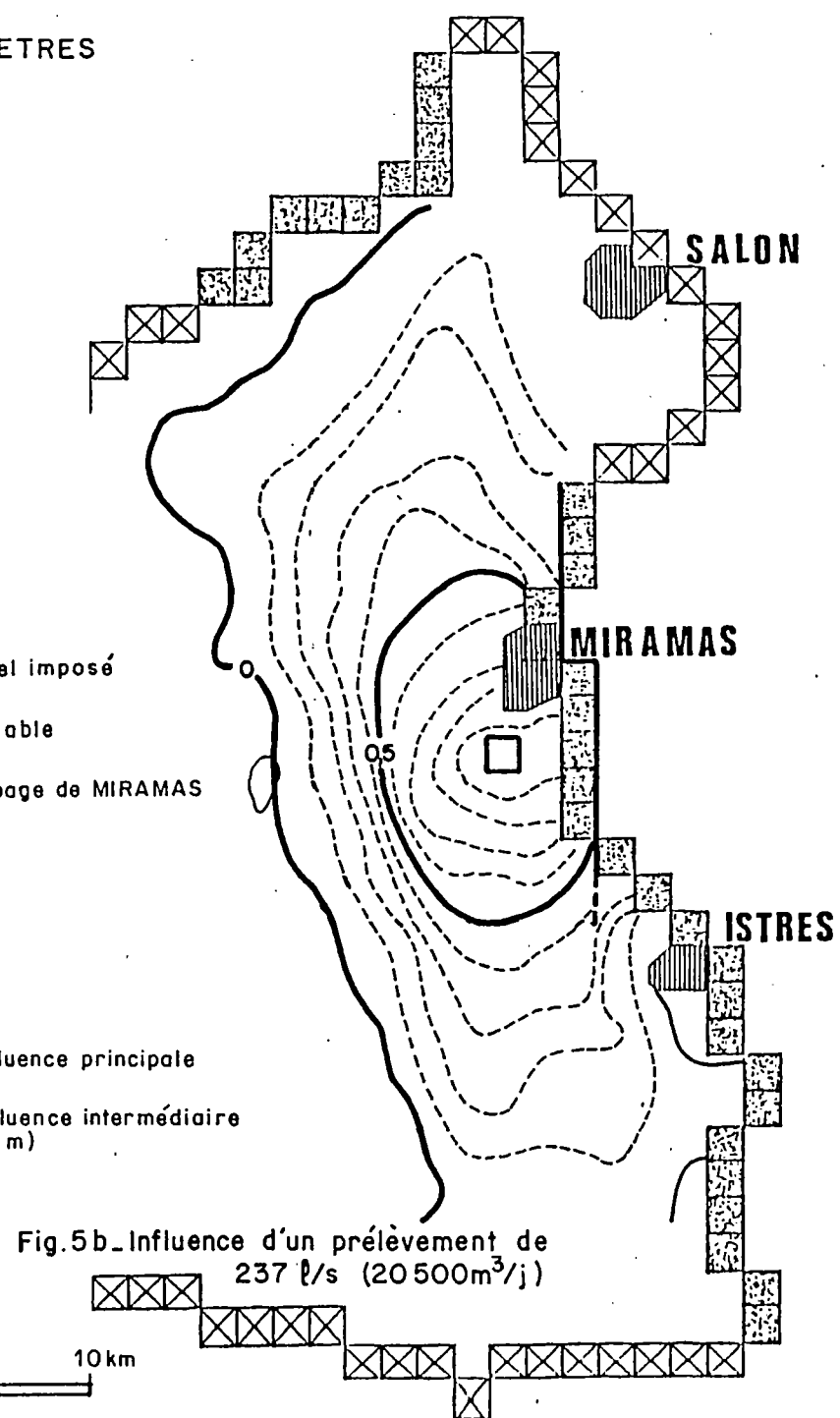


LEGENDE

- ⊠ Maille à potentiel imposé
- ▒ Maille imperméable
- Maille de pompage de MIRAMAS

- 0.5 — Courbe d'influence principale
- - - Courbe d'influence intermédiaire (espacement 0,1 m)

Echelle
0 5 10 km



Les cônes d'influence simulés après un an de pompage sont représentés sur les figures 5a et 5b pour les deux régimes de prélèvement envisagés. Ils ont tous deux une allure générale semblable : dissymétrie accentuée avec allongement NNE-SSW, selon le "Couloir de Miramas" (vallée fossile de la Durance à très forte transmissivité hydraulique). Les limites de l'aquifère sont à peine atteintes, sauf à l'Est et les abaissements restent modestes (inférieurs à 0,5 m à 5 km de la maille de pompage dans le plus mauvais des cas).

Afin de minimiser l'influence des limites à potentiel lors de l'exploitation du modèle gigogne sans l'alourdir d'un trop grand nombre de mailles, on a choisi le contour porté sur les figures 1 et 3, compte tenu des faibles influences au-delà de ces limites.

Le modèle utilisé est à mailles carrées variables et simule les écoulements en régime permanent. Il comporte 116 grandes mailles (ordre 1) coïncidant avec le réseau du modèle général. Chacune d'entre elles peut être divisée trois fois en neuf sous mailles (ordres 2 à 4).

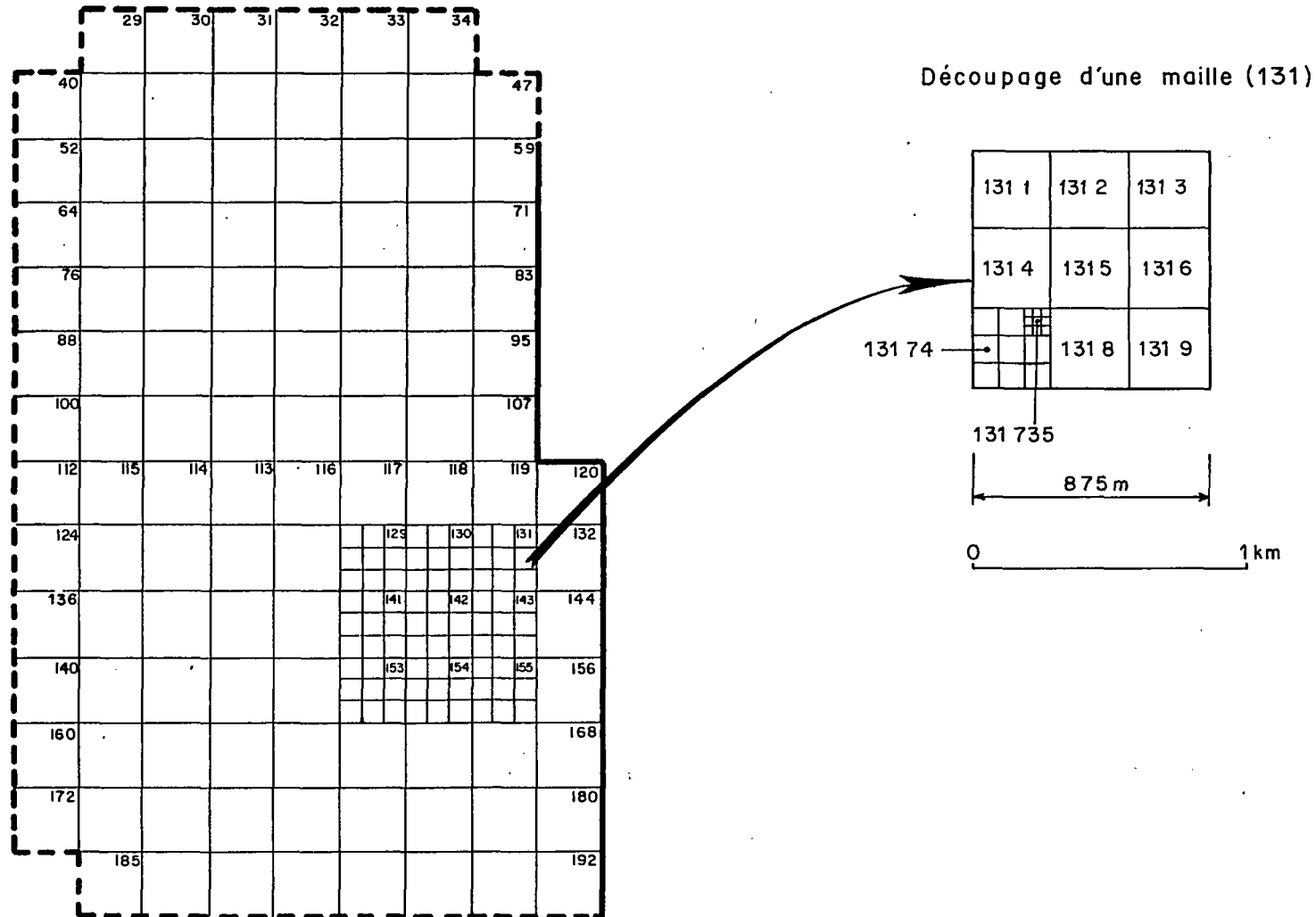
Les mailles d'ordre 1 ont 875 m de côté,
 les mailles d'ordre 2 ont 291,5 m de côté,
 les mailles d'ordre 3 ont 92 m de côté,
 les mailles d'ordre 4 ont 32 m de côté.

Dès l'origine, la maille de pompage et les huit mailles adjacentes ont été subdivisées jusqu'à l'ordre 2 (voir fig. 6).

Les limites du modèle peuvent être étendues en cas de besoin. En l'absence de données nouvelles plus précises, les paramètres du modèle général lui ont été appliquées.

Fig. 6

DETAIL DU MAILLAGE DU SOUS MODELE GIGOGNE



CHAPITRE IV

SIMULATIONS DE SITUATIONS D'AMENAGEMENT

Deux situations ont été explorées sur une période de dix ans, à l'aide du modèle général :

- prélèvement total de $20.500 \text{ m}^3/\text{j}^*$, soit environ $8.000 \text{ m}^3/\text{j}$ (91 l/s) de plus que les prélèvements actuels,
- prélèvement total de $25.000 \text{ m}^3/\text{j}$, soit un doublement des pompages actuels ($+ 146 \text{ l/s}$).

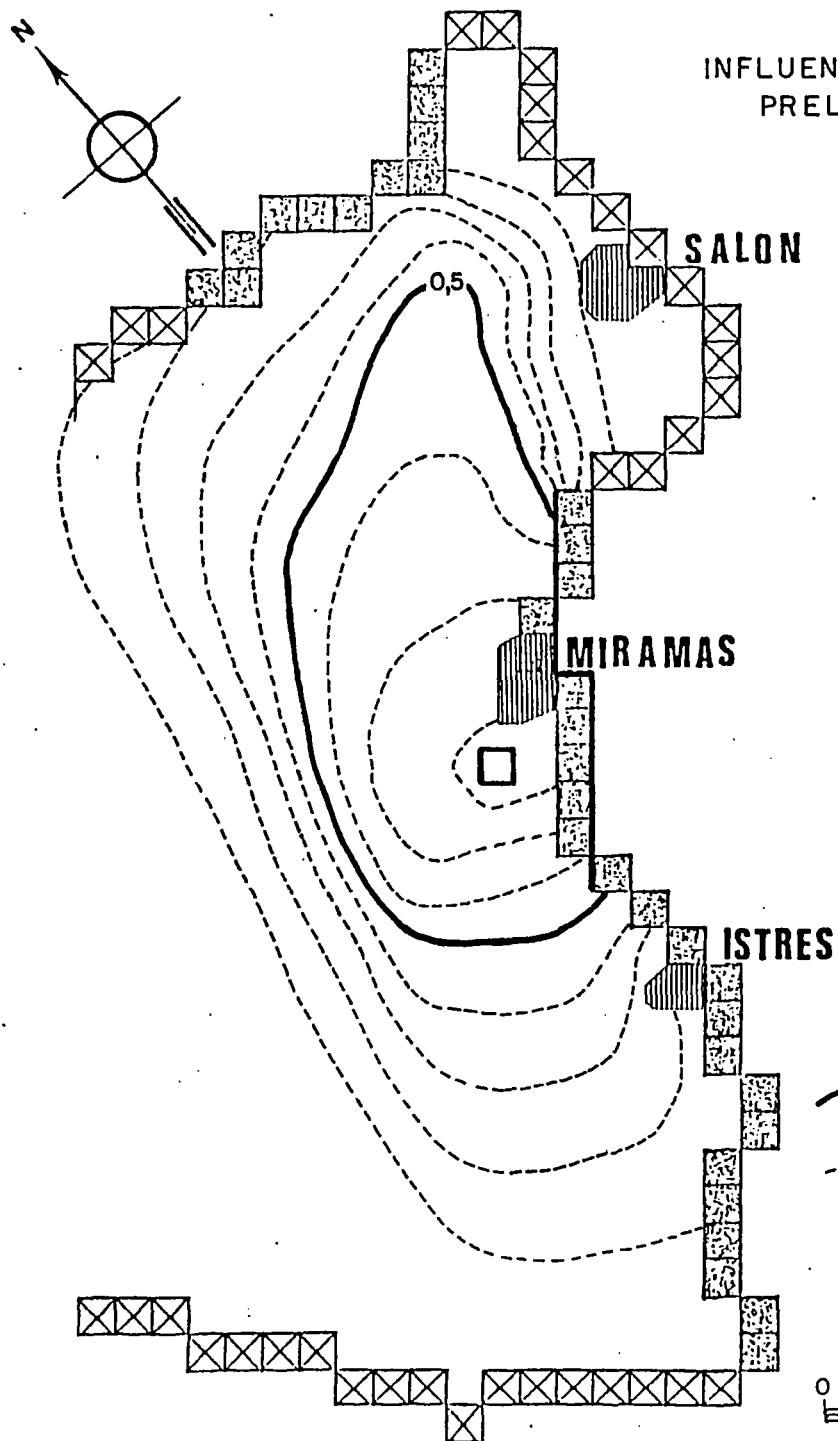
On a admis que l'accroissement est instantané et appliqué dans la maille où se situent les pompages actuels.

Les résultats sont présentés sur les figures 7a et 7b.

On constate que l'allure des cônes d'influence est semblable dans les deux cas (cf ci-dessus p.12). Ils atteignent les limites NE et SW de l'aquifère mais leur influence reste faible (rabattement induit inférieur à $0,1 \text{ m}$) et s'étendent aux secteurs N et NW de la nappe avec des valeurs inférieures à $0,1$ et $0,2 \text{ m}$ respectivement.

Compte tenu des variations piézométriques annuelles (1 à plusieurs mètres) résultant principalement des effets de l'irrigation dans ces secteurs, cette influence peut être considérée comme négligeable.

* Une hypothèse $18.500 \text{ m}^3/\text{j}$ demandée par la Mairie a été remplacée par l'hypothèse $25.000 \text{ m}^3/\text{j}$ lors de la présentation des premiers résultats.

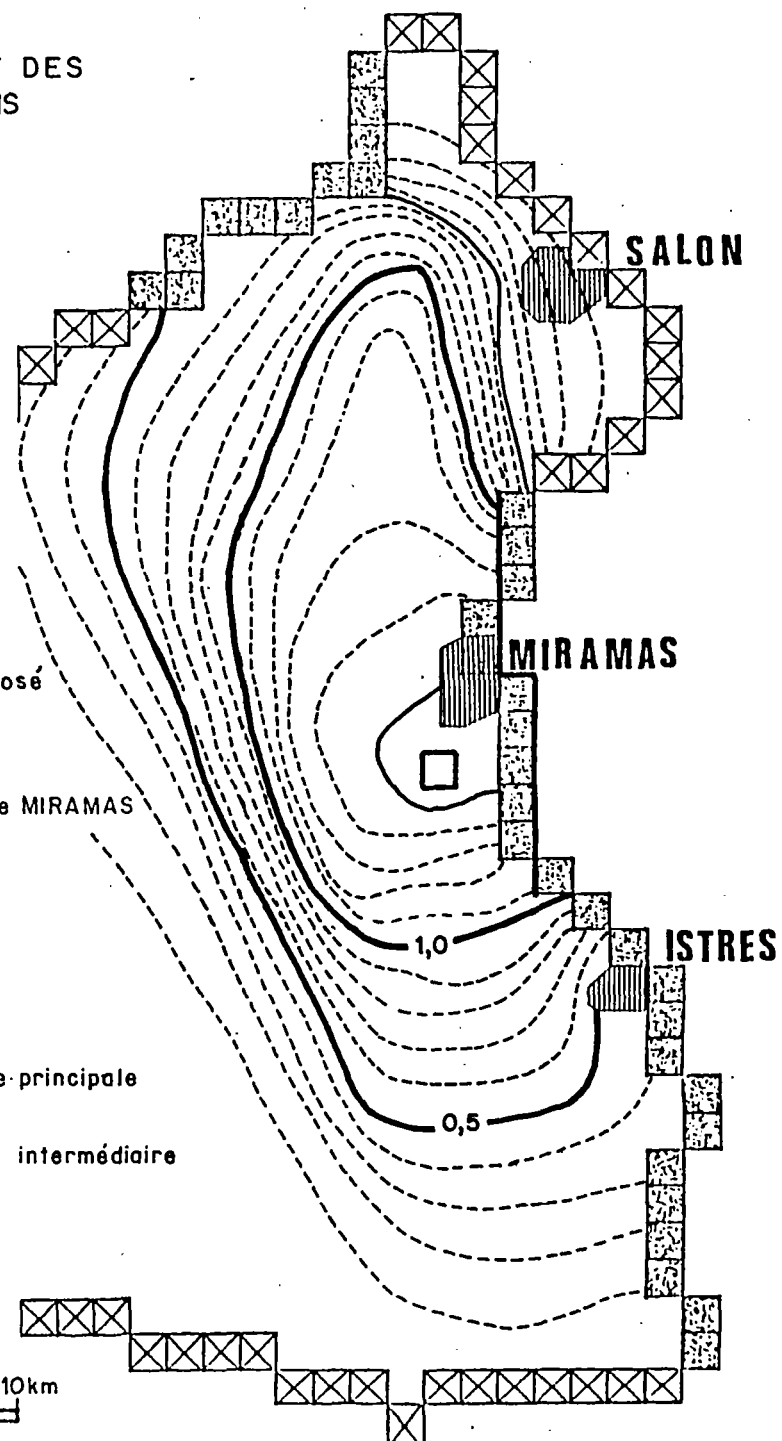
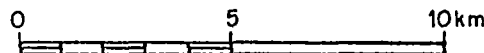


LEGENDE

- ⊗ Maille à potentiel imposé
- Maille imperméable
- Maille de pompage de MIRAMAS

- 0,5 — Courbe d'influence principale en mètre
- - - Courbe d'influence intermédiaire (espacement 0,1m)

Echelle



L'évolution des rabattements supplémentaires dans la maille de pompage par rapport à l'état de référence est représentée sur la figure 8 et dans les tableaux ci-dessous où l'on a porté également l'évolution dans les mailles situées respectivement à 1 - 4,5 et 7 km sur l'axe SW-NE qui est le plus influencé.

. 20.500 m³/j (+ 91 l/s)

PERIODE	DANS LA MAILLE*	A 1 km	A 4,5 km	A 7 km
1 an	0,4	0,3	0,1	0,0
5 ans	0,7	0,6	0,4	0,3
10 ans	0,9	0,8	0,7	0,6

. 25.000 m³/j (+ 146 l/s)

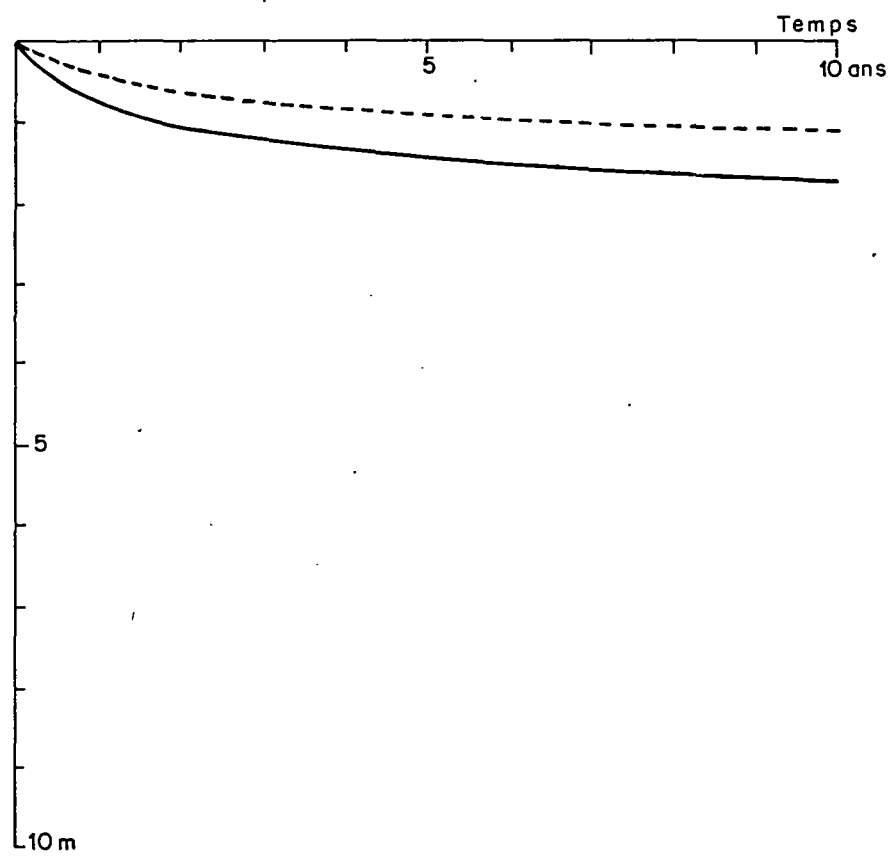
PERIODE	DANS LA MAILLE*	A 1 km	A 4,5 km	A 7 km
1 an	0,7	0,6	0,3	0,2
5 ans	1,4	1,3	1,0	0,9
10 ans	1,7	1,6	1,36	1,26

On notera par ailleurs que l'évolution des rabattements dans la maille de pompage et dans les secteurs compris entre celle-ci et la limite SE étanche (collines molassiques) est pratiquement identique.

* Les rabattements supplémentaires à la paroi du puits, hors pertes de charge dues à celui-ci, sont de 0,2 et 0,4 m respectivement pour 91 l/s et 146 l/s, indépendamment du temps.

Fig. 8

ABAISSSEMENTS SIMULES DANS LA MAILLE
DU CAPTAGE



----- Prélèvement supplémentaire de 91 l/s
—— Doublement des prélèvements 1983

CRITIQUE DES RESULTATS

Le puits d'exploitation actuel, profond de 22 m est construit avec cuvelage étanche jusqu'à 15m. Il capte la nappe sur ses cinq derniers mètres et par son fond, dans des alluvions de bonne à très bonne perméabilité (3.10^{-3} à $3,5.10^{-2}$ m/s entre 17 et 20 m selon le rapport de C. GOUVERNET).

D'après les observations menées depuis 1953, la nappe fluctue annuellement, sous l'influence principale des irrigations, entre 8 et 13,5 m de profondeur. En admettant que le rabattement soit proportionnel au débit pompé, on calcule que le niveau dynamique à l'étiage, hors pertes de charges, pourrait atteindre la profondeur de :

$$13,5 + (1,7 + 0,4)^* \times 2 = 17,7 \text{ m}$$

sous le sol en cas de doublement du débit actuel**.

La zone captante de l'ouvrage serait alors partiellement dénoyée et la sécurité de son fonctionnement pourrait être compromise en dépit de la modicité de l'augmentation des prélèvements par rapport au débit transitant dans la nappe à ce niveau (environ 1,8 à 2 m³/s en moyenne sur l'année). Ce résultat doit d'ailleurs être nuancé en ce sens que la période de sollicitation maximum de la ressource (juillet-août) correspond à la situation des hautes eaux de la nappe et non à l'étiage (mars-avril).

Seule une analyse de la relation niveau dynamique/débit du puits et un pompage d'essai par paliers à l'étiage permettraient d'estimer la capacité réelle de production de l'ouvrage actuel.

* Rabattement à la paroi du puits à 12.500 m³/jour (145 l/s) hors pertes de charge

** Ce qui reste à démontrer au moyen de pompages d'essai.

En conclusion, il apparaît que :

- l'influence de l'accroissement des prélèvements devrait rester modeste (0,8 à 1,6 m) devant les fluctuations de la nappe (4 à 5,5 m suivant les années) soit 25 à 30 % au maximum dans un rayon d'un km autour du captage actuel. Elle ne devrait pas remettre en cause les moyens de puisage des autres usagers, compte tenu de ce que le niveau de la nappe se situe à plus de 6 m de profondeur ;

- le puits actuel risque de ne pas pouvoir garantir à lui seul l'approvisionnement futur en cas d'étiage très sévère de la nappe ou de fléchissement de la situation de hautes eaux d'été résultant des irrigations et il convient de rechercher un autre point de captage.

CHAPITRE V

SIMULATIONS DE LA RÉPARTITION DES PRÉLÈVEMENTS SUR DEUX POINTS

A l'aide du modèle gigogne, on a simulé l'effet du partage des prélèvements maximums prévus à l'horizon 1990 ($25.000 \text{ m}^3/\text{j}$) entre la station de pompage actuelle et une station nouvelle à créer 3,6 km environ au NNE, dans le secteur de la ferme des Molières.

Trois hypothèses ont été successivement testées et comparées à l'état actuel pris comme référence :

- 1) Totalité des prélèvements sur la station actuelle,
- 2) 50 % sur chacune des deux stations,
- 3) $2/3$ sur la station actuelle, $1/3$ sur la station future.

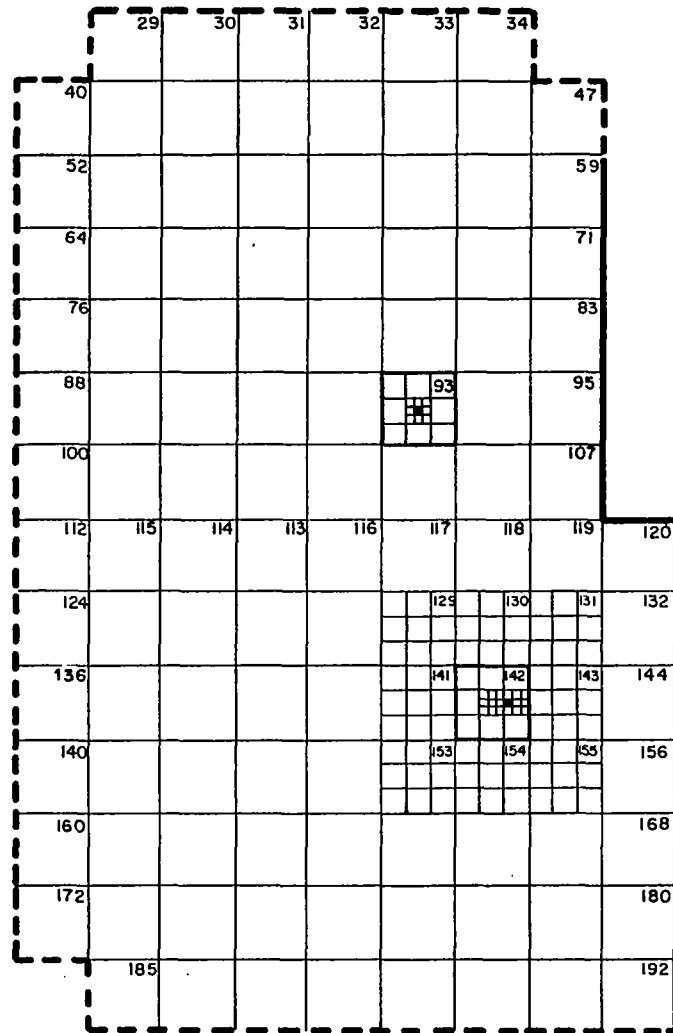
Le maillage utilisé est représenté sur la figure 9. Les points de prélèvement sont situés dans les mailles 142 pour la station actuelle et 93 pour la station future (mailles n° 32.22 et 31.18 du modèle général) et plus précisément dans les mailles d'ordre 4 n° 142 645 et 93 555 respectivement.

La planche en annexe 1 permet un repérage aisé par rapport au terrain.

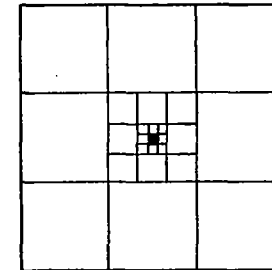
Les résultats sont résumés dans le tableau 1. Les rabattements sont calculés à la paroi des captages. Ils ne tiennent pas compte des pertes de charge dues aux ouvrages dont les diamètres ont été pris en compte pour :

- 3 m à la station actuelle,
- 0,5 m à la station future.

Fig. 9
SIMULATION D'UN SECOND POINT DE PRELEVEMENT
MAILLAGE UTILISE

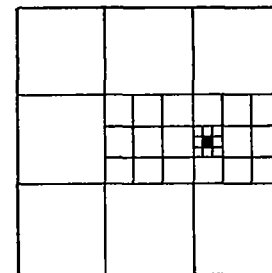


Maille 93



Station future
maille 93 555

Maille 142



Station actuelle
maille 142 645

TABLEAU N° 1

Cas	Station	Débit prélevé en m ³ /j	Abaissements* par rapport à la situation actuelle en m
Actuel (Référence)	Actuelle (1/2)	12.500	0
	Future (0)	0	0
1	Actuelle (1)	25.000	1,01
	Future (0)	0	0,31
2	Actuelle (1/2)	12.500	0,29
	Future (1/2)	12.500	1,07
3	Actuelle (2/3)	16.700	0,50
	Future (1/3)	8.300	0,81

EXPLOITATION A 25.000 m³/j - COMPARAISON A LA SITUATION ACTUELLE
DE DIVERSES REPARTITIONS DES PRELEVEMENTS

* Calculés à la paroi des ouvrages, hors pertes de charge.

On constate que les cas 2 et 3 provoquent des abaisssements comparables (à une vingtaine de centimètres près) et relativement modestes, ce qui s'explique par la forte transmissivité de l'aquifère.

Il semble donc que les critères de modulation des débits entre les deux stations seront largement indépendants de l'hydrogéologie dans la mesure où les paramètres pris en compte reflètent suffisamment les conditions de terrain.

Les figures 10 et 11 illustrent la déformation du toit de la nappe au voisinage des captages et l'allure du périmètre d'appel* (qui est rappelée sur la planche n° 1) pour les pompages maximaux simulés pour chacun d'eux, soit :

- 25.000 m³/j sur la station actuelle,
- 12.500 m³/j sur la station future.

Cette déformation, et par conséquent la modification du gradient hydraulique (pente de la nappe) ne sont très sensibles qu'au voisinage des captages. Dès un km à l'amont des ouvrages les limites de la "zone d'appel"* sont subparallèles. La largeur du "front d'appel", fonction du débit et des caractéristiques de l'aquifère, est d'environ 5 à 600 m et 3 à 400 m respectivement,

On peut en inférer que les vitesses moyennes de cheminement des eaux de la nappe calculées pour ces secteurs, ne seront guère modifiées et resteront de l'ordre de 20 à 25 m/j. Toutefois compte tenu de la structure hétérogène, au moins dans le sens vertical, de l'aquifère, les vitesses réelles à prendre en compte pour la propagation d'un éventuel front de pollution, peuvent être supérieures et devraient être confirmées par traçage

* Limite à l'intérieur de laquelle tous les filets liquides aboutissent au captage.

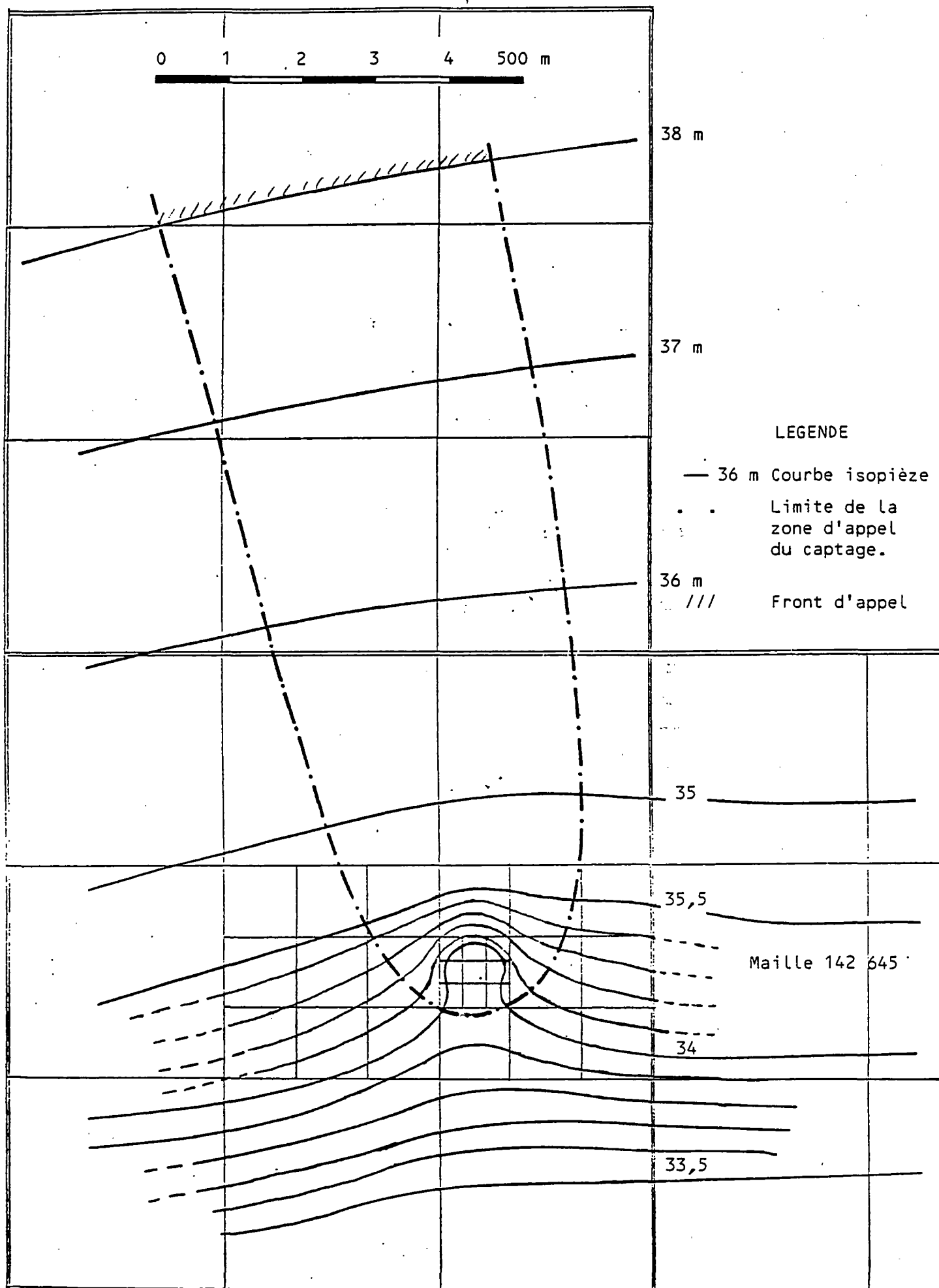


Figure 10 - STATION ACTUELLE - POMPAGE A $25\,000\text{ m}^3/\text{j}$ - ALLURE DU PERIMETRE D'APPEL.

LEGENDE

- 46 m Courbe isopièze
 . Limite de la zone d'appel du captage
 //// Front d'appel

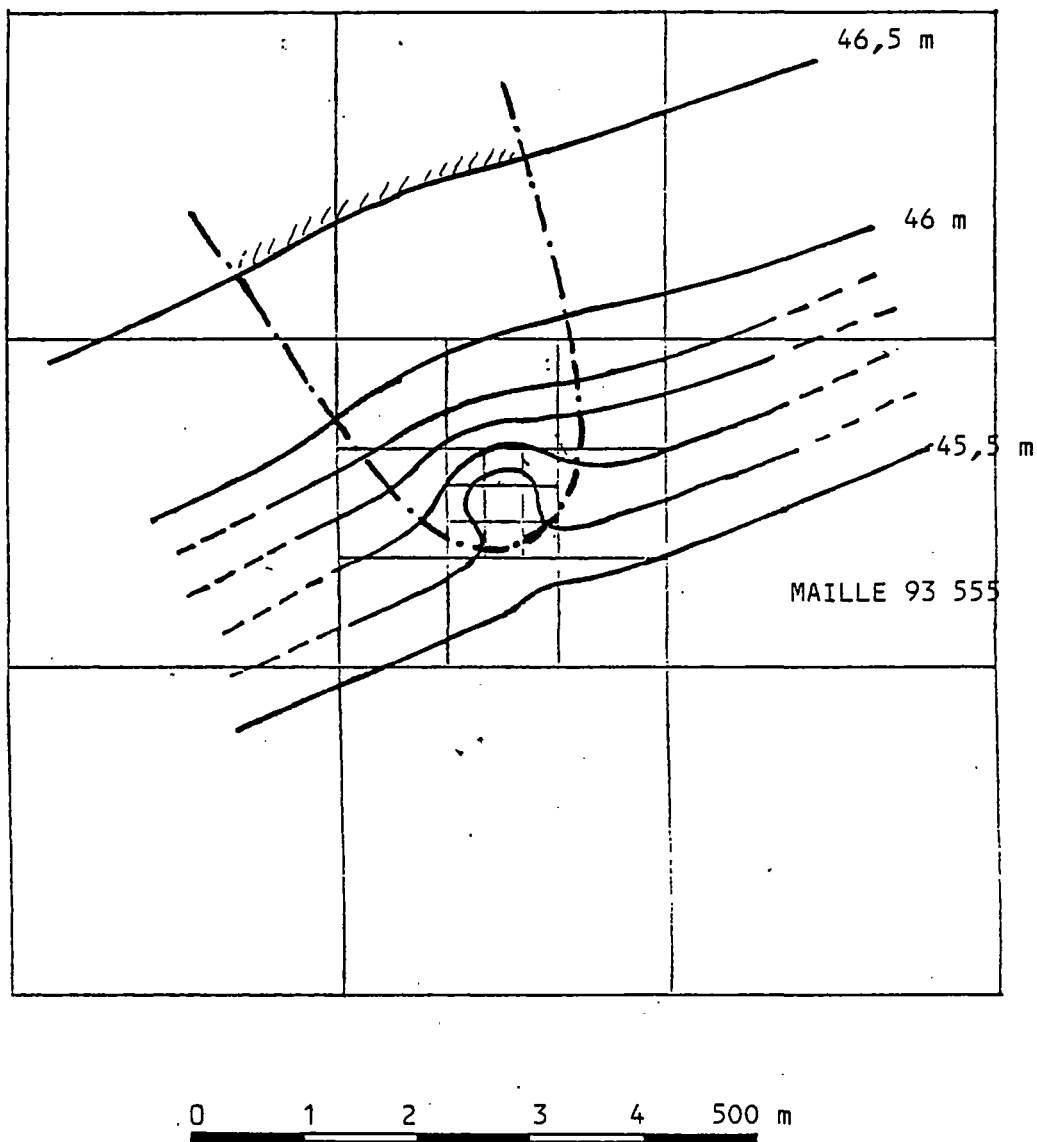


Figure 11

FUTURE STATION - POMPAGE A 12 500 m³/j
 ALLURE DU PERIMETRE D'APPEL

CHAPITRE VI

QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU

ÉTAT ACTUEL

Des analyses chimiques, portant sur les éléments majeurs et un certain nombre de micro-polluants (phénols, détergents anioniques, hydrocarbures, cuivre, plomb, zinc, chrome et mercure) ont été réalisées sur dix échantillons d'eau de la nappe prélevés sur la station de pompage actuelle et neuf autres points d'eau répartis en amont de celle-ci (voir planche 1).

On s'est assuré de la représentativité des échantillons, soit par pompage préalable d'un volume d'eau supérieur à 1,5 fois celui contenu dans le puits, soit par piquage direct à la sortie d'une pompe en activité depuis plusieurs heures, soit enfin par prélèvement à la sortie de l'unité de chloration, plusieurs heures après arrêt de son fonctionnement.

Les analyses des composants majeurs et des ions métalliques ont été réalisées par le laboratoire du BRGM à Orléans. Les analyses des micro-polluants organiques ont été effectuées par le laboratoire des eaux de la Société du Canal de Provence (Service de la Protection du Milieu Naturel).

La température de l'eau et de l'air ainsi que la conductivité de l'eau ont été mesurées sur le terrain lors du prélèvement.

Les résultats sont portés dans les tableaux 2 et 3, qui présentent les constituants majeurs et le bilan ionique respectivement et dans le tableau 4 qui regroupe les caractères physico-chimiques, les micro-polluants et les métaux lourds.

Eléments majeurs

Toutes les eaux sont du type bicarbonaté calcique notablement sulfaté, faciès habituel des eaux de la Crau. Les teneurs en nitrates (8 à 17 mg/l) sont largement en dessous du seuil de 44 mg/l au-delà duquel l'eau, consommée par les nourrissons, peut présenter un danger. Les nitrites, l'ammonium et les phosphates sont pratiquement absents, de même que le fluor, le manganèse et le fer, sauf en deux points en ce qui concerne ce dernier : le puits de l'Institut Agricole de Font Longue (999-8-46) avec 0,15 mg/l, ce qui demeure dans les limites de potabilité, et le puits du Domaine de la Péronne (993-8-45) qui, avec 3,2 mg/l, présente une concentration 15 fois supérieure à la norme (0,2 mg/l). Nous verrons que ce puits présente d'autres concentrations anormales.

Bilans ioniques

Tous équilibrés à moins de 10 %, ils n'appellent aucune remarque particulière.

Caractères physico-chimiques

Les températures sont toutes supérieures à 16 ou 17°C sauf en deux points :

- le forage de Midi Concassage, n° 993-8-154, pour lequel la température très basse (9°C) résulte probablement des conditions de prélèvement (conduite enterrée longue d'une quarantaine de mètres, température extérieure basse) ;

- le puits AEP SNCF, n° 993-8-76, que réalimente vraisemblablement un plan d'eau subaffleurant dans une ancienne gravière située à proximité, ce qui pourrait expliquer la température de 12 °C observée dans d'excellentes conditions.

Les pH, neutres à basiques (7,3 à 7,6), les TH et TAC élevés sont conformes à ceux de l'ensemble des eaux de la Crau réputées pour leur dureté moyenne à forte.

Micro-polluants organiques*

Phénols : un seul échantillon (Puits des Molières n° 993-8-12 est conforme à la réglementation française qui indique que l'eau ne doit pas en contenir. Tous les autres en contiennent des traces : six dont les teneurs n'ont pas pu être déterminées avec précision et trois dont les teneurs sont supérieures à la norme européenne et américaine qui fixe la limite à un microgramme par litre (1 ppb). Ce sont :

- le puits ERGMU (993-8-17) avec 2 µg
- le puits du Domaine de la Péronne (993-8-45) avec 4 µg
- le puits AEP de Miramas (993-8-100) avec 3 µg.

Toutefois, ces teneurs ne devraient pas présenter d'inconvénient particulier si les eaux ne sont pas traitées par chloration.

Détergents : exprimés en microgrammes d'équivalent LAS (Lauryles Alkyles Sulfates) les teneurs sont inférieures à 2, sauf en ce qui concerne :

- le puits de l'Institut Agricole de Font Longue (993-8-46) avec 17 µg
- le puits AEP SNCF (993-8-76) avec 46 µg
- le puits de Midi Concassage (993-8-154) avec 10 µg.

* Méthodes employées :

Phénols : spectrophotométrie à 460 nm du complexe aminoantipyrine extrait par le chloroforme (AFNOR T 9 a 109)

Détergents : Extraction par le chloroforme du complexe détergent anionique bleu de méthylène et spectrophotométrie à 652 nm

Hydrocarbures : Extraction par le CCl₄ et détermination spectrophotométrie dans l'infrarouge.

Ces teneurs restent largement en dessous du seuil de potabilité admis par la norme européenne (400 µg/l).

Hydrocarbures

Toutes les teneurs sont inférieures au seuil de détection.

Métaux lourds

Sauf vis-à-vis du mercure, tous les échantillons contiennent des traces de métaux lourds inférieures aux seuils limites fixés par les normes européennes ou internationales (cuivre 1 mg plomb 0,1 mg/l, zinc 5 mg/l, chrome hexavalent 0,05 mg/l) et s'avèrent donc potables de ce point de vue.

Toutefois, plusieurs puits se distinguent par des concentrations supérieures "au fond" local. Ce sont, par ordre d'importance :

- le puits du Domaine de la Péronne (993-8-45) avec 3,3 mg/l Zn, 0,0125 Cu et 0,0134 mg/l Pb pour des "fonds" de 0,004, 0,002 et 0,004 mg/l respectivement ;
- le forage de Midi Concassage (993-8-154) avec 1 mg/l Zn, 0,008 mg/l Cu et 0,02 mg/l Cr (fond < 0,001 mg/l) ;
- le puits de l'Institut Agricole de Font Longue (993-8-46) avec 0,008 mg/l Pb, 0,07 mg/l Zn et 0,005 mg/l Cr ;
- le puits AEP SNCF (993-8-76) avec 0,005 mg/l Cu, 0,007 mg/l Pb, 0,017 mg/l Zn.

Bien que non alarmantes, ces valeurs peuvent être des indices de pollution d'origine à déterminer.

Mercur

La teneur limite internationale est de 1 $\mu\text{g/l}$. Toutefois, certains auteurs considèrent que si le mercure est présent sous forme inorganique, elle pourrait être décuplée sans inconvénient.

Le fond local est inférieur à 1 $\mu\text{g/l}$. Trois ouvrages se distinguent par des teneurs supérieures :

- le puits AEP SNCF (993-8-76) avec 5 $\mu\text{g/l}$
- les puits de la Vigne (993-8-11) et de l'AEP de Miramas (993-8-100) avec 2 $\mu\text{g/l}$.

Il semblerait donc opportun de confirmer les valeurs obtenues et de rechercher sous quelle forme, composés organiques (tel le méthyl-mercure) ou inorganiques, cet élément est présent dans l'eau.

En conclusion, si on laisse de côté pour examen plus approfondi le problème de la présence de mercure, les dix échantillons analysés rentrent dans le cadre des normes de potabilité internationales des eaux destinées à l'alimentation humaine.

Toutefois, le rapprochement de valeurs "anormales", c'est-à-dire pouvant être considérées comme des anomalies par rapport aux valeurs de fond locales, nous a conduit à nuancer ce jugement en classant, de manière relativement subjective, les eaux en trois catégories :

- eaux potables,
- eaux suspectes,
- eaux probablement polluées.

Ces nuances sont matérialisées sur la planche 1 par des figurés différents pour les points correspondants.

Dans les eaux suspectes, nous avons rangé :

- le puits de l'Institut Agricole de Font Longue (993-8-46)
- le puits AEP SNCF (993-8-76).

Dans les eaux probablement polluées, nous avons rangé :

- le puits du Domaine de la Péronne (993-8-45)
- le forage de Midi Concassage (993-8-154).

Du point de vue des risques de pollution, il convient de souligner que :

- les vitesses d'écoulement de la nappe, calculées aussi bien à l'amont du captage actuel que de la station future éventuelle, sont de l'ordre de 20 à 25 m/j ;

- le puits actuel est relativement bien protégé par la présence entre le sol et la portion d'aquifère captée (située entre 17 et 22 m de profondeur) de couches relativement peu perméables, ainsi qu'il ressort du rapport de Monsieur C. GOUVERNET concernant cet ouvrage.

Une situation comparable devrait être recherchée lors de la création d'une nouvelle station de pompage ;

- seuls les puits 993-8-45 et 76, classés comme suspects ou probablement pollués, sont situés à proximité de ou dans la zone d'appel du captage actuel, ce qui justifierait confirmation des valeurs suspectes détectées et, le cas échéant, la recherche de leur origine.

TABLEAU 2 - ELEMENTS MAJEURS

PUITS OU FORAGE N°	CO ₃ mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	NH ₄ mg/l	PO ₄ mg/l	SiO ₂ mg/l	TH Degrés français	TAC
993.8.11	néant	278	22,0	104	13,2	< 0,01	0,5	< 0,1	11,2	37,3	22,5
993.8.12	"	317	22,3	104	8,3	0,02	< 0,1	"	8,0	36,7	26,0
993.8.17	"	290	24,4	116	16,1	< 0,01	< 0,1	"	8,3	36,1	23,75
993.8.45	"	296	20,5	104	9,6	< 0,01	0,2	"	11,2	34,7	24,25
993.8.46	"	311	23,5	128	16,7	0,03	< 0,1	"	12,2	37,7	25,5
993.8.75	"	284	23,2	104	15,0	< 0,01	< 0,1	"	12,0	34,7	23,25
993.8.76	"	329	24,0	104	11,2	< 0,01	< 0,1	"	9,1	38,8	27,0
993.8.100	"	280	23,0	112	14,0	< 0,01	< 0,1	"	11,9	33,2	23,0
993.8.153	"	287	20,4	100	11,3	< 0,01	0,2	"	10,4	34,0	23,5
993.8.154	"	256	20,3	84	12,4	< 0,01	< 0,1	"	12,7	30,6	21,0

PUITS OU FORAGE N°	F mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Al mg/l	RS mg/l
993.8.11	< 0,1	113,9	12,7	12,3	0,7	0,02	< 0,1	< 0,1	569
12	"	124,4	13,7	12,9	1,7	0,03	"	"	612
17	"	122,3	13,6	12,5	0,8	0,09	"	"	604
45	"	118	12,7	12,1	1,0	3,20	"	"	588
46	"	130,6	12,7	13,8	2,0	0,08	"	"	650
75	"	117,6	12,9	13,6	1,4	0,15	"	"	584
76	"	132,4	14,0	15,6	1,8	<0,05	< 0,02	< 0,25	641
100	"	111,9	12,8	14,7	1,3	<0,01	"	"	582
153	"	116,3	12,2	12,2	1,1	<0,01	"	"	571
154	"	106,8	9,7	11,0	0,5	0,10	< 0,02	< 0,25	501

TABLEAU 3 - BILAN IONIQUE EN mé/l

PUITS OU FORAGE N°	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	TOTAL ANIONS	Ca	Mg	Na	K	TOTAL CATIONS
993.8. 11	4,55	0,62	2,16	0,21	7,54	5,68	1,04	0,53	0,01	7,26
12	5,19	0,62	2,16	0,13	8,10	6,20	1,12	0,56	0,04	7,92
17	4,75	0,68	2,41	0,25	8,09	6,10	1,11	0,54	0,02	7,77
45	4,85	0,57	2,16	0,15	7,73	5,88	1,04	0,52	0,02	7,46
46	5,09	0,66	2,66	0,26	8,67	6,51	1,04	0,60	0,05	8,20
75	4,65	0,65	2,16	0,24	7,70	5,86	1,06	0,59	0,03	7,54
76	5,30	0,67	2,16	0,18	8,31	6,60	1,15	0,67	0,04	8,46
100	4,60	0,64	2,29	0,22	7,75	5,58	1,05	0,63	0,03	7,29
153	4,70	0,57	2,08	0,18	7,53	5,80	1,00	0,53	0,03	7,36
154	4,12	0,57	1,74	0,20	6,63	5,32	0,79	0,47	0,01	6,59

TABLEAU 4 - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROPOLLUANTS

chimie en ppb ($\mu\text{g/l}$)

N° classement	Désignation du point	Date	Temp. °C		pH	R.S mg/l	C $\mu\text{S } 20^\circ\text{C}$	Phénols	Déterg. LAS ⁽²⁾	Hydro carbure	Cu	Pb	Zn	Cr	Hg
			Air	Eau											
993.8. 11	Puits Société du Mas de la Vigne	25.10.83	14	17°2	7,3	569	603	< 5	< 5	< 300	< 0,5	3,5	1,1	< 0,1	2
993.8. 12	Molières puits	25.10.83	12	17°3	7,4	612	611	nd < 2	< 2	< 300	2	2,8	3,7	< 0,1	< 1
993.8. 17	E R G M U	25.10.83	16	17	7,3	604	644	2	< 2	< 300	2,1	4,4	3,7	0,5	< 1
993.8. 45	Domaine de la "Péronne"	27.10.83	19	17	7,3	588	599	4	< 2	< 300	12,5	13,4	3 300	1,2	< 1
993.8. 46	Institut agricole de Fontlongue	27.10.83	20	17°8	7,5	650	685	< 2	17	< 300	1,6	7,5	66	4,5	< 1
993.8. 75	C O G E M A	25.10.83	17°2	17°8	7,5	584	614	< 2	< 2	< 300	1,9	3,6	4,4	0,1	< 1
993.8. 76	A.E.P SNCF	16.11.83	3°5	12°2	7,6	641	635	< 1	46	< 300	5,1	7,1	17,4	0,25	5
993.8.100	A.E.P commune	25.10.83	20	16°8	7,6	582	629	3	< 2	< 300	1,5	3,5	0,9	< 0,1	2
993.8.153	RICA LEVY	25.10.83	14°9	16	7,6	571	612	< 2	< 5	< 300	1,0	3,7	7,2	0,75	1
993.8.154	Midi-concassage	16.11.83	8	9 ⁽¹⁾	7,8	501	544	< 2	10	< 300	7,7	<0,5	1 000	19,10	< 1

¹ Mesure aberrante en raison des conditions de prélèvement² Equivalent Lauryles Alkyles Sulfates (remplace l'équivalent Alkylbenzène Sulfonates-1 LAS = 1.2 ABS)

CHAPITRE VII

CONCLUSIONS

L'utilisation du modèle de gestion de la nappe de Crau, récemment actualisé, a permis de simuler les conséquences du renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Miramas.

Il apparaît que :

- dans un rayon d'un km autour du captage actuel, l'influence de l'accroissement des prélèvements devrait rester modeste - 0,8 à 1,6 m suivant l'importance de l'augmentation- devant les fluctuations de la nappe -4 à 5,5 m suivant les années- soit 25 à 30 % au maximum. Elle ne devrait pas remettre en cause les moyens de puisage des autres usagers, compte tenu de ce que le niveau de la nappe se situe à plus de 6 m de profondeur ;

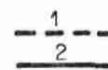
- le puits actuel risque de ne pas pouvoir garantir à lui seul l'approvisionnement futur en cas d'étiage très sévère de la nappe ou de fléchissement de la situation de hautes eaux d'été résultant des irrigations et il convient de rechercher un autre point de captage.

Dans l'hypothèse où ce point de captage se situerait aux environs de la ferme des Molières, la simulation sur un modèle gigogne (permettant d'agrandir localement l'image de l'aquifère) de divers schémas de répartition des prélèvements, montre que compte tenu des faibles interactions prévisibles, le choix du schéma définitif devrait être relativement indépendant des conditions hydrogéologiques.

Ces simulations ont permis d'estimer l'allure des zones d'appel des captages actuel et futur à prendre en compte pour l'établissement des périmètres de protection.

Le constat de l'état actuel de la qualité de la nappe en amont du captage, réalisé à partir de dix prélèvements (analyses des éléments majeurs, de micro-polluants organiques et de métaux lourds) est dans l'ensemble satisfaisant. Néanmoins, quatre points présentent des teneurs en métaux lourds qui laissent suspecter des risques de pollution, dont l'origine reste à déterminer ; trois autres, dont le captage actuel de Miramas, se distinguent par des teneurs en mercure dépassant le seuil généralement admis de 1 microgramme/litre. Dans ce dernier cas, des analyses complémentaires sont nécessaires pour confirmer les valeurs de concentration trouvées et préciser sous quelle forme le mercure se trouve dans l'eau.

LEGENDE



Limites du modèle { 1 à potentiel imposé
2 à flux nul (étanche)



Stations de pompage { 1 actuelle
pour Miramas
2 future



Limite des zones d'appel des captages



Points de prélèvement pour analyses chimiques et son { 1 eau potable
2 eau suspecte
numéros 3 eau polluée

Limite N.W. du
sous modèle

Emplacement de la
future station de
pompage utilisé
lors des simulations

Maille 93

Limite S.E. du
sous modèle

Station de pompage
actuelle

Maille 142

CARTE DE SITUATION DU MODELE
GIGOGNE ET DES POINTS
ECHANTILLONNES POUR
ANALYSES CHIMIQUES

Echelle 1/25000

Planche 1