BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

RECHERCHE D'UN DEBIT COMPLEMENTAIRE POUR L' ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE D'AIX-EN-PROVENCE (BOUCHES DU RHONE)

PAR

CH. GLINTZBOECKEL

Service géologique régional PROVENCE - ALPES - COTE D'AZUR

Domaine de Luminy - route Léon-Lachamp, 13009 Marseille

Tél.: (91) 41.26.04 et 41.24.46

80 SGN 544 PAC

Marseille, Août 1980

S.A.C.A.B. - LE PLAN D'AILLANE - ROUTE DE MARIGNANE - 13290 LES MILLES

—

RECHERCHE D'UN DEBIT COMPLEMENTAIRE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE D'AIX-EN-PROVENCE (BOUCHES DU RHONE)

par

Ch. GLINTZBOECKEL

8 0 S G N 5 4 4 P A C

Marseille, Août 1980

R E S U M E

—

L'étude a été réalisée pour le compte de la S.A.C.A.B.; elle avait comme objet de recenser les réservoirs et les systèmes aquifères existants dans un rayon de 10 km autour de la cité d'Aix-en-Provence; son objectif était de rechercher des ressources complémentaires en eau potable susceptibles de fournir 0,5 m^3/s (= 1 800 m^3/h) pour la ville d'Aix-en-Provence et de proposer des sites de forages.

La structure géologique de la région aixoise a été définie et les caractéristiques hydrodynamiques de l'ensemble des formations couvrant cette étude ont été décrites. Les principaux systèmes aquifères ont été localisés ainsi que la direction des circulations souterraines et les principaux exutoires.

Les réservoirs aquifères ont été sélectionnés; ceux-ci sont constitués par les calcaires du Jurassique supérieur, de l'Urgonien, du Bégudien supérieur et du Lutétien; ont été également considérés comme réservoirs (secondaires) les alluvions récentes de l'Arc et les niveaux détritiques ou calcaires de l'Oligocène.

Le réservoir thermal d'Aix-en-Provence a été succinctement évoqué et les limites ont été définies à l'intérieur desquelles des exploitations éventuelles de nappes souterraines ne pourront être effectuées sans risque de préjudice pour la nappe thermale.

Douze sites de sondages ont été proposés dont 8 se proposent de reconnaître des objectifs à moins de 300 m de profondeur et les 4 autres à 500 m de profondeur. L'objectif le plus prometteur (Jurassique supérieur du bassin de l'Arc) ne peut cependant être atteint à moins de 1 200 m de profondeur.

La recherche de ressources complémentaires d'eau potable pour la ville d'Aix-en-Provence ne pourra s'effectuer sans investissements importants

.../...

et, il est probable, que le débit demandé (500 l/s) ne pourra être obtenu sur un seul site dans sa totalité.

Les objectifs pourront être cependant sélectionnés en fonction des besoins locaux (écarts d'une commune très étendue) ou ponctuels et la recherche étalée dans le temps en fonction de la disponibilité des crédits.

Ce rapport contient 51 pages, 2 figures et 3 planches.
Il a été réalisé avec la collaboration de:

G. DUROZOY	conseiller B.R.G.M. SGR/PAC
J. ABDILLA	dessin
E. BRUNET	secrétariat

TABLE DES MATIERES

Résumé page 3

1 - INTRODUCTION 7

1.1. - Objet de l'étude 7

1.2. - Objectif de l'étude 7

2 - STRUCTURES GEOLOGIQUES 8

3 - CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES DES FORMATIONS 13

3.1. - Lias 13

3.2. - Jurassique moyen 15

3.3. - Jurassique supérieur 15

3.4. - Crétacé inférieur 15

3.5. - Crétacé moyen et supérieur marin 17

3.6. - Crétacé supérieur fluvio-lacustre 17

3.7. - Eocène 17

3.8. - Oligocène 18

3.9. - Miocène 18

3.10 - Quaternaire 19

4 - SYSTEMES AQUIFERES 21

5 - SELECTION DES RESERVOIRS 27

5.1. - Réservoirs karstiques affleurants 27

5.1.1. - Le Jurassique supérieur 27
5.1.2. - Le Néocomien calcaire 28
5.1.3. - Le Lutétien calcaire 28

5.2. - Réservoirs carbonatés semi-profonds 29

5.3. - Réservoirs carbonatés profonds 29

5.3.1. - L'Urgonien 29
5.3.2. - Le Fuvélien 30
5.3.3. - Le Bégudien supérieur calcaire 30

5.4. - RESERVOIRS SECONDAIRES 31

5.4.1. - Les alluvions de l'Arc 31
5.4.2. - Le Miocène d'Aix-en-Provence 31
5.4.3. - L'Oligocène supérieur de la Trévaresse 31
5.4.4. - L'Oligocène moyen et inférieur 31

5.5. - RESERVOIR THERMAL 32

6 - CHOIX DES OBJECTIFS ET DES SITES DE SONDAGES 35

6.1. - Secteur de la Foux 36

6.2. - Secteur des Pinchinats 37

6.3. - Secteur d'Eguilles 38

6.4. - Secteur de la météorologie et du Jas de Bouffan 38

6.5. - Secteur de l'hippodrome - La Parade 38

6.6. - Secteur du Pont de l'Arc 39

6.7. - Secteur des Infirmeries 39

.../...

6.8. - Secteur de La Palette 39
6.9. - Secteur de Valbrillant 40
6.10 - Secteur de Pont de Bayeux 40
6.11 - Secteur des Cazeaux 41
6.12 - Secteur des Cagnons 41

7 - COUPES GEOLOGIQUES PREVISIONNELLES DES SONDAGES 43

8 - COUT ESTIMATIF DES TRAVAUX 45

9 - CONCLUSIONS 47

Bibliographie 49

LISTE DES FIGURES

1 - Log lithologique synthétique du Crétacé marin et du Jurassique
2 - Log lithologique synthétique de la série fluvio-lacustre du bassin de l'Arc

LISTE DES PLANCHES

1 - Carte géologique - échelle 1/100 000
2 - Carte schématique des circulations souterraines - échelle 1/200 000
3 - Structures géologiques et localisation des sites de sondage proposés - échelle 1/50 000

1

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

1.1. - OBJET DE L'ETUDE

L'objet de l'étude a été de rassembler les données géologiques et hydrogéologiques de la commune d'Aix en Provence, de les interpréter et de recenser ainsi les formations susceptibles de constituer des réservoirs aquifères dans un rayon d'environ 10 km autour de la cité. La synthèse de ces données devait permettre également de déterminer les systèmes aquifères et d'estimer les débits susceptibles d'être prélevés dans chacun d'eux.

Un programme des travaux devait être établi ainsi qu'un estimatif du coût de la campagne de reconnaissance.

1.2. - OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de l'étude est de proposer des sites de sondages. Les besoins complémentaires en eau potable de la ville d'Aix en Provence sont de l'ordre de 0,5 m^3/s (1 800 m^3/h); les débits à rechercher sont donc très importants.

Cette étude a été réalisée pour le compte de la S.A.C.A.B. (Société aixoise canalisation assainissement bâtiment)[1].

---

[1] S.A.C.A.B. Le Plan d'Aillane - Route de Marignane - 13290 LES MILLES
Tél. (42) 27.89.66

Rappelons que la ville d'Aix en Provence est alimentée actuellement par des eaux superficielles, à partir d'une dérivation du Verdon (Canal de Provence) et qu'il est justifié de rechercher une ressource complémentaire à partir d'eaux souterraines, moins vulnérables aux pollutions et secondairement moins sensibles aux pénuries saisonnières.

Il a été recommandé, par ailleurs, de tenir compte dans le cadre de cette étude, de l'existence d'un champ thermal, dans la cité d'Aix-en-Provence, qu'il convient de ne pas perturber.

2

STRUCTURES GEOLOGIQUES

La cité d'Aix-en-Provence se situe à l'intersection de plusieurs accidents majeurs, lequels déterminent des unités structurales bien distinctes. Cette zone d'intersection est recouverte par du Miocène qui masque, en zone urbaine, le substratum qui est d'une structure probablement très complexe.

Les sources thermales d'Aix-en-Provence sont issues de ce substratum mais diffusent, à partir de celui-ci, dans le Miocène.

Les unités géologiques qui ceinturent la ville d'Aix-en-Provence sont les suivantes (cf. pl. 1, 2 et 3):

- LE SYNCLINAL DE MEYRARGUES (au NE d'Aix) constitué d'une série calcaire et dolomitique très épaisse du Jurassique laquelle se complète en direction du Nord par du Crétacé inférieur.
  Cette unité est limitée au Sud par la faille de la Tour de César et à l'Ouest par la faille des Pinchinats; elle est chevauchée, à l'Est, par la structure jurassique du Bois de Concors.

- L'ANTICLINAL DE VAUVENARGUES (à l'Est d'Aix) à coeur liasique; la structure apparaît essentiellement dans la vallée de Vauvenargues mais son axe se trouve en grande partie masqué par du Miocène; le coeur de l'anticlinal apparaît localement aux lieux-dits "Les Beaumettes", "Camp Marin" au NW de la carrière du Marbre Noir.
  Cette unité géologique est allochtone[1]; elle paraît être limitée à l'Ouest par la prolongation vers le Sud de la faille des Pinchinats (par le réseau

---

[1] Cl. ROUSSET: La faille de la Tour de César, au NE d'Aix-en-Provence, sépare l'unité allochtone de l'Arc des plis de la Provence septentrionale. CR Acad. Sc. Paris, t. 277 (3 Sept 1973).

de faille qui lui est lié) mais les contacts sont masqués par du Miocène. Dans la partie SW de cette unité la faille du Tholonet met en contact le Lias et l'Eocène redressé à la verticale; le contact est chevauchant à cet endroit tandis que plus à l'Est la faille du Tholonet a un rejet très faible.

- LA BORDURE SEPTENTRIONALE DU BASSIN FLUVIO-LACUSTRE DE L'ARC (au SSE d'Aix) représentée essentiellement par des calcaires éocènes. Ceux-ci constituent les reliefs du Montaiguet et plongent régulièrement vers le NNW jusqu'à la vallée de l'Arc; le Montaiguet est affecté par des failles à faible rejet et de direction SE-NW. Au-delà de la vallée de l'Arc, et jusqu'au stade municipal, l'Eocène affleure ou se trouve caché par une formation alluviale; l'Eocène est affecté, dans ce secteur, par une tectonique de plus en plus violente en direction du Nord; il est probablement faillé et structuré (pendage sud dans le secteur du stade municipal et pendage vertical dans le secteur du Val de Saint André où la faille du Val de Saint André met en contact du Lutétien et des argilites rouges du Montien).
  A l'Est du Montaiguet, la série éocène est traversée par une faille inverse très importante et de direction NNE-SSW; elle met en contact des brèches du Montien avec des brèches du Rognacien au NE du Tholonet et se prolonge dans la série éocène jusqu'à Meyreuil, puis dans la série du Crétacé supérieu jusqu'à Gardanne; cette faille a un rejet vertical de plus de 100 m au Nord mais s'amortit vers le Sud (moins de 50 m au niveau de Gardanne).
  Au Sud de Montaiguet la série fluvio-lacustre est de plus en plus ancienne et les affleurements sont disposés en auréole autour du demi-dôme jurassique du Régagnas.
  Au Sud de la cité d'Aix-en-Provence l'Eocène est affecté par une faille importante laquelle pourrait se raccorder avec la faille des Pinchinats et par une faille, passant par le méridien du Pont de l'Arc, qui limite le bassin oligocène des Milles; la faille de Cuques, de direction NW-SE, affecte le Lutétien entre la gare et l'Arc.

- LE BASSIN OLIGOCENE DES MILLES (au SE et à l'Est d'Aix) constitue une unité synclinale qui s'approfondit vers le Nord et s'ennoie sous le plateau de la Trévaresse. L'Oligocène du bassin des Milles est discordant sur les calcaires éocènes (calcaire de Luynes et calcaire de Saint Pons); il est constitué

principalement d'argiles ou encore de conglomérats disposés en chenaux et qui témoignent d'une grande instabilité tectonique lors des dépôts.

- LE BASSIN OLIGOCENE D'AIX (au NW et au Nord d'Aix) auquel se rattache le bassin des Milles et qui s'étend vers le Nord jusqu'à la Durance (secteur Le Puy Sainte Réparade). En limite nord de l'agglomération aixoise (quartier Saint Eutrope) un accident Est-Ouest (faille de l'Ecole Normale) met en contact l'Oligocène avec le Miocène d'Aix en Provence. Cet accident, très important, pourraît se relier avec le chevauchement du pli d'Eguilles.

La mise en place de ces structures est dûe essentiellement à la phase orogénique provençale (Bartonien); l'orogénèse alpine rajeunira, par la suite, les reliefs et plissera les dépôts oligocènes et miocènes.

3

CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES DES FORMATIONS

La lithologie des formations qui affleurent dans les limites de la commune d'Aix-en-Provence est bien connue grâce aux nombreux travaux géologiques qui furent effectués dans ce secteur et grâce aux données des sondages recueillies au titre du Code minier.

Les terrains les plus anciens sont liasiques et les terrains les plus récents miocènes.

Nous résumerons ci-après les caractères lithologiques, les variations des faciès et des épaisseurs des formations et dégagerons pour chaque unité lithologique, les caractéristiques hydrodynamiques; cette dernière analyse est très importante car elle permettra d'individualiser les formations perméables susceptibles de constituer des réservoirs aquifères (cf. figures 1 et 2).

3.1. - LIAS

Il constitue le soubassement (allochtone) de la vallée de Vauvenargues et est représenté principalement par des calcaires gris ou noirs, compacts et souvent siliceux (chailles, spicules); des passées de marnes noires ou de calcaires marneux peuvent s'intercaler dans la série dont l'épaisseur est de l'ordre de 500 m. Mis à part l'Hettangien dolomitique (100 m d'épaisseur) le Lias est peu perméable.

Fig. I

LOG LITHOLOGIQUE SYNTHETIQUE DU CRETACE MARIN ET DU JURASSIQUE

ETAGES	LOG	LITHOLOGIE	EPAISS. (m)	RESERVOIRS
SANTONIEN		Calcaire fossilifère.	30-75	
CONIACIEN - APTIEN	?		?	
BARREMIEN		Calcaire blanc, compact massif, fissuré et karstifié.	10-250	8
NEOCOMIEN		Calcaire, marno-calcaire et marne.	50-250	
BERRIASIEN		Calcaire.	100-200	9
JURASSIQUE SUPERIEUR		Calcaire et dolomie fissurés et karstifiés.	> 300	
JURASSIQUE MOYEN		Marno-calcaire, marne et calcaire.	200-300	
JURASSIQUE INF.		Calcaire à silex, dur et compact; dolomie à la base.	500	10

3.2. - JURASSIQUE MOYEN

Il affleure également à l'Est de la cité d'Aix-en-Provence et est représenté par des calcaires noirs ainsi que par des calcaires argileux à débit schisteux et des calcaires à chailles; la série, dont l'épaisseur est de l'ordre de 300 m, est très peu perméable.

3.3. - JURASSIQUE SUPERIEUR

Il est connu sur le bord méridional du synclinal de Meyrargues qui se prolonge, vers l'Est, jusque dans le Bois de Pourrières et la région de Saint Maximin. Il est essentiellement carbonaté et très épais (plusieurs centaines de mètres). Il est constitué de calcaires fins et compacts, de calcaires récifaux et de dolomies. La perméabilité matricielle de ce puissant ensemble carbonaté est relativement faible mais non négligeable; compte tenu de l'épaisseur de cette unité lithologique et du fait que celle-ci peut être affectée d'une fissuration plus ou moins intense (en particulier au droit des zones faillées) la perméabilité globale sera très importante et pourra être, localement, encore augmentée par des phénomènes de karstifications.

Sur le plateau de Pourrières l'épaisseur du Portlandien (Jurassique supérieur terminal) est de l'ordre de 500 m et l'épaisseur du Kimméridgien est environ de 500 m également.

3.4. - CRETACE INFERIEUR

Il est représenté essentiellement dans le synclinal de Meyrargues et est constitué principalement de calcaires compacts pouvant être entrecoupés par des calcaires marneux et des marnes particulièrement abondantes dans l'Hauterivien moyen.

Ces terrains sont peu perméables; la porosité est très faible; la fracturation est par contre susceptible de créer une "perméabilité en grand" dont l'importance sera fonction de l'extension du réseau fissural.

Fig. 2

LOG LITHOLOGIQUE SYNTHETIQUE DE LA SERIE FLUVIO-LACUSTRE DU BASSIN DE L'ARC

ETAGES		FORMATIONS	LOG	LITHOLOGIE	EPAISS. (m)	RESERVOIRS
OLIGOCENE				Argiles plastiques bariolées, vertes rouges, grises, jaunes	0 à 90	
LUTETIEN				Calcaire micritique blanc ou beige Fines passées de marnes	25-150	1
SPARNACIEN				Argiles rouges, rosées, marron ; fines passées de calcaires micritiques	75-125	
		CALCAIRE DE St MARC		Calcaire micritique blanc, beige ou gris		2
THANETIEN				Argiles et marnes rouges ou marron parfois légèrement sableuses ou gypseuses	80-120	
		CALC. DE MEYREUIL		Calcaire micritique, parfois siliceux		3
MONTIEN				Grès grossiers à conglomératiques Marnes rouges, bariolées, grises ou marron, parfois gypseuses	55-130	
		CALC. DE VITROLLES		Calcaires polychromes		4
MAESTRICHTIEN	SUPERIEUR	ROGNACIEN SUP.		Marnes ou argiles rouges ou marron parfois sableuses ; niveaux de grès (au sommet)	80-225	
		CALC. DE ROGNAC		Calcaire gris, gris verdâtre ou beiges Marnes vertes, rouges ; niveaux de lignite	20-60	5
		ROGNACIEN INF.		Marnes et argiles, légèrement sableuses, bariolées, violacées, marron beiges ; fines passées de grès ou de sables siliceux	150-250	
	INFERIEUR	BEGUDIEN SUP.		Calcaires micritiques ou pseudo-bréchiques, gris-clair, gris-verdâtre beiges ou gris-sombre. Passées de marnes grises, beiges, vertes ou bariolées	125-175	6
		BEGUDIEN INF		Marnes et argiles gypseuses, bariolées jaunes, lie de vin, rouges, brunes ; intercalations de calcaires beiges ou gris	150-400	
CAMPANIEN	SUPERIEUR	FUVELIEN		Calcaires plus ou moins argileux, parfois fossilifères Niveaux de lignite	150-250	7
	INF.	VALDONNIEN		Marnes et argiles bariolées ou grises et noduleuses et calcaires gris ou gris-verdâtres à gastéropodes lamellibranches et Algues	80-120	
SANTONIEN				Calcaires à rudistes et milioles	45	

L'Urgonien, qui est représenté par une puissante série carbonatée, souvent karstifiée et perméable, n'affleure pas dans les limites de cette étude (l'Urgonien constitue, à l'Ouest d'Aix-en-Provence, la chaîne de la Fare); cette formation est représentée dans le bassin de Gardanne où elle a été rencontrée, dans des sondages profonds (Gardanne nord et sud) sous la série fluvio-lacustre.

3.5. - CRETACE MOYEN ET SUPERIEUR MARIN

Ils ne sont pas représentés dans les limites de cette étude et se situent, dans le bassin de Gardanne et de l'Etang de Berre, à des profondeurs très importantes.

3.6. - CRETACE SUPERIEUR FLUVIO-LACUSTRE

Dans le bassin de l'Arc le Santonien marin se superpose à une épaisse série fluvio-lacustre (Valdonnien à Rognacien) dont la puissance maximale est supérieure à 1 000 m.

La série fluvio-lacustre est essentiellement marneuse et argileuse et imperméable mais peut être entrecoupée d'ensembles carbonatés tels le Fuvélien (150 à 250 m), le Bégudien supérieur (125 à 175 m) et le calcaire de Rognac (20 à 60 m) qui peuvent éventuellement présenter une perméabilité de fissuration au sein de cette série très peu perméable. Les marnes et argiles du Bégudien inférieur et du Rognacien peuvent comporter des intercalations de niveaux gréseux, à perméabilité matricielle, mais généralement lenticulaires. La présence de gypse est commune dans le Rognacien et surtout dans le Bégudien inférieur.

En direction du Nord (vers Aix-en-Provence et le Tholonet) le Bégudien et le Rognacien se réduisent en épaisseur et passent latéralement à des brèches.

3.7. - EOCENE

Il est constitué, du Montien au Lutétien, par une alternance d'ensembles argileux et marneux imperméables et de niveaux calcaires tels que ceux de Vitrolles (20 à 30 m), de Meyreuil (25 à 40 m) et de Saint Marc (45 à 65 m). Ces calcaires

sont généralement compacts, parfois siliceux et à petites intercalations argileuses; ils peuvent être fissurés et présenter ainsi une perméabilité qui sera fonction des degrés de fissuration.

Le Lutétien est principalement calcaire et à passées marneuses très peu épaisses; la puissance minimale du Lutétien calcaire peut atteindre 140 m; celui-ci se réduit cependant en direction du Nord;dans le secteur d'Aix-en-Provence il ne mesure plus que quelques dizaines de mètres d'épaisseur.

Le Lutétien est perméable par fissurations; dans le Montaiguet des sondages récents ont traversé cette formation en perte totale de boue, témoignant ainsi d'une importante fracturation et karstification des calcaires lutétiens. Le Lutétien calcaire se superpose à des terrains argileux imperméables.

3.8. - OLIGOCENE

Il présente une lithologie relativement hétérogène qui subit d'importantes variations latérales de faciès.
Schématiquement l'Oligocène est constitué par des calcaires en plaquettes peu perméables, des argiles, des argiles sableuses et des passées calcaires (série dite des "argiles des Milles") dont la puissance est supérieure à 100 m; cette formation, très peu perméable, est surmontée par des calcaires en plaquettes et des marnes à gypse (100 m) imperméables ainsi que par des calcaires en plaquettes peu épais mais qui affleurent largement au NW d'Aix-en-Provence; cette formation peut être fissurée et présenter une perméabilité non négligeabl L'épaisseur de l'Oligocène est de plusieurs centaines de mètres dans l'axe du synclinal.

3.9. - MIOCENE

Il est représenté principalement dans la zone urbaine d'Aix-en-Provence par des marnes grises, plus ou moins sableuses de milieu saumâtre et lacustre, des conglomérats et de la molasse, des calcaires et des marnes; le Miocène est peu perméable dans son ensemble.

3.10 - QUATERNAIRE

Les alluvions de l'Arc sont peu développées dans les limites de cette étude et ne présentent qu'un intérêt relatif dans le secteur des Milles et de la Palette; ailleurs, elles sont restreintes aux thalwegs de l'Arc; les alluvions sont constituées de sables, de graviers et de cailloutis généralement très perméables.

Les basses et moyennes terrasses sont formées également de graviers et de cailloutis présentant une bonne perméabilité.

4

SYSTEMES AQUIFERES

L'hydrogéologie de la commune d'Aix-en-Provence s'inscrit dans un cadre qu'il est nécessaire d'élargir au Nord jusqu'à la Durance, à l'Est jusqu'aux sources de l'Argens et de Seillons (secteur de Saint Maximin la Sainte Baume), au Sud jusque dans le bassin de Gardanne (limité au Sud par les massifs du Régagnas et de l'Etoile) et enfin à l'Ouest jusqu'à la bordure orientale de l'Etang de Berre et le chaînon de La Fare (cf. pl. 2).

A l'Est du méridien passant approximativement par la cité d'Aix-en-Provence les circulations souterraines s'effectuent principalement dans les massifs calcaires jurassiques, profondément fissurés et intensément karstifiés.

Une ligne de partage des eaux souterraines se superpose, à l'Est d'Aix-en-Provence, au coeur anticlinal de Vauvenargues (au Nord de la Sainte Victoire) qui amène en position structuralement haute les terrains très peu perméables, rejoint le Pain de Munition (+ 612 m) et s'incurve, en direction du SE vers Ollières.

La partie nord du massif jurassique est drainée vers *la source (temporaire) de la Foux* (altitude + 265 NGF, au Sud de Meyrargues, débit estimé à 100 l/s)

et vers les *sources de Meyrargues* (altitude + 235 NGF, 310 l/s [1]).
A l'Est le massif karstique est drainé vers les *sources de Seillons*, de *l'Argens* (altitude + 290 NGF, débit 500 l/s), de *SEAUX* (altitude + 275 NGF, débit 179 l/s) et les *sources temporaires de la Mayronne* (altitude + 299 NGF, débit 90 l/s).

Il est probable qu'au Nord d'Aix, le Jurassique est drainé également vers l'Ouest en direction des *émergences des Pinchinats* (+ 255 NGF) dont le débit est de 45 l/s).

La zone se situant au Sud de la ligne de partage des eaux souterraines (massifs de la Sainte Victoire et du Bois de Pourrières) est drainée vers la vallée de l'Arc; le *puits de l'Arc* (altitude + 221 NGF) dont il est démontré qu'il est alimenté par les eaux circulant dans le Jurassique à un débit de 420 l/s mesuré lors d'un essai de pompage de longue durée (le débit d'exploitation est de 300 l/s).

Plus à l'Ouest et au Nord-Ouest d'Aix-en-Provence la chaîne de La Fare et les reliefs de La Barben ont comme exutoires les *sources de Calissanne* (altitude + 23 NGF, débit 500 l/s) et de la Dane (110 l/s) près de La Barben.

Les grands systèmes aquifères ainsi définis et intéressant principalement les régions ceinturant Aix-en-Provence sont très productifs (débits supérieurs à 100 l/s) et tous dépendant de réservoirs carbonatés soit jurassiques, soit Crétacé inférieur.

Nous n'évoquerons ici, que pour mémoire, l'existence d'un tronc thermal à Aix-en-Provence mais qui n'a pu être localisé avec précision jusqu'à présent; les venues d'eaux chaudes aux différentes *sources thermales* connues (Sextius 34 altitude + 201 NGF - puits des Chaudronniers 32°c, sources Barret 17°c) sont toutes en relation avec d'importants accidents dont le tracé peut être supposé mais non localisé avec certitude en l'absence d'informations complémentaires de sondages; les eaux de ces sources sont oligo-bicarbonatées calciques; elles

---

[1] Débit de la galerie de la papeterie 260 l/s - débit de la galerie de Meyrargues 51 l/s.

sont issues des massifs jurassiques de la Sainte Victoire et ont transité probablement à une profondeur d'un millier de mètres.

Nous complèterons cet inventaire des appareils aquifères par la description des bassins hydrauliques de plus modestes dimensions et de leurs points ou zones de drainage.

L'anticlinal de Vauvenargues est très peu perméable et drainé par de petites sources à débit très faible. Cette structure se situe en crête hydraulique (ligne de partage des eaux souterraines) et se trouve donc, de plus, peu alimentée.

La bordure septentrionale du bassin de l'Arc est constituée principalement de calcaires éocènes. Dans le Montaiguet (altitude + 250 à + 300 NGF) les calcaires sont très fissurés et karstifiés (karst ouvert) et sont drainés vers l'Arc (∿ + 130 à + 150 NGF) et par quelques sources (altitude + 145 NGF) localisées au voisinage du viaduc (au Sud de Cuques). Il est probable que les calcaires éocènes sont également drainés vers le synclinal des Milles où les circulations souterraines seront en charge sous la couverture très peu perméable de l'Oligocène; aucun sondage profond n'a cependant traversé l'Oligocène dans le centre du bassin des Milles et n'a reconnu la nature du substratum ainsi que ses caractéristiques en tant que réservoir.

Plus à l'Ouest, le plateau d'Arbois constitué principalement de calcaires éocènes est drainé vers la *source des Pinchinats* (ou de l'Infernet, altitude + 120 NGF, débit 200 l/s) et vers les *sources de Sainte Marthe*.Il n'y a pas de sources connues dans les gorges de Roquefavour.

Les cuestas calcaires de l'Eocène (barres de Vitrolles, de Meyreuil et de Saint Marc) alimentent de petites sources localisées principalement autour du plateau du Cengle.

Le calcaire de Rognac constitue, du bassin de Gardanne jusqu'au abords de l'Etang de Berre, une cuesta calcaire qui s'ennoie vers l'Ouest à partir de Gardanne et vers le Nord à partir de Meyreuil; à l'Est de Meyreuil, et en particulier à partir de Rousset, des intercalations d'argiles rouges se développent au sein du calcaire de Rognac et, à l'Est du Cengle, celui-ci

s'amincira pour disparaître presque totalement. Le calcaire de Rognac est aquifère et drainé par plusieurs petites sources.

Le Bégudien supérieur calcaire du bassin de Gardanne est drainé depuis les affleurements auréolant le massif du Régagnas, en direction du Nord et, en particulier, vers la *source de la Grande Bastide* (20 l/s) à Fuveau.

Des sondages de recherche d'eau ont pompé un débit de 200 m^3/h (55 l/s) à partir du Bégudien supérieur mais ces pompages ont fortement influé sur le débit de la source de la Grande Bastide.

Le bassin oligocène des Milles est peu aquifère du fait de la nature des terrains qui le constituent.

Les calcaires en plaquettes de la base de l'Oligocène (Lattorfien) sont aquifères mais affleurent seulement sur de faibles étendues.

L'Oligocène moyen (Rupélien) qui constitue la série des "argiles des Milles" est très peu perméable et les circulations souterraines très hétérogènes sont liées à l'existence de chenaux conglomératiques ou encore à des lentilles sableuses ou calcaires faiblement alimentées. Aucun exutoire de cette formation n'est connu dans la plaine des Milles.

La série des calcaires en plaquettes et des marnes à gypse qui est superposée à la formation précédente est peu perméable; les circulations souterraines susceptibles d'exister, malgré les faibles perméabilités, seront très minéralisées.

Au NW d'Aix-en-Provence l'Oligocène supérieur affleure largement dans le massif de la Trévaresse; au pied de l'entablement dominant la dépression d'Aix un petit niveau sableux (sable de Figeons) peu épais (2 - 3 m) est aquifère et drainé vers les *sources d'Eguilles*, de la Grotte Vieille et de Figons, de faible débit. Les calcaires qui constituent la Trévaresse sont peu épais mais très étendus (impluvium relativement important); ils sont aquifères ainsi qu'en témoignent les sources dispersées et qui se localisent généralement au contact du calcaire et de terrains marneux peu perméables; le débit des sources est généralement peu important: *source de Touron* (50 l/s) et de la *Fontaine d'Arvieux* (40 l/s) dans la vallée du Budéou à Saint Cannat, lavoir de la route de Pélissanne (10 l/s) et lavoir de la route d'Eguilles (1,5 l/s).

Le Miocène d'Aix-en-Provence est, dans son ensemble, peu perméable; toutefois chaque niveau de grès, de molasse, ou de conglomérat peut être le siège de circulations souterraines alimentant de faibles débits. On peut noter, par ailleurs, que le Miocène draine probablement, en zone urbaine, des pertes du réseau d'assainissement et que les qualités chimiques et bactériologiques de l'eau sont donc très médiocres; leur utilisation pour l'alimentation en eau potable nécessiterait un traitement préalable.

Les alluvions de l'Arc se situent dans la zone topographiquement la plus basse et drainent ainsi les reliefs que traverse le cours d'eau. Du fait que l'épandage alluvial n'est pas très étendu et limité à une bande relativement étroite, les ressources en eau ne pourront être très importantes. De plus, le cours d'eau est pollué à l'aval de l'agglomération aixoise et reçoit les eaux de la Luynes évacuant les rejets de la zone industrielle de Gardanne.

5

SELECTION DES RESERVOIRS

Compte tenu de l'important débit demandé (500 l/s - 1 800 m^3/h -) pour satisfaire les besoins complémentaires en eau potable de la ville d'Aix-en-Provence, il est nécessaire de s'intéresser principalement aux réservoirs aquifères très épais, à perméabilité importante et dont l'alimentation est assurée par le drainage de grandes superficies.

Nous analyserons les réservoirs en fonction de leur intérêt et les classerons selon leur accessibilité par sondages dans les limites de la commune d'Aix-en-Provence.

5.1. - RESERVOIRS KARSTIQUES AFFLEURANTS

5.1.1. - LE JURASSIQUE SUPERIEUR massif, épais de plusieurs centaines de mètres, fissuré et karstifié, constitue un excellent réservoir aquifère. D'une manière générale, le calcaire du Portlandien est plus karstifié que le calcaire kimméridgien (de couleur crême); les dolomies poreuses sont lenticulaires, sauf un niveau continu d'épaisseur variable, s'intercalant entre le Portlandien et le Kimmeridgien.

Rappelons que la cité d'Aix-en-Provence se situe approximativement sur une crête hydraulique et que le réservoir du Jurassique supérieur est drainé vers le Nord en direction de Meyrargues, vers l'Est en direction des sources de l'Argens et vers le Sud (puits de l'Arc) où ce réservoir se situe à une profondeur relativement importante (450 - 500 m).

Il est possible qu'une partie des circulations souterraines du Jurassique ne voie pas le jour et soit drainée par un paléo-karst profond (en charge sous l'Oligocène, vers les Pinchinats par exemple).

5.1.2. - LE NEOCOMIEN CALCAIRE est moins massif que le Jurassique supérieur, non dolomitique et peu karstifié; il est également très épais et présente une perméabilité qui sera fonction du degré de fissuration; il affleure au Nord d'Aix-en-Provence dans le synclinal de Meyrargues et participe probablement à l'alimentation des sources de la Foux et de Meyrargues.

5.1.3. - LE LUTETIEN CALCAIRE a plus de 100 m d'épaisseur lorsqu'il atteint son développement maximum; il est massif mais comporte des intercalations marneuses peu importantes. Son caractère karstique a été démontré par des forages récents effectués dans le Montaiguet qui est un secteur affecté de failles et de fissures. Le karst du Montaiguet est ouvert; étant donné l'altitude de ces reliefs il n'est pas exclu qu'en-dessous du niveau de base de drainage (vallée de l'Arc) le caractère karstique de cette formation soit considérablement attenué. Nous avons vu précédemment que la tectonique jouera un rôle de plus en plus important du Sud vers le Nord; l'effet de cette tectonique se fait déjà ressentir dans le Montaiguet mais sera de plus en plus violente en direction de la cité d'Aix-en-Provence; cette tectonique est susceptible de créer un réseau fissural important dans les calcaires lutétiens et de relayer ainsi la déficience éventuelle du caractère karstique par une importante fracturation de cette formation.

Nous ne connaissons pas les caractères hydrodynamiques de la formation lutétienne sous-jacente à l'Oligocène dans le bassin des Milles; il n'est cependant pas exclu que dans ce secteur, de structure synclinale, le Lutétien soit drainé en profondeur et que la nappe, dont le débit potentiel ne nous est pas connu, soit en charge.

5.2. - RESERVOIRS CARBONATES SEMI-PROFONDS

Les calcaires, intercalés dans la puissante série fluvio-lacustre du bassin de l'Arc, sont généralement compacts mais le plus souvent fissurés, favorisant ainsi l'existence de circulations souterraines généralement en charge. L'épaisseur de ces réservoirs, tout en n'étant pas très importante (< 50 m), n'est pas négligeable. Ces réservoirs se situent, sous le Lutétien, à des profondeurs variables au Sud de l'Arc et pris dans des plis (parfois écaillés ?) dans la périphérie sud orientale de la cité d'Aix-en-Provence.

Nous distinguerons comme réservoirs le calcaire de Rognac (30 - 40 m), le calcaire de Vitrolles (30 m), le calcaire de Meyreuil (40 m) et le calcaire de Saint Marc (60 m)[1]. Nous rappellerons que ces formations peuvent subir des variations d'épaisseur et de faciès (le Rognacien devient brèchique, par exemple, au Nord de l'Arc) près de la Sainte Victoire y compris localement au niveau du calcaire de Rognac à Roquehautes.

5.3. - RESERVOIRS CARBONATES PROFONDS

Les réservoirs que nous analyserons ici sont importants du fait de leurs épaisseurs (> 100 m) et des possibilités de fissuration (voir de karstification) dont ils peuvent être affectés. Les réservoirs n'affleurent pas dans les limites de la commune d'Aix-en-Provence et doivent être recherchés à des profondeurs relativement importantes, au Sud de l'agglomération.

5.3.1. - L'URGONIEN est constitué de calcaires massifs généralement fissurés et karstifiés; il peut être très épais (quelques centaines de mètres) mais se biseaute, dans le bassin de l'Arc, en direction de l'Est (à partir de Gardanne ?), le Nord-Est et le Sud-Est (vers Gréasque); il a été rencontré dans deux sondages de reconnaissance (Gardanne Nord et Gardanne Sud) effectués par les Houillères de Provence en 1965. Dans ces sondage l'Urgonien n'est pas très épais (10 et 30 m) mais il est très fracturé et aquifère; l'augmentation d'épaisseur s'effectue du Sud (Gardanne Sud 10 m) vers le Nord (Gardanne Nord 30 m)

---

[1] Epaisseur de ces formations dans le Montaiguet.

mais la formation n'existe plus au pied du massif de la Sainte Victoire et dans la zone du Tholonet où le Crétacé supérieur réduit repose directement sur le Jurassique. Il est impossible d'augurer de l'existence et de la profondeur de ce réservoir au Sud ou au Sud-Est d'Aix en Provence du fait de l'absence de données paléogéographiques dans ce secteur et des perturbations tectoniques qui se manifestent au Nord de l'Arc.

L'Urgonien, s'il existe sous le chaînon du Montaiguet, se situerait très certainement à plus de 1 000 m de profondeur.

5.3.2. - LE FUVELIEN est épais de 150 à 200 m, calcaire ou calcaréo-marneux et peut se révéler fissuré et aquifère dans les zones tectonisées; il peut être alimenté par l'Urgonien ou le Jurassique supérieur directement sous-jacents dans certains secteurs.

Le Fuvélien peut être accessible à une profondeur importante mais qui sera moindre que celle de l'Urgonien.

5.3.3. - LE BEGUDIEN SUPERIEUR CALCAIRE constitue un bon réservoir dont l'épaisseur moyenne est de l'ordre de 150 m (dans le Montaiguet); son épaisseur se réduira en direction du Nord où la formation passe latéralement à des brèches peu perméables.

Ce réservoir est drainé à partir des affleurements vers la source de la Grande Bastide (et au-delà ?) et a fourni un débit supérieur à 200 m^3/h dans des forages de recherches d'eau effectués à proximité de l'exutoire. Le toit de ce réservoir est profond aux abords de la cité d'Aix-en-Provence (700 - 1 000 m) et plus accessible dans la vallée de l'Arc, à l'Ouest de Meyreuil (400 m de profondeur environ).

5.4. - RESERVOIRS SECONDAIRES

5.4.1. - LES ALLUVIONS DE L'ARC ainsi que la moyenne terrasse constituent de bons réservoirs mais dont l'étendue et l'épaisseur sont réduites. Rappelons que le bassin versant de l'Arc a une superficie de 740 km^2 (dont 300 km^2 pour le bassin de Gardanne)et que le débit du cours d'eau à Aix-en-Provence est de 0,3 m^3/s (étiage) à 6,6 m^3 (crue); dans la partie inférieure du cours d'eau son débit moyen est de 5 m^3/s, son débit d'étiage de 1 m^3/s et son débit de crue 700 m^3/s.

5.4.2. - LE MIOCENE D'AIX-EN-PROVENCE peut comporter des niveaux perméables lenticulaires mais qui sont peu alimentés ou encore pollués par les pertes des rejets urbains.

5.4.3. - L'OLIGOCENE SUPERIEUR DE LA TREVARESSE est calcaire mais peu épais (50 m) et passe localement à des argiles et des conglomérats qui soulignent ainsi les bordures du bassin. Il est légèrement perméable et fissuré et contient, avec les sables de Figeons qui lui sont associés, une nappe aquifère à débit potentiel relativement faible.

5.4.4. - L'OLIGOCENE MOYEN ET INFERIEUR contient des réservoirs, gréseux ou conglomératiques plus ou moins cimentés, généralement peu épais et dont la distribution spatiale est très hétérogène.

Compte tenu de l'épaisseur globale de ces formations peu perméables on peut admettre l'existence, dans ce bassin oligocène des Milles, de nappes superposées (aquifère multicouches) et à faible débit.

5.5. - RESERVOIR THERMAL

Au stade actuel de nos connaissances il est admis, comme hypothèse la plus vraisemblable, que le réservoir thermal est constitué par le Jurassique lequel affleure uniquement au Nord-Est et à l'Est d'Aix-en-Provence; les circulations profondes s'effectuent à la faveur d'un réseau complexe de failles qui amènent l'eau à plus de 1 000 m de profondeur, puis la centralisent dans un tronc thermal constitué par un faisceau de failles à la faveur duquel les eaux en charge se libèrent de la pression exercée jusqu'alors sur elles et remontent au jour en diffusant dans le Miocène. Le débit de ces sources est relativement faible: source Sextius 5 l/s, source Pyramide 0,5 l/s, source du Cours Mirabeau 0,5 l/s.

Le sondage, réalisé dans l'enceinte de l'Etablissement thermal, a fourni un débit de 17 m^3/h avec un rabattement de 2,07 m après 96 heures de pompage dans le réservoir calcaire du Berriasien.

Des données géothermiques récentes (campagne de reconnaissance des Houillères de Provence) ont montré que le bassin de Gardanne était "froid" et que les températures, mesurées en continu dans chaque sondage, diminuaient progressivement du Sud vers le Nord.

Les remontées thermales d'Aix-en-Provence pourraient être mises en relation avec trois accidents principaux d'orientation Est-Ouest:

- Deux d'entre eux sont observables à l'Est de la ville d'Aix-en-Provence (faille du Tholonet et faille de Saint André qui lui est probablement associée) et sont masquées dans la zone urbaine par du Miocène.
- Le troisième est le chevauchement nord provençal dont les effets se manifestent par des failles complexes mettant en contact l'Oligocène avec du Lias ou encore du Miocène dans la périphérie nord de la cité et dont le tracé se poursuivrait en direction de l'WNW vers La Barben. Vers l'Est cet accident important fait chevaucher le flanc normal nord de la Sainte Victoire en direction du Sud.

La faille des Pinchinats, de direction méridienne, vient recouper ces zones tectonisées, à l'extrême, dans le centre urbain et joue vraisemblablement un rôle dans les remontées thermales; il en est probablement de même de la faille méridienne du Pont de l'Arc laquelle se prolonge vers le Nord (sources Sextius) et se raccorde probablement avec l'accident qui semble décrocher la faille de l'Ecole Normale.

Compte tenu des hypothèses énoncées ci-dessus il conviendra de ne pas rechercher de réservoirs aquifères dans les limites de la zone urbaine d'Aix-en-Provence dont l'exploitation éventuelle serait susceptible de perturber le débit des exploitations thermales si on ne s'entoure pas de précautions.

Rappelons que la structure du substratum infra-miocène de la cité aixoise nous est encore inconnue et que les sondages "d'Aix thermal",effectués dans l'enceinte de l'Etablissement thermal,ont rencontré du Berriasien sous un Miocène continental et lacustre de puissance réduite (40 m).

En toute logique le Berriasien se superpose au Jurassique supérieur dont les très bonnes qualités de réservoir ont été décrites ci-dessus et dont l'épaisseur est de plusieurs centaines de mètres. Le sondage thermal n'a pas fourni d'indication sur le pendage du Berriasien car il a traversé une zone très tectonisée (failles "en siflet" très accentué). Dans le sondage réalisé à proximité de l'Hôtel de ville d'Aix-en-Provence le Berriasien ne présentait pas de pendage (sub-horizontal). L'autochtonie de l'unité structurale à laquelle se rattache le Jurassique-Berriasien (et le Néocomien ?) qui constitue probablement le substratum infra-miocène aixois ne peut être démontrée et ses relations avec la série liasique de la structure de Vauvenargues qui affleure à l'Est de la cité déterminées. On peut toutefois supposer l'existence, au moins au droit de l'Etablissement, d'un important réservoir aquifère thermal de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, mais probablement écaillé.

Compte tenu de ces données ont peut donc admettre qu'aucune recherche de réservoir aquifère ne peut être conseillée dans le centre urbain de la ville d'Aix-en-Provence, ni dans sa périphérie orientale, par crainte de perturber en cas d'exploitation d'un ouvrage, le système thermal. La limite occidentale de ce système ne peut être précisée car nous ignorons la nature et la structure du substratum ante-Oligocène du bassin des Milles. Pour mémoire et par mesure de sécurité nous fixerons les limites du champ thermal à l'extension du Miocène aixois et à la série liasique qui le borde à l'Est.

6

CHOIX DES OBJECTIFS ET DES SITES DE SONDAGES

Nous avons énuméré ci-dessus les réservoirs susceptibles d'être concernés par une recherche d'eau dans la commune d'Aix-en-Provence et mis en relief les principaux systèmes aquifères.

Il découle de cette étude que:

- nous excluons la zone urbaine d'Aix-en-Provence des zones de recherche
- le Jurassique supérieur constitue le meilleur réservoir aquifère potentiel, mais aussi qu'il est nécessaire d'effectuer des recherches en aval des zones d'alimentation, donc au Nord ou au Sud de la cité et à des distances relativement importantes.
- le Lutétien est susceptible de constituer un objectif qui peut être reconnu à faible profondeur mais dont on ignore les débits qu'il pourrait fournir ainsi que, par ailleurs, ses caractéristiques hydrodynamiques sous la couverture oligocène.
- les autres réservoirs sont à rechercher à des profondeurs relativement importantes, avec un risque en ce qui concerne la qualité chimique de l'eau (minéralisations possibles ?).
- la nappe alluviale de l'Arc est susceptible de fournir un débit relativement modeste mais à des conditions économiques intéressantes.

- la commune d'Aix-en-Provence ne se situe pas dans un contexte hydrogéologique tel qu'on puisse escompter obtenir un débit complémentaire d'eau potable important sans investissements élevés.

Les sites de sondages proposés sont au nombre de 12, nous les examinerons successivement et déterminerons pour chacun d'eux les objectifs et l'importance des travaux à réaliser (cf. pl. 3).

6.1. - SECTEUR DE LA FOUX (10 KM AU NE D'AIX)

Le débit de la source de La Foux ne nous est pas connu (débit moyen estimé pour la période d'écoulement: 100 l/s - écoulement temporaire -). L'altitude de l'émergence est + 260 m [1] et la source s'écoule au jour qu'en période de fortes précipitations. Il conviendrait théoriquement d'effectuer une étude approfondie de cette source par des jaugeages en période d'écoulement, des relevés piézométriques en période d'étiage ainsi qu'un pompage d'essai afin de pouvoir déterminer les caractéristiques hydrodynamiques du réservoir ainsi que la qualité chimique de l'eau pompée. L'accessibilité est cependant difficile car l'orifice est très étroit et ne se prête pas a priori à des mesures in situ d'autant plus que le niveau d'eau est probablement bas (30 m de profondeur ?).

Après cette étude éventuelle préalable et en fonction des résultats obtenus un forage d'exploitation pourrait être éventuellement décidé ainsi que les conditions techniques de sa réalisation (profondeur du sondage de 150 m environ). L'influence d'une éventuelle exploitation de l'ouvrage sur le débit de la source de Meyrargues sera à étudier avec précision car des exploitations à l'amont immédiat d'émergences exploitées (Le Foux) auront des incidences sur ces dernières et que le bénéfice final par exploitation de la réserve et de la régularisation, peut être faible.

L'accès à la source se fait par un petit chemin qui longe une voie ferrée et traverse deux ponts relativement étroits; l'emplacement de sondage ne sera accessible que par un appareil léger.

---

[1] La source de la Papèterie de Meyrargues est à l'altitude + 235 NGF

[2] Emergence visitée le 6 juin 1980.

6.2. - SECTEUR DES PINCHINATS (A 3 KM AU NE D'AIX)

Ce secteur est affecté par des failles importantes, d'orientation NNE-SSW, qui effondrent progressivement le Jurassique supérieur de la Keyrié en direction de l'Ouest. La faille des Pinchinats met en regard le Jurassique supérieur et l'Oligocène et une faille qui lui est parallèle affecte l'Oligocène et a un rejet d'environ 300 - 350 m. Cette faille a été mise en évidence par une prospection électrique[1] effectuée pour le compte de la Municipalité d'Aix-en-Provence; elle avait comme objet de déterminer l'épaisseur du recouvrement oligocène discordant sur le Jurassique dans le but d'implanter des sondages de recherche d'eau dans un secteur voisin des sources dites "des Pinchinats". Six sondages électriques (SE) ont été effectués ainsi que 132 mesures de résistivité. En conclusion de cette étude il est dit, à titre indicatif, qu'entre la faille des Pinchinats et la faille découverte par cette prospection, le substratum jurassique pourrait se situer entre 80 et 140 m de profondeur tandis qu'il se situerait à l'Ouest de cette faille,et dans le compartiment effondré,entre 400 et 500 m de profondeur.

Des sondages de 150 m, réalisés sous la direction du Professeur Cl. GOUVERNET[2] dans ce secteur, n'ont pas atteint leur objectif qui était la reconnaissance du réservoir jurassique susceptible de renfermer une nappe aquifère en charge.

Nous proposons d'effectuer, dans ce même secteur étudié par le Professeur Cl. GOUVERNET, un sondage de reconnaissance (150 à 200 m de profondeur) que nous situerons de préférence à proximité de la faille des Pinchinats; ce sondage aura comme objectif la reconnaissance du réservoir jurassique supérieur dolomitique (Kimméridgien) qui affleure dans le compartiment surélevé par la faille des Pinchinats (secteur de la carrière de la Keirié). Il sera nécessaire d'étudier les répercussions des pompages éventuels sur les sources des Pinchinats (débit moyen 45 l/s). Compte tenu du relief et de l'urbanisation de ce secteur un problème d'accessibilité pour un appareil de forage se pose.

---

[1] Etude par prospection électrique dans la région des Pinchinats - C.G.G. 15 19.04.1961.

[2] Nous ne disposons d'aucune donnée concernant les résultats de ces sondages.

6.3. - SECTEUR D'EGUILLES (A 12 KM AU NW D'AIX ET EN DEHORS DES LIMITES DE LA COMMUNE)

Un sondage pétrolier, réalisé au lieu-dit "Camaïsse" en bordure de la route qui rejoint Eguilles à Pélissanne, a traversé 310 m de Néocomien et a subi une perte totale de circulation dès cette cote qui correspond au toit du Berriasien; Berriasien et Jurassique supérieur, épais de plus de 800 m, constituent en conséquence et conjointement un bon réservoir fracturé que nous ne citerons ici que pour mémoire ne connaissant pas son débit potentiel.

6.4. - SECTEUR DE LA METEOROLOGIE ET DU JAS DE BOUFFAN (A 2 KM à L'OUEST D'AIX)

Ce secteur est couvert par des colluvions würmiennes, se superposant à du Miocène (?) et à de l'Oligocène dont l'épaisseur est difficilement estimable en l'absence de données. Nous proposons d'effectuer dans ce secteur un sondage de reconnaissance afin de pouvoir mieux orienter les recherches dans la partie orientale du bassin des Milles, à l'Ouest d'Aix-en-Provence. L'objectif de ce sondage serait la reconnaissance du substratum anté-Oligocène qui pourrait être constitué de Lutétien tectonisé, voire de Jurassique (?).[1] La profondeur d'un tel sondage est difficile à préciser et nous préconisons de couvrir ce secteur par une prospection électrique préalable.

6.5. - SECTEUR DE L'HIPPODROME - LA PARADE (A 3 KM AU SW D'AIX)

Dans le secteur de l'Hippodrome-La Parade la vallée de l'Arc se situe à l'altitude moyenne de + 125 m. Elle entaille l'Oligocène qui recouvre probablement les calcaires du Lutétien; la faille du Pont de l'Arc effondre le compartiment des Milles. Une reconnaissance dans ce secteur aurait comme objectif les calcaires lutétiens et la nappe aquifère,en charge, que ce réservoir est susceptible de contenir.

La profondeur du sondage serait de l'ordre de 200 - 300 m mais une étude géophysique préalable permettrait de mieux appréhender le problème.

---

[1] ou de Néocomien ?

Les alluvions de l'Arc seront reconnues en un diamètre suffisant pour permettre d'effectuer, avant la poursuite du sondage dans l'Oligocène, un essai de débit ainsi que des prélèvements d'eau de pompage à des fins d'analyses chimiques.

6.6. - SECTEUR DU PONT DE L'ARC (A 1 KM AU SUD D'AIX)

Le secteur est traversé par une faille de direction méridienne qui passe approximativement par le centre sportif (CREPS); cet accident sépare probablement l'Oligocène à l'Ouest, du Lutétien à l'Est. Un sondage dans ce secteur aura comme objectif la reconnaissance des calcaires lutétiens ainsi que de leur couverture alluvionnaire; la profondeur du sondage sera de l'ordre de 150 m.

6.7. - SECTEUR DES INFIRMERIES (A 2 KM AU SE D'AIX)

Dans ce secteur les alluvions occupent, dans la vallée de l'Arc, une superficie plus importante qu'ailleurs. Elles pourront faire l'objet d'une reconnaissance par sondage et l'ouvrage, après un équipement technique approprié sera poursuivit pour reconnaître l'ensemble des calcaires lutétiens; la profondeur de l'ouvrage sera de l'ordre de 150 à 200 m. Rappelons l'existence de sources situées à proximité de l'autoroute,et par conséquence au Nord du cours d'eau, ainsi que cette zone (partie ouest) se situe dans le prolongement de la faille d'Aix.

6.8. - SECTEUR DE LA PALETTE (4 KM AU SE D'AIX)

Les mêmes objectifs seront reconnus (alluvions et calcaire lutétien) dans ce secteur. Nous noterons également l'existence d'une source, issue des calcaires éocènes, juste au Sud du cours d'eau (300 m), au lieu-dit "Château Simone". Notons par ailleurs l'existence d'une source vauclusienne au Nord de la route RN 7 (au niveau de l'allée des platanes juste à l'Est des maisons de La Palette).

La profondeur du sondage dans ce secteur serait de l'ordre de 150 m.

6.9. - SECTEUR DE VALBRILLANT (7 KM AU SE D'AIX ET EN DEHORS DE LA COMMUNE)

Nous proposons ce site de sondage compte tenu de l'intérêt que revêt la reconnaissance profonde de ce secteur; l'objectif d'un sondage à cet emplacement serait la reconnaissance de deux importants réservoirs qui sont le Bégudien supérieur calcaire (toit prévisionnel à - 150, - 200 NGF, ∿300 m de profondeur) et surtout le Jurassique supérieur dont la cote du toit est difficile à prévoir mais ne devrait pas excéder 1 200 m. L'intérêt d'un tel ouvrage nous paraît justifié du fait de l'importance du débit qu'on pourrait escompter d'une telle réalisation.

Il faut encore souligner que le Fuvélien pourrait constituer également un réservoir par fissurations (la faille de Meyreuil se situe à environ 1 km à l'Ouest) ainsi que l'Urgonien dans la mesure où celui-ci est présent et non biseauté. Il faut cependant noter que l'exploitation éventuelle d'un quelconque réservoir dans ce secteur ne devra pas porter préjudice aux exploitations minières futures et que le puits de l'Arc est très éloigné de ce site (8 km).
Un sondage à Valbrillant débuterait dans les alluvions de l'Arc lesquelles se superposent au Rognacien supérieur.

A titre indicatif, le calcaire de Rognac se situerait à 50 m de profondeur, le toit du Bégudien à 350 m, le toit du Fuvélien vers 500 m de profondeur et le toit de l'Urgonien ou du Jurassique supérieur vers 1 200 m de profondeur (?).

Le site de Valbrillant est le seul à pouvoir reconnaître les possibilités aquifères du Jurassique supérieur du bassin de l'Arc à une distance faible d'Aix-en-Provence mais à une profondeur importante.

6.10 - SECTEUR DE PONT DE BAYEUX (A 5,5 KM AU SE D'AIX ET EN DEHORS DES LIMITES DE LA COMMUNE)

Le site proposé se situe au NNW (1,5 km) du précédent et les objectifs du Bégudien, du Fuvélien et du Jurassique se situeront à des profondeurs encore plus importantes. La réalisation d'un sondage profond dans ce secteur ne sera

justifiée qu'en fonction des résultats acquis par un sondage éventuel au lieu-dit Valbrillant. Le sondage débuterait dans les alluvions recouvrant le Montien argileux et pourraît reconnaître le calcaire de Rognac et le Bégudien calcaire dont le toit pourraît se situer à - 500 NGF. Le site de sondage se situe à 400 m environ à l'Est de la faille de Meyreuil laquelle est susceptible d'entrainer, à son voisinage, une fracturation importante des réservoirs.

6.11. - SECTEUR DES CAZEAUX (A 9 KM ENVIRON à L'WNW D'AIX EN DEHORS DES LIMITES DE LA COMMUNE)

L'objectif d'un sondage à réaliser dans le site de Cazeaux est l'Urgonien calcaire; celui-ci affleure à environ 1 km au NW du site et plonge vers le S - SE; l'Urgonien affleure également (selon la carte géologique au 1/50 000) au lieu-dit "Les Avocats". Le secteur des Cazeaux est couvert par des colluvions würmiennes et il est difficile de connaître exactement les niveaux constituants le substratum et cela d'autant plus qu'une faille de direction NW - SE affectant l'Urgonien se prolonge probablement sous les alluvions séparant ainsi la zone des affleurements Valdo-Fuvélien à l'Ouest, de la zone Oligocène à l'Est. La profondeur d'un sondage dans le site de Cazeaux serait de l'ordre de 250 m.

6.12. - SECTEUR DES CAGNONS (A 8 KM à L'W D'AIX ET EN DEHORS DES LIMITES DE LA COMMUNE)

Une reconnaissance dans le secteur des Cagnons a deux objectifs principaux: le calcaire bégudien (toit à - 400 NGF) et l'Urgonien dont la profondeur est difficile à préciser. Rappelons que les calcaires bégudiens s'épaississent d'Ouest en Est et qu'un sondage de reconnaissance des Houillères de Provence (VB 1) a rencontré des venues d'eau artésiennes (8 m^3/h d'écoulement libre en surface) au cours de la foration.

TABLEAU RECAPITULATIF DES RECHERCHES PROPOSEES

PAR ORDRE D' INTERET

(profondeur inférieure à 500 mètres)

—

SITES	DISTANCE AIX (km)	RESERVOIRS	OBJECTIFS	PROFONDEUR TOIT (m)	PROFONDEUR TOTALE (m)	OBSERVATIONS
LA FOUX	10	Berriasien	Berriasien	40	150	
LES PINCHINATS	3	Jurassique sup.	Jurassique sup.	100 - 150	150 - 200	
VALBRILLANT	7	Alluvions Bégudien sup. Urgonien ? Jurassique sup.	Alluvions Bégudien sup.	(0 - 30) 350	500	toit du Jurassique vers 1 200 m
LES INFIRMERIES	2	Alluvions Lutétien Calc. Rognac Bégudien sup.	Alluvions Lutétien Calc. Rognac	(0 - 30) 30 400	450	
LA PALETTE	4	Alluvions Lutétien	Alluvions Lutétien	(0 - 30) 30	150	
PONT DE L'ARC	1	Alluvions Lutétien	Alluvions Lutétien	(0 - 30) 30	150	
PONT DE BAYEUX	6	Alluvions Calc. Rognac Bégudien sup. Urgonien ?	Alluvions Calc. Rognac	(0 - 30) 350	400	en fonction des résultats de Valbrillant
HIPPODROME	3	Alluvions Lutétien	Alluvions Lutétien	(0 - 30) 30 (?)	300	Géophysique préalable
METEOROLOGIE	2	Alluvions Lutétien	Alluvions Lutétien	(0 - 30) 200 (?)	300	- d° -
LES CAZEAUX	9	Urgonien	Urgonien	150 (?)	250	
LES CAGNONS	8	Bégudien sup. Urgonien	Bégudien sup.	?	500 ?	Géophysique préalable et en fonction des résultats de CAZEAUX
EYGUILLES	12	Jurassique sup.	Jurassique sup.	310	500	

7

COUPES GEOLOGIQUES PREVISIONNELLES DES SONDAGES

Pour chaque site de sondage retenu pour l'exécution de travaux il sera nécessaire d'effectuer, au préalable, une coupe géologique prévisionnelle, situant le plus précisément possible les objectifs et définissant la nature des terrains qui seront traversés lors de la reconnaissance; la coupe technique (diamètre de foration et équipements) sera établie en fonction des objectifs et des impératifs techniques de réalisation de l'ouvrage et des pompages d'essai à prévoir. Avant chaque sondage il sera nécessaire d'implanter l'ouvrage sur le terrain afin de se préserver de surprises éventuelles (difficultés d'accès par suite d'urbanisation intensive, de reliefs ou de nuisance éventuelle lors des travaux) et surtout afin de vérifier le contexte géologique local.

Dans la première phase que constitue cette étude, nous avons donné, à titre indicatif, la profondeur des ouvrages de chaque site; celle-ci sera chiffrée, le mieux possible, lorsque les objectifs seront sélectionnés et que la localisation des ouvrages sera définie.

8

COUT ESTIMATIF DES TRAVAUX

Au stade de cette étude de synthèse préliminaire il est difficile de chiffrer le coût de l'ensemble des travaux proposés; celui-ci sera fonction des objectifs qui seront choisis et dont la reconnaissance peut s'effectuer dans des délais plus ou moins longs.

A titre purement indicatif nous signalons que le coût moyen du mètre (équipé) d'un sondage de production d'eau est de l'ordre de 1 000,oo F pour un sondage peu profond (<100 m) et que le prix moyen des ouvrages plus profonds est fonction de nombreux paramètres (profondeur, diamètres du trou, équipements, etc.).

L'ensemble de la reconnaissance s'élèverait à environ 6 000 000,oo F et l'espérance de débit serait de l'ordre de 400 l/s.

CES CHIFFRES N'ONT QU'UNE VALEUR INDICATIVE.

Compte tenu du coût élevé de l'opération nous indiquons, sur un tableau récapitulatif des recherches proposées (cf. ci-contre), la situation respective des réservoirs ainsi que la profondeur totale des sondages de moins de 500 m de profondeur et correspondant à des objectifs de recherche.

9

CONCLUSIONS

Il découle de cette étude les conclusions suivantes:

- la possibilité de trouver, par sondages, des débits très importants aux abords immédiats de la cité d'Aix-en-Provence est faible.

- il sera nécessaire d'effectuer plusieurs ouvrages pour pouvoir espérer obtenir un débit global approchant le débit demandé (12 sites de sondages sont proposés).

- la reconnaissance de certains réservoirs aquifères importants nécessiterait la réalisation de sondages profonds (∿ 1 000 m).

- il est difficile d'augurer du succès de l'ensemble de cette opération et d'estimer, à titre très indicatif, le débit escompté (∿ 400 l/s ? environ, 1 440 m^3/h ?) si l'ensemble des réservoirs est exploré.

- pour réaliser l'ensemble des travaux il faudrait prévoir un investissement élevé difficile à chiffrer au stade de cette étude (de l'ordre de 6 000 KF ?, la reconnaissance des réservoirs profonds étant incluse, ou encore de 3 000 KF pour la reconnaissance des objectifs se situant à une profondeur inférieure à 500 m).

- il faudra sélectionner les objectifs en fonction du potentiel d'utilisation et des crédits disponibles pour l'opération.

- les débits les plus importants peuvent être obtenus à une distance relativement grande de la cité d'Aix-en-Provence (mais encore dans un rayon de 10 km) et parfois en dehors des limites de la commune.

- l'influence des exploitations éventuelles sur les captages des sources avoisinantes ou de puits devra être étudiée au préalable pour chaque cas particulier.

- la plupart des sites de sondages se trouvent au Nord ou au Sud de la cité; les exploitations éventuelles se situant au Nord de la cité pourraient alimenter les quartiers sud de la ville par gravité, tandis que celles se situant au Sud de la cité (vallée de l'Arc) devront être relevées vers les quartiers sud de la cité.

- le problème de l'accessibilité des appareils de forage n'est pas à négliger (reliefs, urbanisation, etc.) ni les préjudices que pourraient subir les riverains (bruit) lors de la phase des travaux.

- la ressource principale est constituée par le réservoir profond du Jurassique du synclinal de l'Arc dont les sorties sont lointaines et probablement sous-marines; leur exploitation ne présenterait pas d'inconvénient ou ne porterait pas de préjudices à des captages virtuels. Le coût d'un sondage, ayant cet objectif, est cependant important.

- le problème du bilan hydrogéologique n'est pas évoqué dans cette étude; il devra faire l'objet d'une étude particulière lorsque la sélection des objectifs sera effectuée.

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

G. DUROZOY - Cl. GOUVERNET - Cl. ROUSSET (1969) - Les exutoires du massif calcaire de Sainte Victoire - Bull. B.R.G.M. 2° série n° 3

G. DUROZOY (1976) - Amélioration, équipement et sauvegarde du champ thermal d'Aix-en-Provence - Rapport B.R.G.M. 76 SGN 558 PRC

G. DUROZOY - A. SYSSAU (1978) - Sondage de reconnaissance n° 1 - transformation en forage d'exploitation, piézomètres de contrôle des nappes - Rapport final de surveillance des travaux - Rapport B.R.G.M. 78 SGN 639 PCA

Cl. ROUSSET (1971) - L'évolution de la Basse Provence occidentale depuis l'Oligocène - C.R. Acad. sc. Paris, t. 272, p. 1606 - 1609 (22.03.1971)

Cl. ROUSSET (1972) - Origine et venue au jour des eaux thermales d'Aix-en-Provence; état actuel de la question - C.R. Acad. sc. Paris, t. 274, p. 1261 - 1264 (28.02.1972)

Cl. ROUSSET (1973) - La faille de la Tour de César, au N.E. d'Aix-en-Provence, sépare l'unité allochtone de l'Arc des plis de la Provence septentrionale; conséquences structurales: le chevauchement nord provençal - C.R. Acad. sc. Paris, t. 277 (3.09.1973)

RAPPORTS E.R.H. (Evaluation des ressources hydrauliques)
Bassin de Gardanne rapport B.R.G.M. SGL 193 PRC (Août 1969)
- d° - rapport B.R.G.M. SGL 269 PRC (Décembre 1969)
Bassin de la Touloubre rapport B.R.G.M. 73 SGN 326 PRC (Octobre 1973)

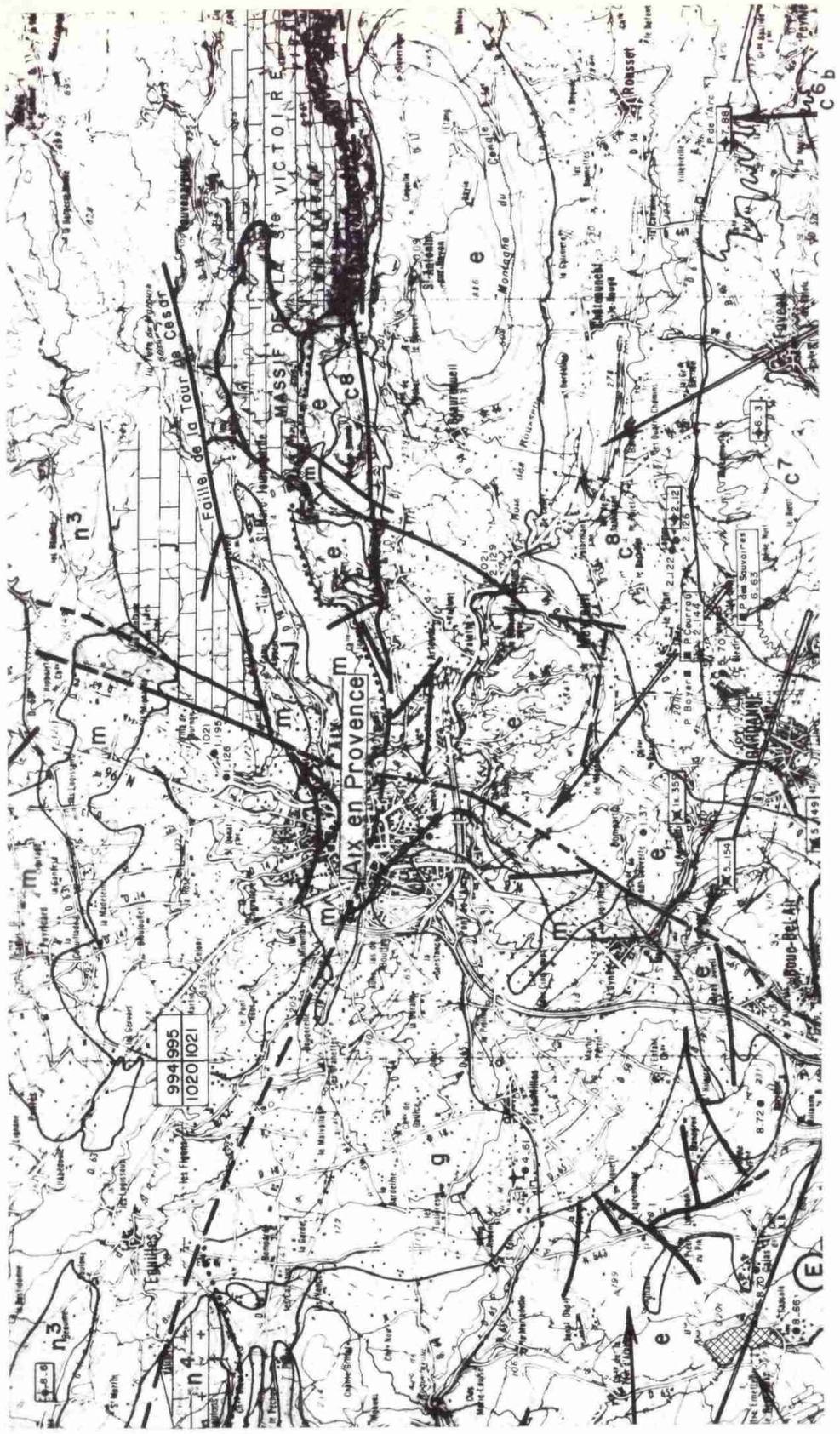
RECHERCHE D'UN DEBIT COMPLEMENTAIRE
POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DE LA VILLE D'AIX EN PROVENCE

CARTE GEOLOGIQUE

Echelle 1/100.000

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

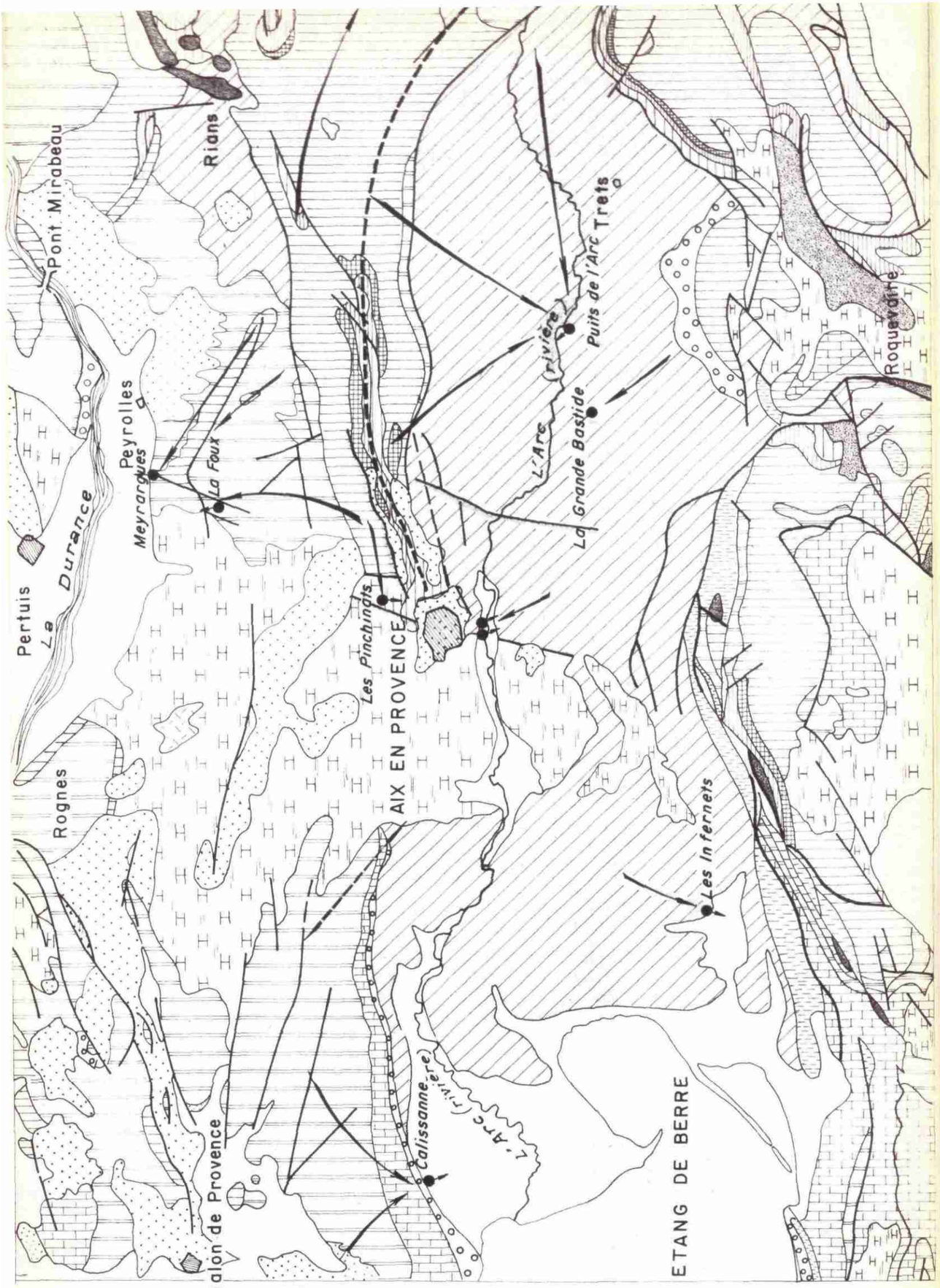
Annexe n° 1	MODIFICATIONS
Dessiné en : Août 1980	
80 SGN 544 PAC	



RECHERCHE D'UN DEBIT COMPLEMENTAIRE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE D'AIX EN PROVENCE

CARTE SCHEMATIQUE DES CIRCULATIONS SOUTERRAINES

Echelle 1 / 200,000



- Quaternaire
- Basalte récent
- Mio Pliocène
- Oligocène
- Eocène et Crétacé supérieur continental
- Crétacé supérieur marin
- Crétacé moyen (Gargasien à Cénomanien)
- Faciès urgonien Crétacé inférieur
- Jurassique supérieur calcaire (Lusitanien à Portlandien)
- Callovo-Oxfordien Bathonien-Bajocien
- Lias
- Trias

------ Ligne de partage des eaux souterraines

La Foux — Source importante

Direction d'écoulement des eaux souterraines

Faille

Planche n° 2	
Dessiné en : Août 1980	
80 SGN 544 PAC	BRGM _ SGR-PAC

RECHERCHE D'UN DEBIT COMPLEMENTAIRE
POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DE LA VILLE D'AIX EN PROVENCE

STRUCTURES GEOLOGIQUES
ET LOCALISATION DES SITES DE SONDAGES PROPOSES

Echelle 1/50.000

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

Planche n° 3	MODIFICATIONS
Dessiné en Août 1980	
80 SGN 544 PAC	

LEGENDE

- ① Sites des sondages proposés
- Zone de protection thermale supposée
- Source
- Direction d'écoulement des circulations souterraines
- Faille principale

N.B. La zone ③ se situe en dehors des limites de cette carte (voir Planche I_ sondage 994. 8.6)