



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE



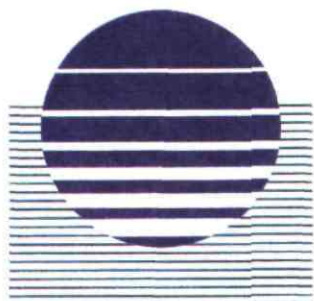
DOCUMENT PUBLIC

le bassin de Thau (Hérault)

synthèse des connaissances
géologiques et hydrogéologiques

Pierre BERARD

juillet 1995
R38538



BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

Étude réalisée dans le cadre des
actions de service public du BRGM

95-D-516

BRGM
Service Géologique Régional
Languedoc-Roussillon
1039, rue de Pinville
34000 MONTPELLIER - Tél : 67.15.79.80

RESUME

Le présent rapport a été réalisé par le BRGM à la demande de la DIREN Languedoc-Roussillon sur financement du Ministère de l'Environnement dans le cadre de son Programme de protection des eaux souterraines (PPES) et du Ministère de l'Industrie.

Il a pour objectif d'une part de faire le point des connaissances acquises sur le problème des eaux souterraines qui sont en relation avec le Bassin de Thau et d'autre part, sur cette base, de proposer les études complémentaires jugées nécessaires pour améliorer ces connaissances dans un but final de gestion concertée de l'ensemble des ressources en eau. Parallèlement, le Bureau d'études ASCA a réalisé une étude concernant les aspects socio-économiques de la même zone.

Le Bassin de Thau, qui a fait l'objet de multiples études et travaux visant à améliorer la qualité des eaux de l'étang, a une vocation prioritaire affirmée : la pisciculture et la conchyliculture.

Dans le cadre du Contrat de Baie, des actions concrètes ont porté sur l'identification des secteurs d'activités susceptibles de générer des pollutions et sur l'amélioration des conditions de traitement des eaux usées dans le bassin versant.

Les eaux souterraines, moins bien connues, sont pourtant bien représentées avec la nappe alluviale de l'Hérault, les aquifères plio-quadernaires dont la nappe de l'Astien, l'aquifère Miocène du bassin de Montbazin-Gigean, les aquifères plus modestes de l'Eocène et du Crétacé du bassin de Villeveyrac, et enfin l'aquifère karstique du Pli de Montpellier-Ouest qui affleure au Causse d'Aumelas et à la Montagne de la Gardiole, et qui se prolonge en nappe captive sous les unités précédentes.

En partie Nord-Est de l'Etang, des conflits d'usages sont apparus entre l'utilisation des eaux thermales et minérales d'origine profonde pour les établissements de Balaruc-les-Bains, troisième station thermale de France, les exploitations d'eaux saumâtres tièdes pour l'aquaculture, et des eaux douces et froides pour l'alimentation en eau potable.

Des interventions humaines sur la source sous-marine de la Vise ont été à l'origine de désordres constatés sur les forages hydrothermaux et sur le captage de Cauvy (AEP). Les eaux souterraines sont ici en équilibre fragile entre elles, et avec également les eaux salées et froides de l'étang.

La surexploitation de chaque réservoir, liée à des besoins en eau thermique et en eau domestique croissants, conduit à la détérioration de la qualité physico-chimique des eaux, aggravée par de fréquentes pollutions bactériologiques.

Dans ce cadre, l'étude réalisée a consisté en une synthèse des connaissances actuelles sur les plans géologique et hydrogéologique, fondée d'une part sur les très nombreux documents disponibles, d'autre part sur des visites de terrain.

A l'issue de cette synthèse, la nécessité d'une appréhension globale de la connaissance des différents systèmes aquifères concernés et de leur fonctionnement hydraulique a été mise en évidence. Cette connaissance synthétique apparaît maintenant d'autant plus nécessaire qu'aux problèmes bien identifiés de la partie Nord-Est de l'étang, on peut ajouter les difficultés d'exploitation de la bordure orientale de la Gardiole depuis Balaruc jusqu'à son extrémité Nord-Est où le karst est fortement sollicité, le constat d'une salinisation de la nappe à Frontignan et à Vic-la-Gardiole, ayant conduit à l'abandon du forage AEP de Karland, etc.

Des propositions d'actions sont donc proposées, qui comprennent en particulier des traçages, un suivi de l'évolution piézométrique, une quantification des prélèvements.

SOMMAIRE

	Pages
Résumé	
1. Présentation	1
2. Caractéristiques générales	2
2.1. Contexte géographique et climatique	2
2.2. Répartition des populations et activités principales	4
2.3. Particularités géologiques et structurales	8
2.3.1. Résultats des forages profonds	8
2.3.2. Lithostratigraphie et épaisseur des séries	10
2.3.3. Structures tectoniques	11
2.4. Les principales unités hydrogéologiques	12
3. Les différents types d'eau et leurs usages	15
3.1. Les eaux de surface de l'Etang de Thau	15
3.2. Les eaux souterraines captées pour l'eau potable	18
3.3. Les eaux thermales et minérales	18
3.4. Les autres usages	19
3.5. Remarques sur la qualité des eaux	19
4. Etat actuel des connaissances et fonctionnement des aquifères	20
4.1. Descriptif adopté	20
4.2. Le karst jurassique du Pli de Montpellier-Ouest	21
4.3. Les unités Crétacé à Miocène	30
4.4. La terminaison orientale de la nappe de l'Astien	30
4.5. La nappe alluviale de l'Hérault	32
5. Analyse de cas spécifiques	33
5.1. Interactions et interférences au NE du Bassin de Thau	33
5.2. Progression du biseau salé	38
5.3. Vulnérabilité des aquifères	39
5.4. Relations nappes-étang	39
6. Actions préconisées	41

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le Bassin de Thau.....	3
Figure 2 : Les communes du Bassin de Thau.....	5
Figure 3 : Evolution de la population entre 1982 et 1990.....	7
Figure 4 : Carte du potentiel hydrothermal de l'Hérault (1984 avec situation des forages pétroliers)	9
Figure 5 : Les unités hydrogéologiques du Bassin de Thau.....	13
Figure 6 : Bassin versant superficiel et réseau hydrographique	16
Figure 7 : Les principales communications en liaison avec l'étang de THAU.....	17
Figure 8 : Le karst jurassique du Pli de Montpellier Ouest (Echelle 1/100 000)	22
Figure 9 : Prolongation sous couverture du karst jurassique du Pli de Montpellier.....	23
Figure 10 : Modélisation du système karstique : bilan des débits et répartition des perméabilités.....	25
Figure 11 : Modélisation du système karstique.....	26
Figure 12 : Coupe géologique au droit de la presqu'île de Balaruc.....	34
Figure 13 : Evènement du 7 octobre 1993 sur la Vise : enregistrement par les Thermes de Balaruc en F2 et en F5.....	36
Figure 14 : Evolution des niveaux d'eau aux forages F3 et F2c en septembre-octobre 1993.	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution de la population du Bassin de THAU entre 1982 et 1990 (données INSEE)	6
Tableau 2 : Inventaire des circulations d'eau souterraine démontrées par traçages sur le Causse d'Aumelas et la Gardiole	28
Tableau 3 : Débit des sources karstiques pérennes et temporaires.....	29
Tableau 4 : Actions préconisées dans le Bassin de Thau	42

1. PRESENTATION

Le milieu lagunaire de l'étang de Thau est un milieu vivant et productif. Les activités de pêche et de conchyliculture y sont prioritaires.

D'autres acteurs économiques en développement pour certains, en régression pour d'autres, interviennent sur les rives de l'étang. Ce sont les ports de pêche et de plaisance, les industries, le thermalisme, le tourisme, les axes de communication, les agriculteurs, les agglomérations... qui affichent des besoins en eau croissants et à qui on demande la mise en oeuvre de mesures de protection efficaces de façon à maintenir ici un environnement de bonne qualité.

Les interactions entre les eaux de surface de diverses origines susceptibles de véhiculer des pollutions saisonnières ou accidentelles, les interférences entre les différents réservoirs d'eaux souterraines contenant des eaux douces et des eaux minéralisés, la présence d'un biseau salé, constituent un équilibre fragile dont chaque usager est à la fois bénéficiaire et responsable.

Les conflits d'usages sont aigus pour le secteur Nord-Est de l'Etang où les besoins pour l'alimentation en eau potable, pour le thermalisme, pour l'aquaculture passent par une gestion rigoureuse de l'exploitation des eaux souterraines, par la réalisation d'équipements adaptés à la protection efficace de la ressource, par l'instauration d'un suivi en continu des paramètres mesurables in-situ en une dizaine de points les plus caractéristiques.

Les éléments concrets, analysables en temps réel, de fonctionnement normal avec périodes d'étiages, de moyennes eaux, et de crues, font cependant défaut.

La DIREN Languedoc-Roussillon consciente de ces conflits d'usages de l'eau dans le bassin lui-même et à proximité de celui-ci a jugé utile la réalisation de deux études à mener de façon complémentaire :

- par le Bureau d'Etudes ASCA, pour ce qui concerne les aspects socio-économiques et pour favoriser le dialogue entre les différents acteurs du site et du bassin versant,
- par le Service Géologique Régional du BRGM de Montpellier, pour traiter des volets géologiques et hydrogéologiques.

A partir de très nombreux documents répertoriés, le présent rapport expose les résultats de la synthèse des connaissances hydrogéologiques actuelles de façon à poser les problèmes réels concernant l'utilisation des eaux souterraines, les éléments de la géométrie et de la structure des réservoirs, le fonctionnement hydrodynamique des aquifères et la qualité physico-chimique des eaux. A la suite de cette synthèse, une première série d'actions concrètes est proposée.

La présente étude a été réalisée avec des financements du Ministère de l'Environnement dans le cadre du Programme de protection des eaux souterraines (PPES) et du Ministère de l'Industrie.

2. CARACTERISTIQUES GENERALES

2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

Le Bassin de Thau représente avec son bassin versant commandé par le réseau hydrographique et le relief, une superficie totale de 400 km² dont 75 km², soit 7 500 hectares, occupés par l'Étang lui-même. Avec les systèmes aquifères qui participent indirectement à la dynamique des eaux de l'étang incluant notamment l'Astien, le Plio-quatenaire, la Gardiole et le Causse d'Aumelas, cette superficie est portée à 650 km².

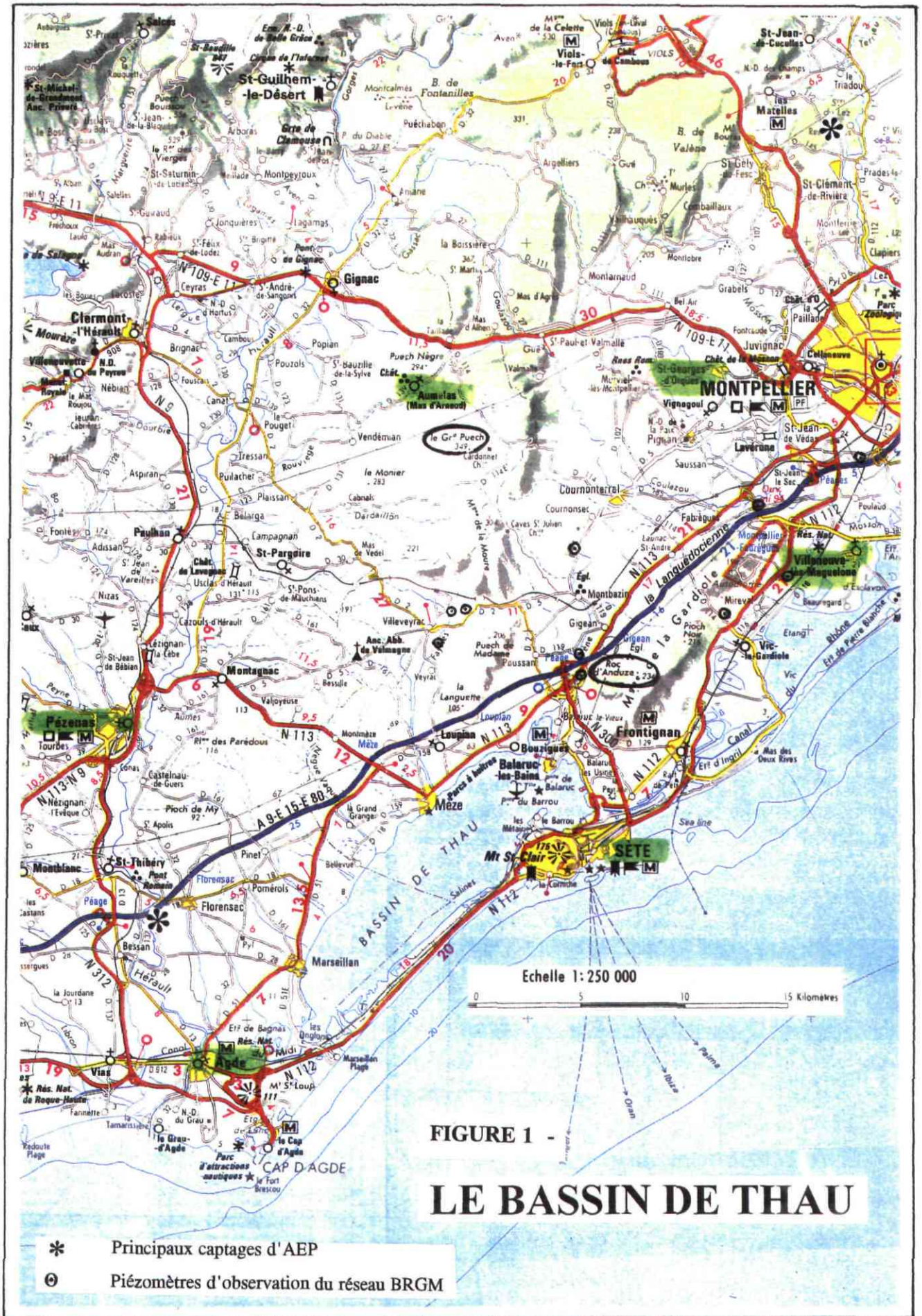
La synthèse bibliographique a débordé sensiblement ce cadre en particulier vers l'Ouest en y incluant la basse Vallée de l'Hérault et vers le Nord-Est avec la prise en compte partielle des bassins versants du Coulazou et de la Mosson.

Sur la figure 1 à 1/250 000, est située la zone étudiée entre Agde et Pézenas à l'Ouest pour la Vallée de l'Hérault, la route nationale RN 109 de Montpellier à Lodève au Nord, le secteur de St-Georges-d'Orques à Lattes au NE, et enfin, le cordon littoral de la Méditerranée au SE, depuis Villeneuve-Lès-Maguelonne jusqu'à Agde. On distingue les éléments géographiques suivants :

- La bordure littorale est marquée par la présence des étangs de l'Amel, de Vic-la-Gardiole, d'Ingril, de Thau et de Bagnas en arrière du cordon littoral le plus souvent sableux. De ce cordon, émerge le Mont-St Clair à Sète, colline calcaire dans le prolongement de la Gardiole, et le Cap d'Agde à matériel volcanique en particulier au Mont-St Loup.
- La Montagne de la Gardiole orientée NE-SW se développe sur 18 km de long et 3 à 5 km de large. Elle occupe une superficie de 75 km² et culmine au Roc d'Anduze à 234 m, au SE de Gigean.
- Le bassin de Montbazin-Gigean s'étend depuis la Mosson au NE jusqu'à la Crique de l'Angle au SW, sur une longueur de 15 à 20 km, avec une largeur moyenne de 4 à 5 km. Sa superficie est de 90 km² et son altitude moyenne est de 30 à 40 m.
- Le Causse d'Aumelas au Nord de Courmonterral culmine à 349 m au Grand Puech. Il se poursuit vers le Sud par la Montagne de la Moure et vers le NE par la Garrigue de Tamareau. Sa superficie est de l'ordre de 190 km².
- Le Bassin de Villeveyrac puis la Basse plaine de l'Hérault sont représentés d'abord par des collines en "auréoles" concentriques qui ennoient les calcaires jurassiques entre Mèze et Montagnac, jusqu'à Plaissan au Nord, puis par les plaines allant de Marseillan à Florensac et Castelnau-de-Guers, qui se raccordent vers l'Ouest à la Vallée de l'Hérault.

Pour ce qui concerne la végétation, cette zone d'étude est occupée :

- pour les secteurs calcaires, par de larges espaces de garrigues à chênes et épineux,
- pour les secteurs de plaines et de collines, par des cultures où domine la vigne, y compris sur la frange littorale.



Le climat est de type méditerranéen avec des étés chauds et secs, des hivers doux, des épisodes pluviométriques concentrés à l'automne et au début du printemps. Les précipitations sont sensiblement plus faibles sur le littoral avec 570 à 590 mm à Villeneuve-Lès-Maguelonne et à Sète; elles passent entre 650 et 700 mm à Pézenas, à Gigan et à Montarnaud. Les températures moyennes sont comprises entre 4°C et 12°C de novembre à avril, et entre 17°C et 24°C de mai à octobre, avec les maxima en juillet et août.

Les températures élevées, à l'origine d'une très forte évaporation et évapotranspiration, et les modestes précipitations avec toutefois de grandes variations saisonnières et interannuelles, sont à l'origine de précipitations efficaces épisodiques et réduites.

Pour les aires d'alimentation lapiazées des systèmes karstiques, on remarque que les pluies participent à la recharge de la nappe, même si elles sont isolées, dès lors qu'elles dépassent 10 mm, observation qui avait été faite également sur le bassin versant du Lez.

2.2. REPARTITION DES POPULATIONS ET DES ACTIVITES PRINCIPALES

Le Bassin de Thau rassemble autour de ses rives, les principales villes et l'essentiel de la population avec Sète, Marseillan, Mèze, Loupian, Bouzigues, Poussan, Balaruc-le-Vieux, Balaruc-les-Bains et Frontignan. Sur les 39 communes que nous avons répertoriées (figure 2), et en y ajoutant Agde, à vocation littorale très marquée, la "population côtière" de ces 10 villes représente 100 000 habitants permanents, et donc 60 % de la population totale du Bassin de Thau.

Cette population totale était de 142 000 habitants en 1982, elle est passée à 169 000 habitants au dernier recensement de 1990, en augmentation de 19 %. (Tableau 1).

Il faut rappeler les variations à la baisse pour seulement 4 communes de l'arrière-pays (limitées à -78 habitants), et les variations à la hausse remarquées sur 90 % des communes. Cette progression qui se chiffre en 9 ans à 27 135 habitants, représente donc un solde positif de 3 000 habitants par an.

Les communes en plus forte expansion sont celles du littoral, y incluant vers le Nord, Vic-la-Gardiolle, Mireval (population doublée), Villeneuve-Lès-Maguelonne et Lattes. La croissance est également forte pour la "deuxième ceinture" montpelliéraine avec St Paul-et-Valmalle, Murviel-les-Montpellier, Courmonterral, Courmonsec, Fabrègues et Saussan (figure 3).

Les activités essentielles dans ces secteurs sont celles liées à la pisciculture et à la conchyliculture, au secteur portuaire et au tourisme, au thermalisme avec Balaruc-les-Bains, la troisième station de France pour la fréquentation (35 000 curistes), à l'agriculture surtout tournée vers la viticulture, et à l'industrie en régression sensible.

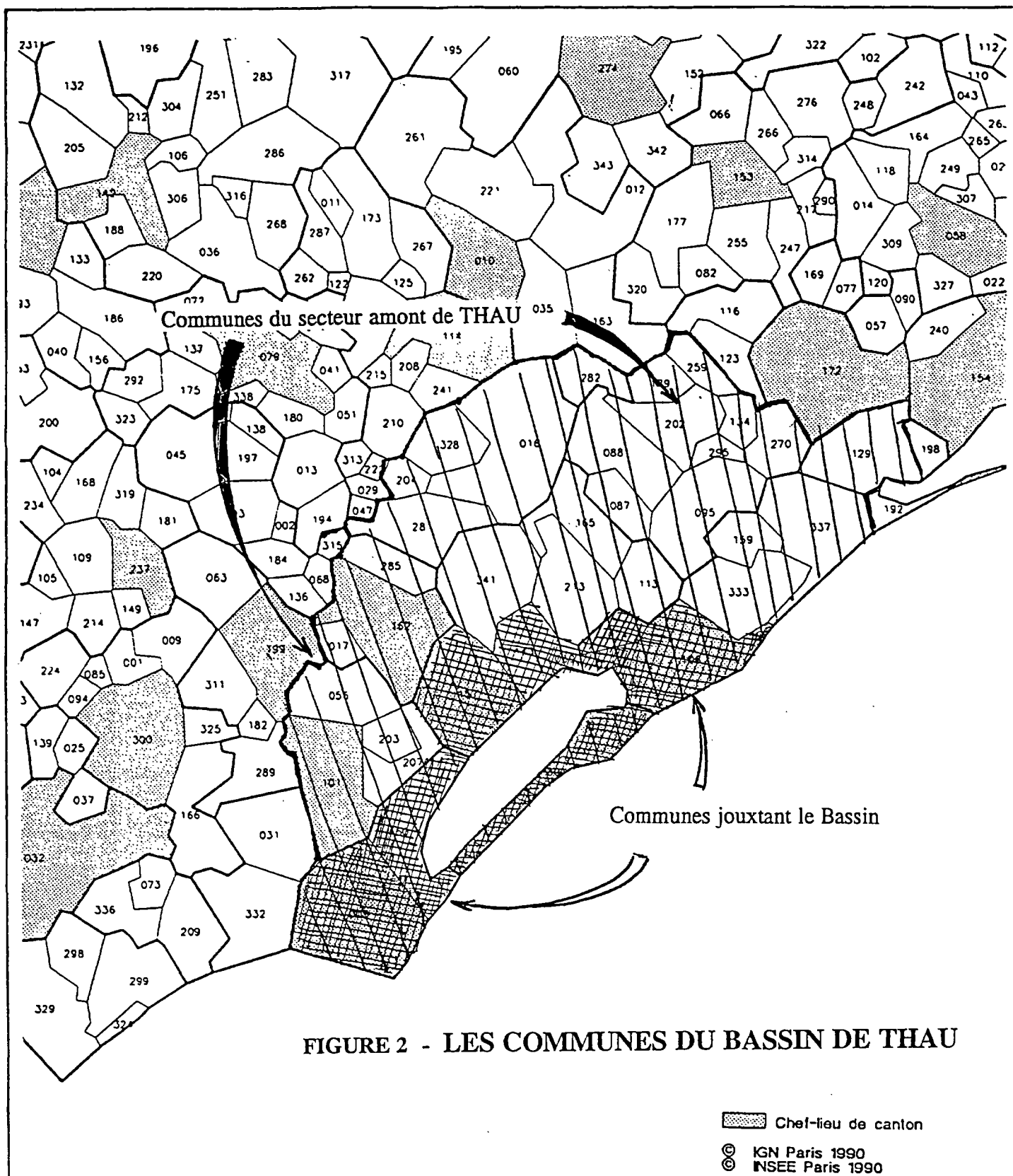
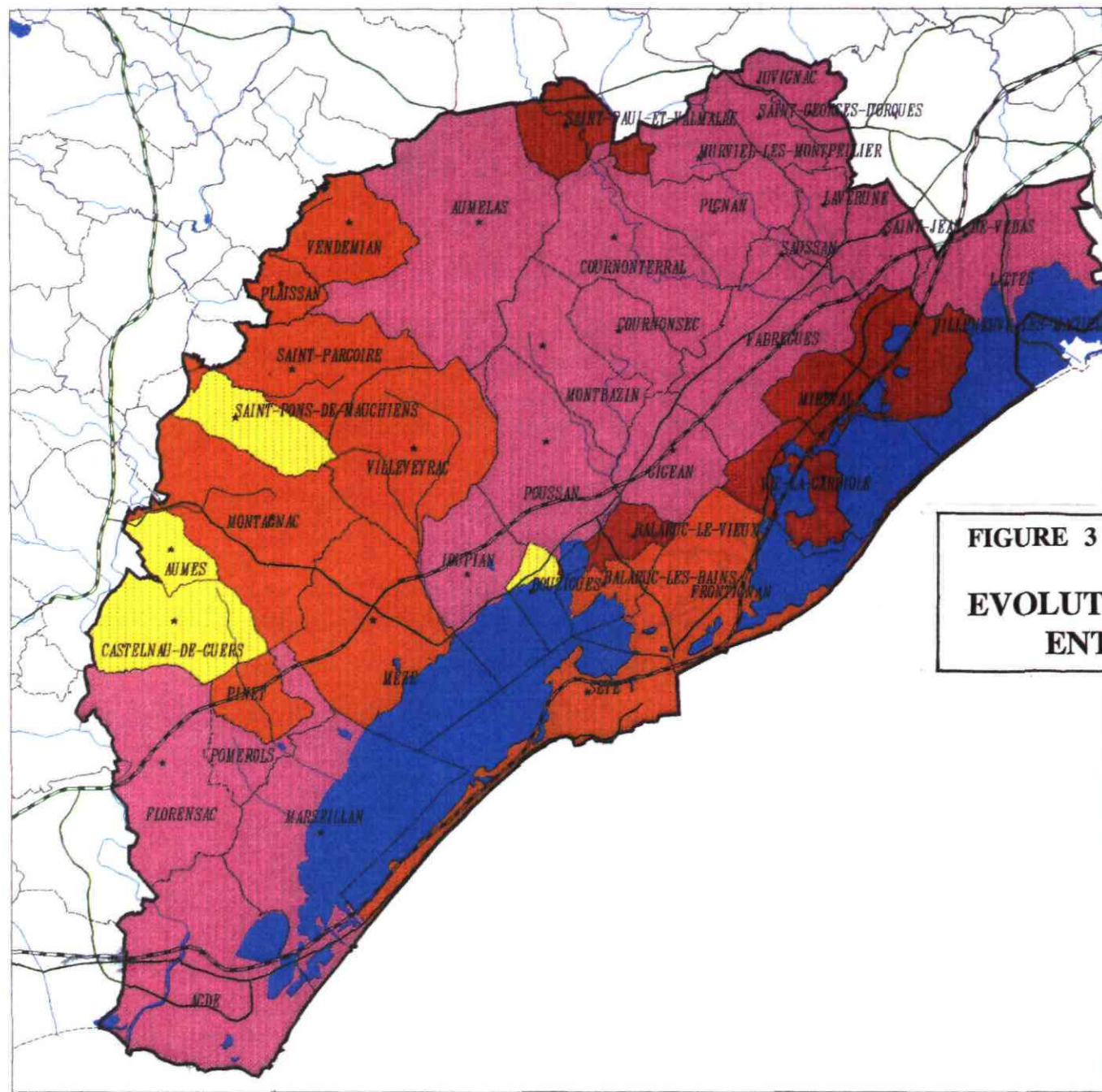


FIGURE 2 - LES COMMUNES DU BASSIN DE THAU

**Tableau 1 - EVOLUTION DE LA POPULATION DU BASSIN DE THAU
ENTRE 1982 ET 1990 (Données INSEE)**

N°	Commune	Population totale		Variations/9ans			
		1982	1990	augm.	%	baisse	%
3	AGDE	13107	17583	4476	1,34		
16	AUMELAS	245	332	87	1,36		
17	AUMES	286	268			-18	0,94
23	BALARUC-LES-BAINS	4369	5013	644	1,15		
24	BALARUC-LE-VIEUX	701	1065	364	1,52		
39	BOUZIGUES	945	907			-38	0,96
56	CASTELNAU-DE-GUERS	886	876			-10	0,99
87	COURNONSEC	856	1122	266	1,31		
88	COURNONTERRAL	3062	4095	1033	1,34		
95	FABREGUES	2915	4089	1174	1,40		
101	FLORENSAC	3064	3583	519	1,17		
108	FRONTIGNAN	14951	16245	1294	1,09		
113	GIGEAN	2021	2529	508	1,25		
123	JUVIGNAC	3488	4221	733	1,21		
129	LATTES	8154	10203	2049	1,25		
134	LAVERUNE	1752	2090	338	1,19		
143	LOUPIAN	1113	1289	176	1,16		
150	MARSEILLAN	4039	4950	911	1,23		
157	MEZE	5742	6502	760	1,13		
159	MIREVAL	1105	2355	1250	2,13		
162	MONTAGNAC	2897	2953	56	1,02		
165	MONTBAZIN	1377	2062	685	1,50		
179	MURVIEL-LES-MONTPELLIER	687	935	248	1,36		
202	PIGNAN	3319	4097	778	1,23		
203	PINET	827	904	77	1,09		
204	PLAISSAN	597	616	19	1,03		
207	POMEROLS	1180	1584	404	1,34		
213	POUSSAN	2728	3505	777	1,28		
259	ST-GEORGES-D'ORQUES	2727	3567	840	1,31		
270	ST-JEAN-DE-VEDAS	4284	5390	1106	1,26		
281	ST-PARGOIRE	1209	1252	43	1,04		
282	ST-PAUL-ET-VALMALLE	385	593	208	1,54		
285	ST-PONS-DE-MAUCHIENS	411	399			-12	0,97
295	SAUSSAN	808	1166	358	1,44		
301	SETE	39545	41510	1965	1,05		
328	VENDEMIAN	536	589	53	1,10		
333	VIC-LA-GARDIOLE	827	1607	780	1,94		
337	VILLENEUVE-LES-MAGUELONNE	3003	5081	2078	1,69		
341	VILLEVEYRAC	1686	1842	156	1,09		
	TOTAL	141834	168969	27213	1,19	-78	0,00
	Solde positif de 27 135 habitants soit + 19%, soit + 3 000 hab/an						



Legende

- Entre -6 et 0 % ← Diminutions
 - Entre 0 et 15 %
 - Entre 15 et 50 %
 - Plus de 50 %
- } Accroissements

**FIGURE 3 -
EVOLUTION DE LA POPULATION
ENTRE 1982 ET 1990**



2.3. PARTICULARITES GEOLOGIQUES ET STRUCTURALES

2.3.1. Résultats des forages profonds

Dans le secteur de Murviel-les-Montpellier, le Lias mameux représente le substratum imperméable des séries de calcaires et dolomies du Jurassique moyen et supérieur. Il apparaît en fenêtre anticlinale. C'est la série la plus ancienne identifiée au sein du Pli de Montpellier, que l'on retrouve dans son prolongement vers l'Ouest au Mas de Védas et à Valmalle.

Le forage de Murviel 1, d'une profondeur de 1 444 m, recoupe les formations bréchiques du Vitrollien sous les dolomies de l'Hettangien. Il a traversé les marnes du Lias (Domérien et Toarcien) sur une épaisseur de 660 m.

Dans l'axe du Massif de la Gardiole, à 3 km au SE de Gigean, le sondage Gardiole 1 traverse le Callovien et le Bathonien, série qui se redouble à 540 m, puis a traversé des calcaires à chailles et à entroques, et enfin des marnes gréseuses à 880 m. L'Aalénien est atteint à 1 100 m, lui fait suite le Lias mameux du Toarcien (1 365 m) et du Domérien (1 495 m), puis le contact anormal des marnes, grès et gypse du Trias reposant sur les schistes ordoviciens à 1 802 m.

Vers l'Ouest, le forage de Castelnau-de-Guers, Castelnau 2, avec une profondeur de 3 806 m, indique une série carbonatée de l'Hettangien-Sinemurien, épaisse de 700 m, entre 2 200 et 2 905 m au-dessus du Trias. Les formations calcaires et dolomitiques du Jurassique moyen et supérieur y sont traversées entre 900 et 1 615 m, soit sur 715 m, séparées par les calcaires mameux du Callovien entre 1 280 et 1 350 m. Le toit est composé par les formations argilo-mamo-gréseuses du Crétacé supérieur (épaisseur : 900 m).

A Pézenas, les calcaires du Jurassique supérieur sont atteints entre 420 et 700 m de profondeur. Plus au Sud, le sondage de Valensac 1 (profondeur : 4 758 m) a traversé l'Astien sur 46 m, puis les formations du Pliocène au Crétacé supérieur sur 520 m, avant d'atteindre les dolomies du Jurassique moyen et supérieur traversées entre 565 et 890 m : (puissance de 325 m), dont 200 m en perte.

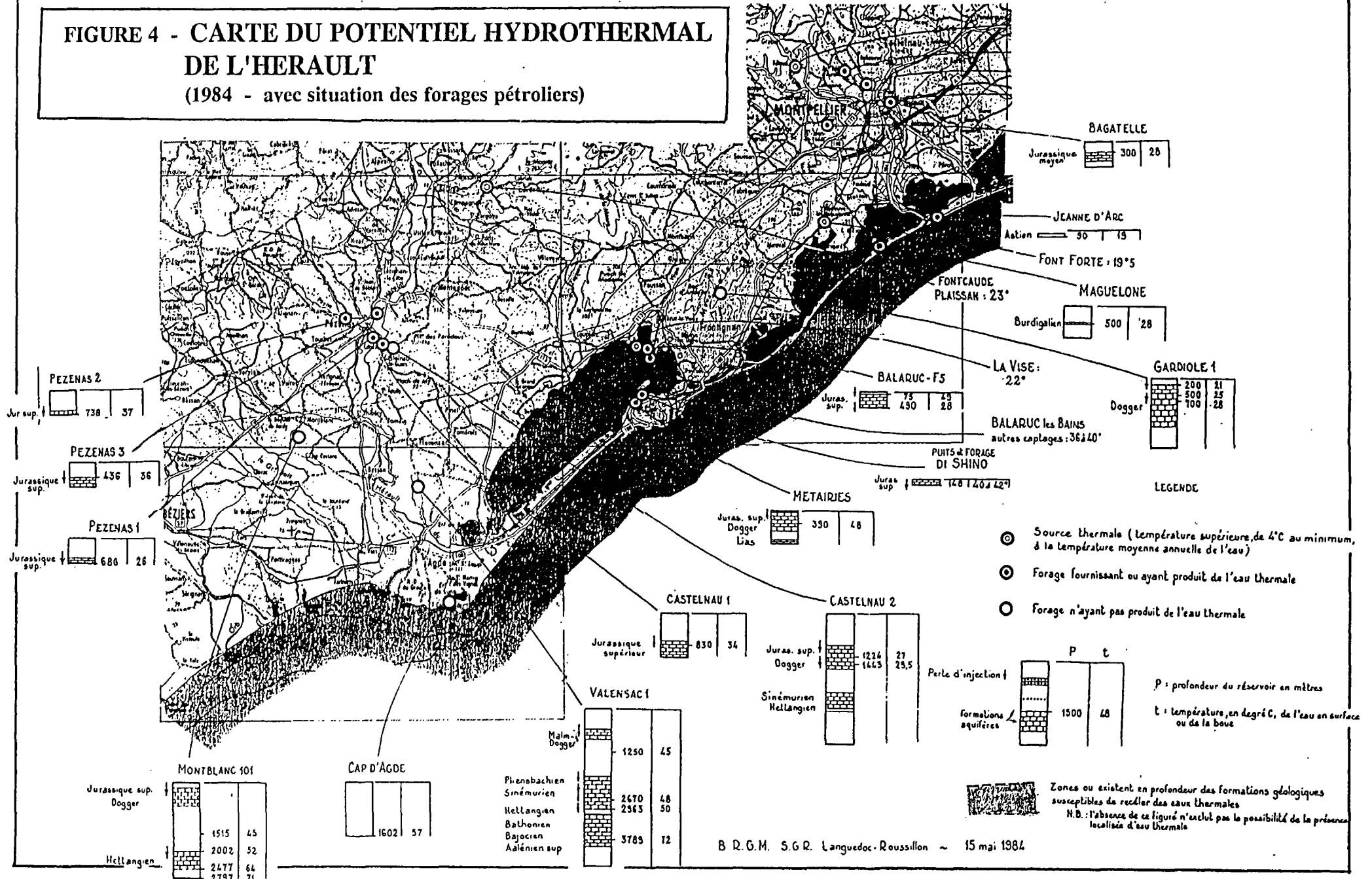
Ces forages, effectués dans le cadre des recherches pétrolières, sont indicatifs de la complexité des structures profondes qui résultent de la tectonique tangentielle ayant affecté le Pli de Montpellier. Ils permettent l'identification du réservoir jurassique à l'affleurement et sous couverture. Celui-ci se prolonge vers l'Ouest, sous les séries du Crétacé, à des profondeurs accessibles pour les recherches d'eau : à moins de 1 500 m.

Ils indiquent une épaisseur des réservoirs karstiques comprise entre 300 et 750 m pour les séries du Jurassique supérieur et moyen. Ces épaisseurs sont plus fortes sous couverture qu'à l'affleurement où les formations carbonatées ont été soumises à tous les types d'altération et d'érosion.

L'extrait de carte d'un rapport BRGM de 1984 portant sur le potentiel hydrothermal de l'Hérault situe certains de ces ouvrages, avec d'autres résultats indicatifs de la puissance et de la profondeur du réservoir qui a été atteint ou sollicité (figure 4).

Le modèle mathématique établi également par le BRGM en 1988 et actualisé en 1990, prend en compte ces données en faisant figurer les hydrohypes du toit des calcaires jurassiques sous couverture entre Villeveyrac et les secteurs de Pézenas à St Thibéry.

FIGURE 4 - CARTE DU POTENTIEL HYDROTHERMAL DE L'HERAULT (1984 - avec situation des forages pétroliers)



2.3.2. Lithostratigraphie et épaisseur des séries

- **Le Jurassique moyen et supérieur**

Les formations calcaires et dolomitiques du Lias (Rhétien et Hettangien) ne sont pas décrites parce que situées à trop grandes profondeurs sous les marnes du Domérien, Toarcien et Aalénien.

Le Jurassique moyen calcaire et dolomitique, dont l'épaisseur va de 300 à 500 m, est séparé du Jurassique supérieur essentiellement calcaire par plusieurs niveaux de calcaires argileux et de marnes. Les formations susceptibles d'être karstifiées dans les séries du Jurassique supérieur allant du Callovien au Portlandien représentent une épaisseur comprise entre 300 et 400 m.

- **Le Crétacé supérieur et l'Eocène-Oligocène**

Après l'épisode du dépôt des bauxites sur une épaisseur de 4 à 12 m, (Crétacé continental) au toit des calcaires et dolomies émergées et karstifiées, on a, dans le secteur de Villeveyrac, une sédimentation de grès, de marnes et de conglomérats, puis de calcaires du Bégudo-Rognacien et de l'Eocène, dont l'épaisseur peut dépasser 1 100 m (forage de la Castillonne).

Aux dépôts de calcaires lacustres du Lutétien succèdent les formations détritiques et conglomératiques ou bréchiques de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène. Elles se terminent par des calcaires lacustres et des marnes ligniteuses.

- **Le Mio-Pliocène**

Les marnes, grès et poudingues de l'Aquitaniens sont recouverts par les séries transgressives marines du Burdigalien composées de calcaires molassiques ou gréseux, puis par les marnes bleues argilo-sableuses de l'Helvétien, notamment dans le bassin de Montbazin-Gigean.

Les argiles grises du Plaisancien qui succèdent à la grande régression messinienne sont ensuite surmontés par les sables jaunes avec passées gréseuses indurées de l'Astien d'une part vers Fabrègues et Villeneuve-Lès-Maguelonne au NE avec les "sables de Montpellier", d'autre part à partir de Mèze et de Sète, vers St-Thibéry au NW de l'Etang de Thau, et vers Agde-Valras à l'Ouest avec la "Nappe de l'Astien" s.s.

Le Pliocène continental ou lagunaire : calcaires lacustres, cailloutis, sables et graviers, repose indifféremment sur ces sables. Il est surmonté par des placages d'argiles rouges et de brèches du Quaternaire.

- **Le Quaternaire : les alluvions et le volcanisme**

Aux cailloutis "Villafranchiens" composés d'alluvions fluviales disséquées par l'érosion, succèdent en terrasses étagées, les alluvions anciennes parfois rubéfiées. Elles sont recouvertes par les alluvions récentes qui occupent le fond de la vallée de l'Hérault, sur une épaisseur de 10 à 35 m, et, qui sont présentes avec une moindre épaisseur dans les vallées de la Vène, du Pallas, du Nègues Vaques et des autres affluents qui débouchent directement dans l'Etang de Thau.

Les formations volcaniques basaltiques d'Agde, avec des dépôts de tufs, des coulées et des scories, sont postérieures au Villafranchien et donc Quaternaires. Les mesures d'âge absolu situent les épisodes éruptifs entre 1 million d'années et 700 000 ans pour les éruptions les récentes.

Sur le littoral, les sables dunaires et marins forment un cordon de 100 à 500 m de large, inexistant cependant à Sète et au droit des falaises du Cap d'Agde.

2.3.3. Structures tectoniques

La structure des réservoirs aquifères est d'autant plus complexe que les unités géologiques sont plus anciennes, l'épisode tectonique majeur étant celui lié aux mouvements tangentiels de la fin de l'Eocène qui correspondent à la phase pyrénéenne.

D'autres phases orogéniques antérieures ou postérieures à l'Eocène, ainsi que les nombreuses phases d'émersions et de transgressions marines, ont eu des incidences supplémentaires plus réduites du point de vue de la tectonique, mais qui ont pu être fondamentales sur le fonctionnement hydrodynamique des aquifères. Elles sont à l'origine de fissurations, de plissements, de fracturations, et de processus de karstification ou, éventuellement de colmatages.

Le "Pli de Montpellier" caractérise la structure chevauchante qui a intensément plissé les formations érodées et nivelées du Jurassique supérieur et moyen. Les chevauchements et écaillages sont dirigés du SE vers le NW affectant les séries du Rognacien et du Vitrollien entre Grabels et St-Paul-et-Valmalle. Ces mouvements tangentiels viennent pour l'essentiel d'un décollement sur les argiles salifères du Trias, avec une flèche de plus de 10 km vers le Nord.

On leur associe la structure anticlinale, plissée et compartimentée de la Gardiole qui se prolonge au SW par le Mont-St Clair à Sète, et au NE par le haut-fond du Pont Trinquat sous les niveaux plio-quaternaires.

Vers le NW, les unités structurales des affleurements du Crétacé supérieur et de l'Eocène, soumises à la tectonique pyrénéenne, sont représentées par le synclinal de Villeveyrac - Valmagne d'axe WNW-ESE, qui s'enfonce à l'Ouest sous les formations oligocènes transgressives, et par l'anticlinal de Castelnau-de-Guers NW-SE, dissymétrique et déversé vers le Nord.

A l'Oligocène, un réseau de failles normales NNE-SSW résultant d'une phase de distension est à l'origine de nombreux fossés d'effondrement dont celui de Montbazin-Gigean, qui sépare le Causse d'Aumelas au Nord, de la Montagne de la Gardiole au Sud.

La régression de la mer Méditerranée et même son assèchement à la fin du Miocène caractérisent l'épisode dit de "crise de salinité messinienne". Il est à l'origine du creusement de vallées très profondes, formant des rias étroites. Comme indiqué ci-avant, au Pliocène les argiles gris-bleu du Plaisancien s'y déposent, surmontées par les sables de l'Astien.

2.4. LES PRINCIPALES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

La synthèse hydrogéologique de la région Languedoc-Roussillon établie en 1985, définit sur les documents cartographiques à 1/250 000 (figure 5) et à 1/100 000 les limites des systèmes aquifères concernés par notre étude.

Pour le secteur du Bassin de Thau, nous avons les 7 unités suivantes :

- 334 - Alluvions de l'Hérault

Représentée par les sables, graviers et galets de l'Hérault recouverts par des limons, cette unité se situe dans le secteur aval de ce système en position semi-captive. La puissance de cet aquifère va de 1 à 35 m. Les caractéristiques hydrodynamiques sont excellentes, avec des porosités de 2 à 10 %, et des transmissivités de 10^{-1} à 10^{-3} m²/s.

Les captages fonctionnent le plus souvent en réalimentation induite depuis le fleuve, ce qui autorise des prélèvements ponctuels très importants notamment, en zone aval, allant de 100 à 300 m³/h par ouvrage.

- 226 - Astien d'Agde à Valras

Constituée de sables fins à moyens, de niveaux de graviers et de sables argileux, cette unité qui s'étend de Mèze à Sète et à Agde, est pour l'essentiel en condition captive sous les formations du Pliocène continental et du Quaternaire.

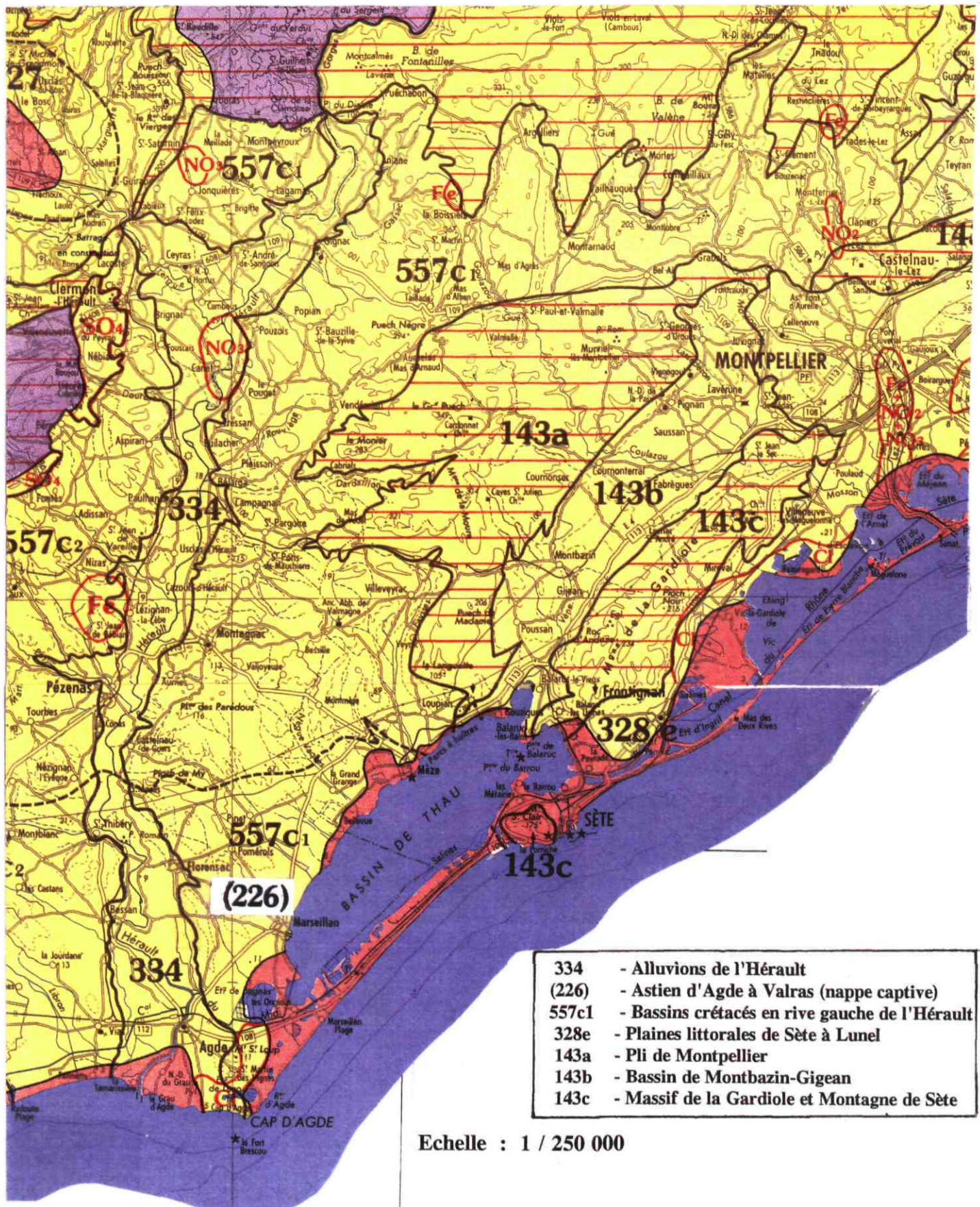
C'est un aquifère fortement exploité sur le littoral où se posent toutefois des problèmes de rabattements excessifs et de contamination par le fer ou par les eaux saumâtres. Il a fait l'objet d'un modèle mathématique de gestion par la DIREN.

- 557c₁ - Bassins crétacés, rive gauche de l'Hérault

Les formations de cette unité vont du Crétacé supérieur (bassin de Villeveyrac) au Pliocène. Ce sont des marnes, argiles et calcaires avec localement des cailloutis à potentialités modestes. Ce système est très hétérogène, et localement contaminé par le sel en zones littorales dans la partie Ouest du Bassin de Thau.

- 328e - Plaines littorales de Sète à Lunel

A partir de Sète, et jusqu'à Palavas, on a des sables, des molasses, des calcaires pliocènes dits "de Frontignan", des graviers et des galets mio-pliocènes à quaternaires qui entourent les étangs de Thau, d'Ingril, de Vic, de l'Arnel et du Méjean. Ces formations surmontent les calcaires de la Montagne de Sète et du Massif de la Gardiole à l'Ouest qui participent à leur alimentation. Les potentialités sont moyennes ou modestes, pénalisées par l'invasion des eaux saumâtres et salées.



Echelle : 1 / 250 000

FIGURE 5 -

LES UNITES HYDROGEOLOGIQUES DU BASSIN DE THAU

- 143a - Pli de Montpellier-Ouest

Formé de dolomies et calcaires du Jurassique moyen et supérieur, l'extension de ce système carbonaté représente le Causse d'Aumelas et la Montagne de la Moure. Il se prolonge sous couverture argilo-gréseuse des formations crétacées du bassin de Villeveyrac, sous les sables astiens, et sous les cailloutis plio-quadernaires en direction d'Agde et du Bassin de Thau. Au contact avec le Miocène et avec le Crétacé, apparaissent des sources, pour la plupart temporaires. Les exploitations minières de bauxite étaient à l'origine de forts débits d'exhaure dans le secteur Est du bassin de Villeveyrac. L'eau est désormais utilisée pour l'irrigation et ponctuellement pour la pisciculture dans la partie captive.

- 143b - Bassin de Montbazin-Gigean

Les marnes, grès, conglomérats et molasses de l'Oligocène et du Mio-Pliocène occupent la partie effondrée du fossé de Montbazin-Gigean entre le Causse d'Aumelas au Nord et la Montagne de la Gardiole au Sud. Ces séries surmontent les formations calcaires du Jurassique supérieur et moyen. Elles ont une épaisseur qui peut atteindre 200 m et qui joue le rôle d'écran au contact desquelles sortent au Nord, les sources temporaires de Courmonterral, de la Vène, des Oulettes et, au Sud, les sources pérennes d'Issanka, de Cauvy, de Balaruc et, sous l'Étang de Thau, la source sous-marine de la Vise .

- 143c - Massif de la Gardiole

Les formations calcaires, dolomitiques et les calcaires marneux du Jurassique moyen et supérieur forment une structure anticlinale déversée vers le Nord et affectée par faille en bordure méridionale du bassin de Montbazin-Gigean. Ce réservoir karstique et très exploité en partie NE, avec cependant sur sa bordure Est, des problèmes récents d'invasion saline. Les sources principales sont temporaires au Nord, pérennes au Sud et presque toujours saumâtres avec la Madeleine, la Roubine de Vic, Ambressac et Cauvy. Seule la source d'Issanka, avec pour origine principale l'unité 143a du Causse d'Aumelas, fournit de l'eau douce.

La Montagne de Sète : le Mont-St Clair, est rattachée à l'unité de la Gardiole.

C'est au travers des séries carbonatées de cette unité que transitent les eaux chaudes d'origine profonde du quartier des Métairies à Sète, et de Balaruc-les-Bains sur la presqu'île, en bordure SW du Pech d'Ay.

3. LES DIFFERENTS TYPES D'EAU ET LEURS USAGES

3.1. LES EAUX DE SURFACE DE L'ETANG DE THAU

Ce sont des eaux saumâtres ou salées, dont la conductivité est de l'ordre de 50 ms/cm, soit plus de 35 g de sel par litre. Elles participent aux deux activités essentielles de ce Bassin : la conchyliculture et la pisciculture.

La nature et la qualité de ces eaux superficielles sont la résultante :

- des apports directs par les pluies et par les rivières pour un bassin versant superficiel qui s'étend sur 325 km² (figure 6),
- des entrées d'eau douces et des flux issus des canaux et des aquifères limitrophes (figure 7),
- des sorties, par évaporation (soleil + vent) sur le plan d'eau libre de 7 500 hectares (75 km²),
- des échanges d'eau avec la mer via les graus et le port, sous la dépendance des vents et des marées,
- du brassage de ces eaux par les courants au sein de l'Étang.

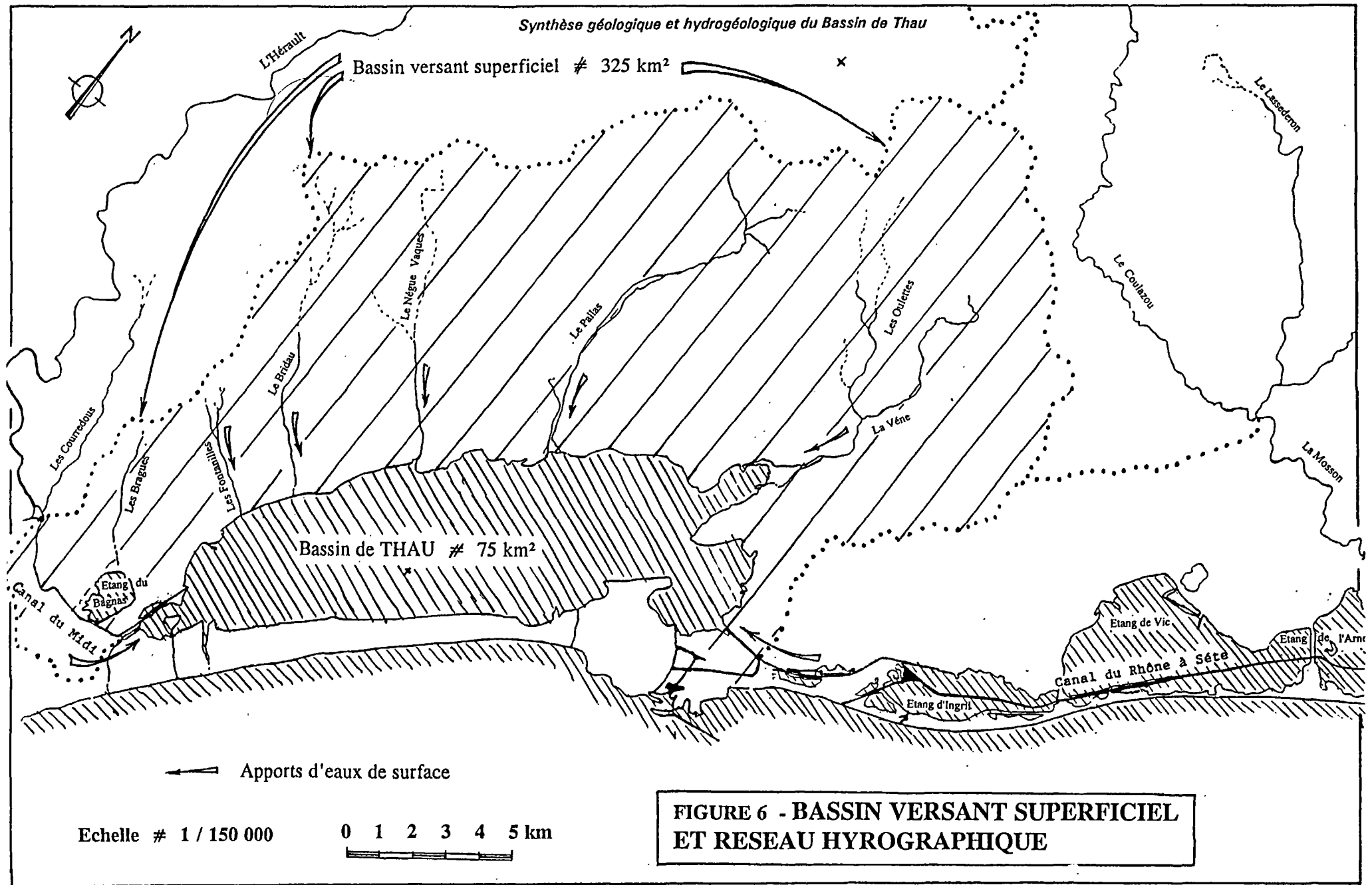
Une pluie de 100 mm représente un apport direct d'eau non minéralisée de 7,5 Mm³ sur le plan d'eau libre, et un volume supplémentaire de 19,5 Mm³ résultant des précipitations efficaces : infiltration + ruissellement, estimées ici à 60 % sur le bassin versant (pris égal à 325 km²), soit un total de 27 Mm³. Sur les mêmes bases, une pluie globale annuelle de 650 mm apporterait environ 175,5 Mm³, ce qui représente près de 60 % du volume de l'Étang estimé à 300 Mm³ avec une profondeur moyenne de 4 m.

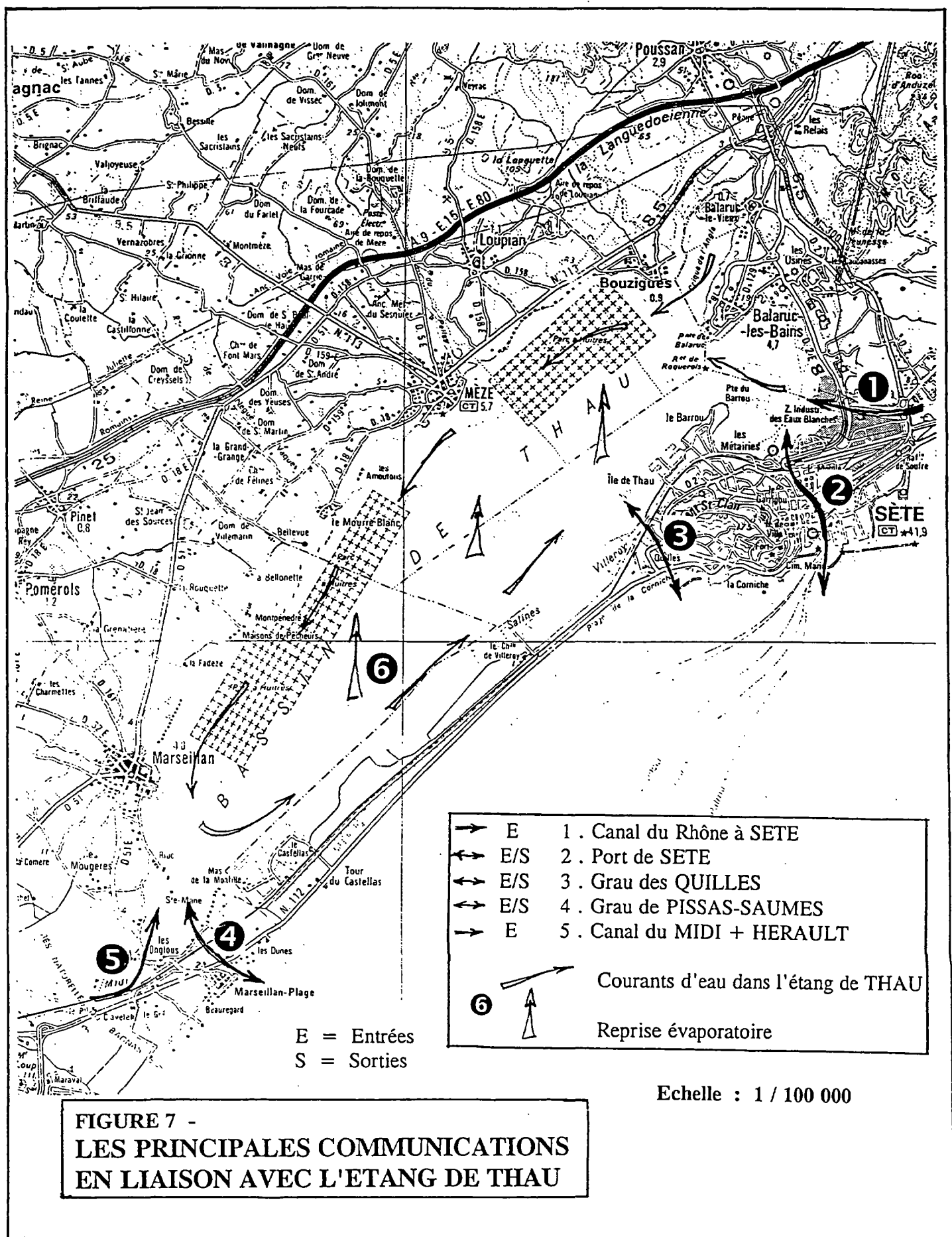
L'évaporation évaluée à 5 mm/jour en moyenne, soit 375 000 m³/jour et 137 Mm³/an, vient en déduction à hauteur de 78 % de ces apports.

Le bilan serait donc globalement positif, de l'ordre de 38,5 Mm³/an pour une pluie annuelle moyenne de 650 mm. Ce volume d'eau représente 13 % seulement du volume de l'Étang.

Ce rapide calcul rend compte de l'inertie notable de la qualité physico-chimique de l'eau de l'étang de Thau qui présente une tendance plus saumâtre que salée, et qui indique que les sorties du système vers la mer doivent être quelque peu plus importantes que les entrées.

Les facteurs pression atmosphérique, vents et marées, induisent des variations du niveau de l'eau dans l'étang pouvant aller de 0,10 à 1 m. Ils ont une incidence notable sur les échanges à l'interface nappe-étang qu'il conviendrait de quantifier.





3.2. LES EAUX SOUTERRAINES CAPTEES POUR L'EAU POTABLE

Les eaux de la nappe alluviale de l'Hérault, captées pour l'AEP, représentent les plus forts volumes prélevés. Ce sont des eaux douces, faiblement minéralisées et de bonne qualité. Le fonctionnement en réalimentation induite et l'effet filtre des berges indiquent de très fortes potentialités d'exploitation. Seule la zone aval de la nappe peut présenter quelques problèmes liés à la remontée du biseau salé.

Les eaux de la nappe de l'Astien sont à surveiller également en aval du système : présences de fer et de sel. La situation captive de cette nappe n'interdit pas les communications avec les horizons saumâtres ou salés, par suite, par exemple, des processus de drainance ou de malfaçons et du vieillissement de certains captages.

Les eaux du Miocène de Gigean, du Sparnacien de Pinet, et d'autres horizons plus superficiels du Plio-Quaternaire sont exposées aux pollutions de surface et ne sont exploitées que ponctuellement.

Enfin, les eaux du karst jurassique sont de très bonne qualité dans les secteurs amont hydraulique et en position captive. En aval du système, où les débits mobilisables seraient les plus forts, se posent assez systématiquement des problèmes de contamination saline qui obligent à limiter les débits d'exploitation (Cauvy), ou à l'abandon de certains captages (Karland). Le phénomène d'intrusion d'eau salée résultant de la surexploitation locale éventuelle, et le processus "naturel" d'Inversac sont évidemment responsables de ces pollutions qui se situent, pour l'instant, à moins de 2 500 m de la rive des étangs.

3.3. LES EAUX THERMALES ET MINERALES

Ce sont à l'origine des eaux issues de réservoirs très profonds, chaudes et minéralisées, associées pour partie au gaz carbonique et, pour certains auteurs, liées au volcanisme récent. Elles sont localisées au Nord de Sète et à la presqu'île de Balaruc-les-Bains avec, pour ces deux secteurs, une composition physico-chimique strictement identique : eaux à 10-12 g/l, et températures comprises entre 35 et 50°C.

Ces eaux transitent vers les réservoirs superficiels en cheminant sous le toit des marnes. Elles s'y mélangent pour partie aux eaux froides saumâtres (ou douces), et aux eaux salées de l'Étang qui ont envahi le gisement karstique. L'interférence entre ces types d'eau de différentes origines conduit à un équilibre physique et chimique difficile à "stabiliser". S'y ajoutent périodiquement des épisodes de contamination bactériologique.

3.4. LES AUTRES USAGES

Les usages pour l'irrigation sont limités à certains secteurs du bassin de Montbazin et de Villeveyrac où les volumes d'eaux souterraines prélevées sont modestes par rapport à ceux extraits de la nappe alluviale de l'Hérault ou de l'Hérault lui-même.

Les eaux douces chaudes de la Castillonne (370 mg/l et T = 26°C) et les eaux saumâtres de la Vise (2 à 5 mg/l et T = 21°C), ou celles issues de l'établissement thermal, ont été ou sont encore utilisées pour l'aquaculture et la pisciculture.

Les eaux saumâtres d'Ambressac (0,3 à 3 g/l, et T = 16°C) ainsi que quelques autres secteurs à eaux douces, sont exploités pour des usages industriels.

Enfin, les forages particuliers sont très nombreux pour couvrir les besoins domestiques ou d'AEP des terrains de camping, de piscines, d'arrosages et de maraîchages.

3.5. REMARQUES SUR LA QUALITE DES EAUX

La qualité des eaux de surface et la constance physico-chimique des eaux souterraines sont déterminantes pour l'ensemble de ces activités.

De nombreux événements antérieurs rendent compte de la fragilité de cet hydro-système :

- pour les eaux de surface, on rappellera les "malaïgues" de 1979, 1982, 1985; les épisodes à *Dynophysis* en 1987 et 1989 ; les *Salmonelles* et autres crises bactériologiques en décembre 1989, et fin 1993;
- pour les eaux souterraines, on citera les perturbations accidentelles survenues au NE de l'Etang de Thau entre 1967 et 1969, en 1984, et enfin en octobre 1993.

Les eaux souterraines sont de qualité très inégale et souvent médiocre à mauvaise en bordure du littoral. On observe la présence de fer en excès dans les secteurs situés en aval de l'aquifère Astien, et des intrusions salines à l'origine de la contamination par les chlorures des aquifères karstiques dans une frange allant de 300 m à plus de 2 500 m à l'intérieur des terres.

Elles sont d'excellente qualité pour celles de la vallée de l'Hérault et pour l'ensemble des autres nappes, y compris karstiques, à condition de se situer en amont hydraulique des réservoirs.

4. ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES ET FONCTIONNEMENT DES AQUIFERES

4.1. DESCRIPTIF ADOPTE

L'état actuel des connaissances des paramètres qui régissent les potentialités des aquifères, en fonction des destinations ou d'usages très précis, porte sur les rubriques suivantes, plus ou moins bien connues et renseignées :

- la nature des formations, lithologie, granulométrie, variations latérales de faciès, degré de karstification pour les terrains carbonatés, de cimentation pour les grès, brèches et conglomérats, ...
- l'épaisseur ou la puissance des horizons aquifères,
- la géométrie exacte des systèmes, et notamment l'extension latérale, la complexité structurale, les limites,
- l'inventaire exhaustif des points d'eau pour tous les usages, le descriptif détaillé des profondeurs, des équipements et diamètres, des venues d'eau, la localisation exacte géoréférencée (x, y, z),
- la somme des prélèvements qui sont effectués par pompage, ou des écoulements naturels (jaugeages), s'il s'agit de sources pérennes ou temporaires, des débits ponctuels de production et d'exploitation s'il s'agit de puits ou de forages,
- l'estimation des apports par infiltration des pluies, par drainance verticale ou latérale en relation avec d'autres nappes ou avec les cours d'eau,
- l'évaluation des sorties par évapotranspiration, par drainance vers les cours d'eau ou vers d'autres nappes.
- la définition des écoulements souterrains entre les zones d'alimentation ou les pertes, et les aires d'émergences connues ou occultes, la piézométrie de chaque système, les relations démontrées par traçage,
- l'évaluation des réserves connues ou supposées sous la dépendance de l'extension, des épaisseurs et des coefficients d'emménagement des formations,
- la connaissance des fluctuations piézométriques en relation également avec la porosité et la perméabilité (ou la transmissivité) des aquifères déduits des tests de pompage de longue durée,
- les caractéristiques physiques et chimiques des eaux,
- les conditions environnementales et la susceptibilité ou la vulnérabilité aux pollutions.

Il se dégage ainsi une notion de flux liée à l'écoulement souterrain des eaux, ce qui constitue la dynamique du système aquifère, et une notion de réserve qui caractérise son volume mobilisable et renouvelable.

On définit également les termes de fonction conductrice et de fonction capacitive qui rendent compte des meilleures potentialités d'exploitation.

Les descriptions qui suivent portent sur le fonctionnement "global" des aquifères principaux définis en 2.4. L'analyse de cas spécifiques est abordée au chapitre suivant.

L'état des connaissances actuelles et des recherches "ponctuelles" entreprises dans certains secteurs, est présenté en annexe. Pour ce qui est en particulier des recherches d'eau potable, les documents communiqués par le Conseil Général de l'Hérault nous ont été très précieux.

4.2. LE KARST JURASSIQUE DU PLI DE MONTPELLIER-OUEST

Les formations calcaires et dolomitiques du Jurassique supérieur du Causse d'Aumelas (unité 143a), et du Massif de la Gardiole (unité 143c) sont en continuité hydraulique sous les formations miocènes du Bassin de Montbazin-Gigean (unité 143b).

Elles se prolongent au Sud avec les affleurements du Mont-St Clair à Sète (figure 8).

L'extension sous couverture s'effectue en direction du NE sous les formations mio-pliocènes et quaternaires du secteur Sud de Montpellier (Saint-Jean-de-Védas, Boirargues et Pont Trinquat), et en direction du SW, sous les auréoles crétacées du Bassin de Villeveyrac : forages de la Castillonne, de Pézenas, de Valensac, de Castelnau-de-Guers (figure 9).

Cet ensemble karstique présente une épaisseur de 3 à 400 m. Il a fait l'objet d'une modélisation par le BRGM, qui s'est déroulée en trois étapes :

- 1986 recueil des données sur la géologie, sur la géométrie et la structure du réservoir, inventaire des points d'eau, des cavités, des relations démontrées par traçages ; évolutions piézométriques, évaluation des prélèvements, débit des exutoires ; qualité des eaux (rapport 86 SGN 684 LRO).
- 1988 élaboration du modèle mathématique, définition des conditions aux limites, calage en régime permanent avec ajustement des paramètres hydrodynamiques au droit de chacune des mailles de 1 km² afin que la piézométrie calculée par le modèle MARTHE reproduise au mieux celle observée lors de l'étiage de 1986. Premières simulations d'exploitation (rapport 88 SGN 459 LRO).
- 1990 actualisation des données, recalage de l'outil en régime permanent et transitoire. Simulations selon 6 hypothèses d'exploitations différentes (rapport R 30712 AS 90).

S'agissant d'un aquifère karstique, il a été admis d'assimiler ce milieu à un système bidimensionnel monocouche.

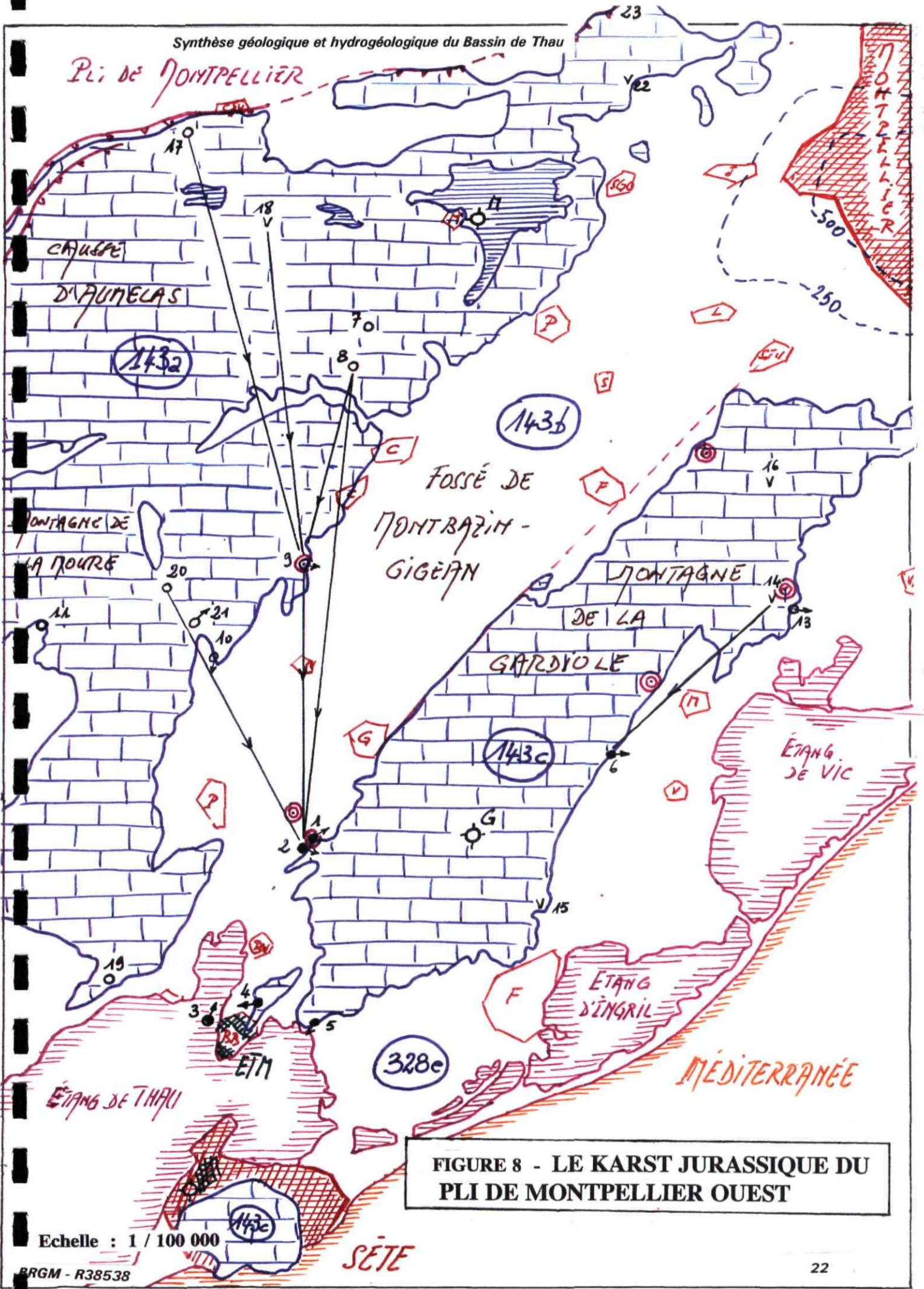
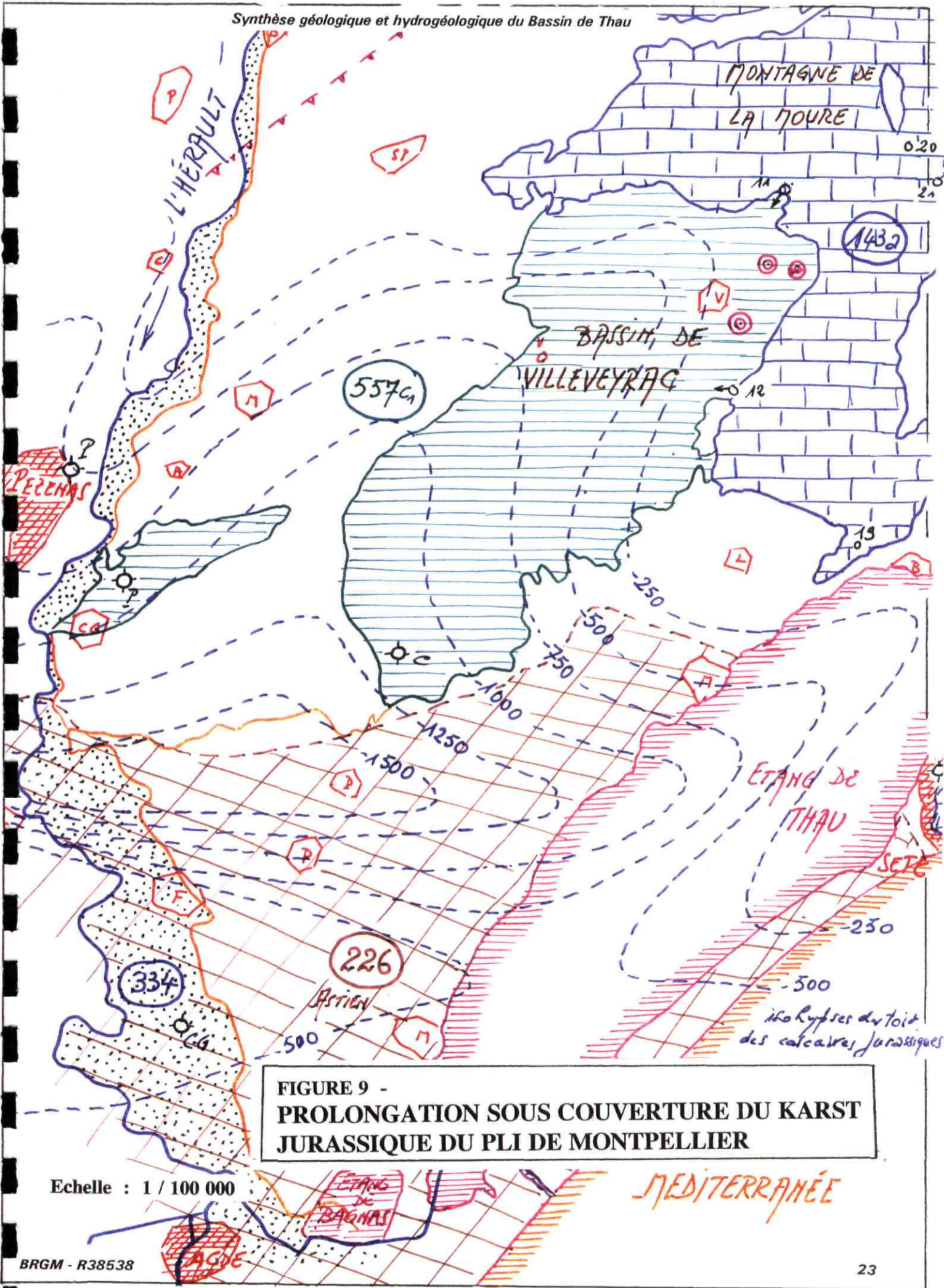


FIGURE 8 - LE KARST JURASSIQUE DU PLI DE MONTPELLIER OUEST

Echelle : 1 / 100 000



**FIGURE 9 -
PROLONGATION SOUS COUVERTURE DU KARST
JURASSIQUE DU PLI DE MONTPELLIER**

Echelle : 1 / 100 000

Le modèle est de type MARTHE :

MAillage
Rectangulaire en régime
Transitoire pour le calage
Hydrodynamique des
Ecoulements.

Il est utilisable sur micro-ordinateur de type PC. C'est un modèle de gestion globale de l'aquifère karstique dont la représentativité est satisfaisante en régime de basses eaux.

En l'état actuel, même s'il ne peut répondre avec précision à des calculs d'influences et d'interférences locales, il est rapidement utilisable et actualisable. Son objectif est de fournir des éléments de décision pour l'exploitation de la nappe.

La zone maillée du modèle, pour une superficie de 653 km² (653 mailles), s'étend depuis Montpellier jusqu'à Sète, Pézenas et St Thibéry. La figure 10 représente le bilan des débits, sans les nouveaux prélèvements, et la répartition des perméabilités ; la figure 11 représente la piézométrie avec les nouveaux prélèvements identifiés en 1989.

Un essai de bilan en régime permanent est indiqué sur ces deux figures, avec les données actualisées ou admises en 1990.

Les débits entrants intègrent trois paramètres :

- les pluies pour 2 900 m³/h (80 à 85 % des apports),
- l'infiltration au travers de la nappe alluviale du Lez pour 75 m³/h,
- des apports latéraux depuis les limites Nord et Ouest pour 440 ou 515 m³/h,

pour un total respectif de 3 415 et 3 590 m³/h.

Dans la deuxième simulation, pour intégrer les nouveaux prélèvements, s'y ajoute un apport de 100 m³/h depuis la mer.

Les débits sortants sont répartis comme suit :

- vers la mer 2 440 et 2 200 m³/h (plus de prélèvements)
- par les sources 280 m³/h
- exhaure des mines 280 m³/h
- autres prélèvements 400 et 850 m³/h

soit un total de 3 400 et 3 610 m³/h.

Il était retenu comme hypothèses de nouveaux prélèvements, des pompages à la Castillonne (au SW du système) à 230 m³/h, et au Mas Neuf (au NE du karst) à 216 m³/h.

155

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DES
SYSTEMES AQUIFERES CALCAIRES JURASSIQUES
DE L'ETANG DE THAU

- HERAULT -

REGIME PERMANENT

BILAN DES DEBITS SANS LES NOUVEAUX PRELEVEMENTS

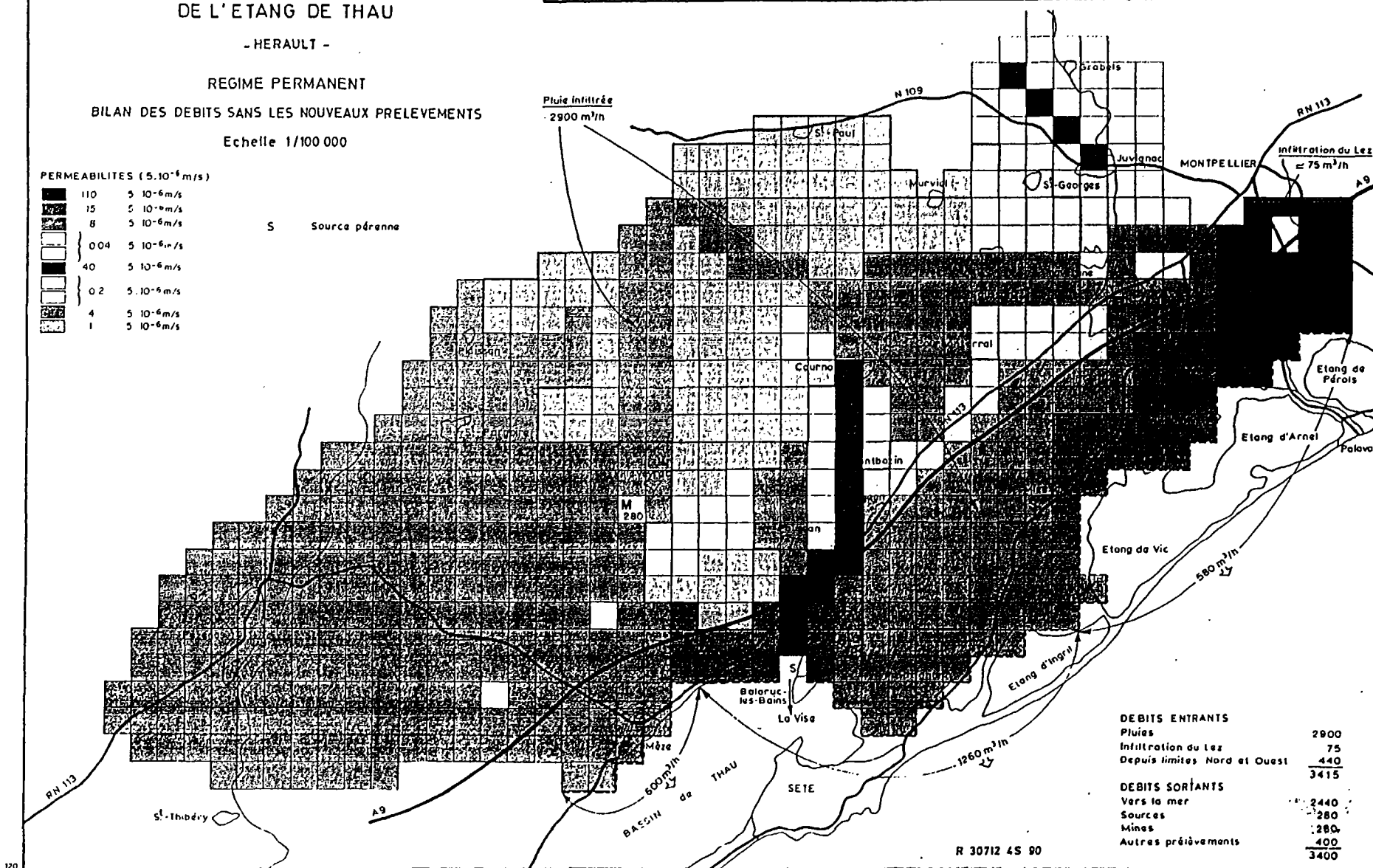
Echelle 1/100 000

PERMEABILITES ($5 \cdot 10^{-6} m/s$)

	110	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	15	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	8	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	0.04	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	40	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	0.2	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	4	$5 \cdot 10^{-6} m/s$
	1	$5 \cdot 10^{-6} m/s$

S Source pérenne

FIGURE 10 - MODELISATION DU SYSTEME KARSTIQUE :
BILAN DES DEBITS ET REPARTITION DES PERMEABILITES



150

**FIGURE 11 - MODELISATION DU SYSTEME KARSTIQUE :
PIEZOMETRIE ET SIMULATION (ESSAIS DE BILAN)**

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DES
SYSTEMES AQUIFERES CALCAIRES JURASSIQUES
DE L'ETANG DE THAU

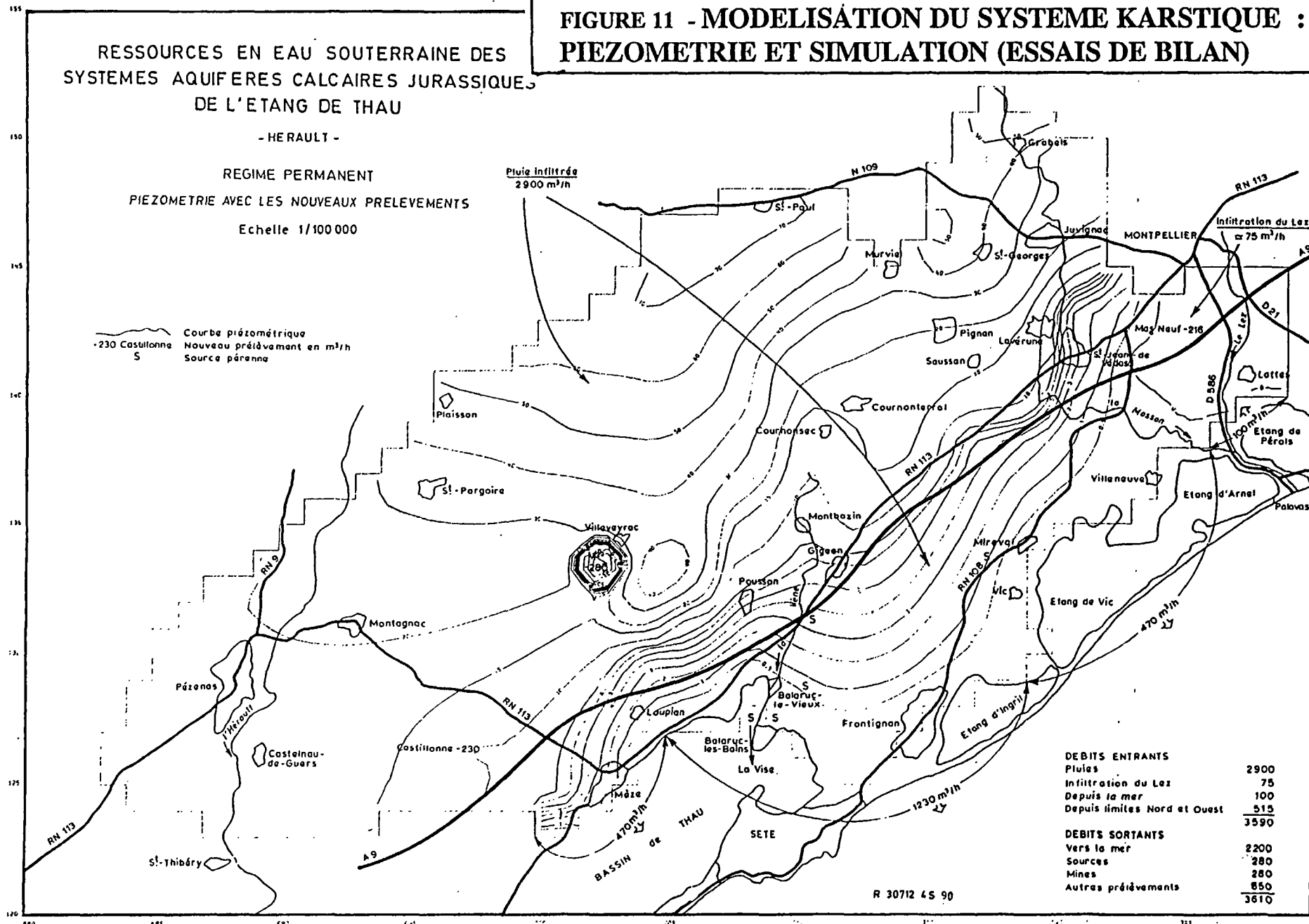
- HERAULT -

REGIME PERMANENT

PIEZOMETRIE AVEC LES NOUVEAUX PRELEVEMENTS

Echelle 1/100 000

— 230 Castillonne S
— Courbe piézométrique
Nouveau prélèvement en m³/h
Source pérenne



DEBITS ENTRANTS	
Pluies	2900
Infiltration du Lez	75
Depuis la mer	100
Depuis limites Nord et Ouest	515
Total Entrants	3590
DEBITS SORTANTS	
Vers la mer	2200
Sources	280
Mines	280
Autres prélèvements	850
Total Sortants	3610

R 30712 4 S 90

La répartition des sorties vers la mer, calculée par le modèle était la suivante :

- dans le secteur de Mèze, vers l'étang de Thau	600	et	470 m ³ /h
- de Loupian vers l'Etang d'Ingril	1 260	et	1 230 m ³ /h
- d'Ingril à Pérols, et à la Mosson	580	et	470 m ³ /h

Les auteurs estiment satisfaisante la représentativité du modèle en régime de basses eaux, reproduisant par le calcul, quand elles existent, les cotes piézométriques observées. Ils notent cependant l'insuffisance de données à l'Ouest du système, en secteur captif et au Sud de la Gardiole. L'extrême complexité structurale et le compartimentage du réservoir ne permettent pas d'obtenir une représentativité locale détaillée. Il reste cependant un outil nécessaire à l'appréciation de la sensibilité de cet aquifère en fonction d'un accroissement des prélèvements projetés dans certains secteurs, comme présenté ci-avant.

La connaissance précise des volumes prélevés et des débits ponctuels d'exhaure apparaît donc indispensable, tout comme l'actualisation des données pour tenir compte des points d'eau nouveaux et/ou abandonnés. L'instauration d'un suivi piézométrique et qualitatif (conductivité des eaux) dans l'environnement des prélèvements aux plus forts débits est à retenir. Si c'est le cas adopté depuis 1992 en aval hydraulique des captages d'Issanka, il faut aussi l'imposer ailleurs.

D'une façon générale, un accroissement des prélèvements se traduit par une diminution des écoulements naturels vers la mer et par une augmentation corrélative des apports à partir des limites du modèle.

Les écoulements souterrains s'effectuent, pour la partie Nord du Système, du NW vers le SE, en direction de la Mosson, et pour la partie médiane et captive, du Nord au Sud puis du NW au SE en direction de la Vène et de l'étang de Thau.

Ces directions d'écoulement sont confirmées par les expériences de traçage depuis le Causse d'Aumelas vers Issanka (tableau 2 et figure 8 page 22). Toutefois aucune relation n'a été établie avec la Vise, dont l'origine supposée serait la Montagne de la Moure. La source de Cauvy, jamais colorée non plus, serait plus directement liée au karst de la Gardiole.

Les charges hydrauliques montrent de très fortes variations pour les zones d'alimentation en amont du système : plus de 30 m d'amplitude à la Vène avec une mise en charge pouvant atteindre 40 m à ce point. Elles sont inférieures à 10 m et passent à moins de 5 m à une distance de l'ordre de 3 km par rapport au littoral.

Les principales sources pérennes toutes situées en aval du système karstique sont captées pour l'AEP : Issanka et Cauvy, pour l'aquaculture : la Vise, pour les usages industriels : Ambressac..., ou inutilisées comme la Roubine de Vic. Elles indiquent des amplitudes piézométriques de l'ordre de 0,50 à 1,80 m.

Les débits de ces émergences pérennes, et des sources temporaires, sont récapitulés dans le tableau 3.

Tableau 2 - Inventaire des circulations d'eau souterraine démontrées par traçages sur le Causse d'Aumelas et la Gardiole

INJECTION	Expérience n°1	Expérience n°2	Expérience n°3	Expérience n°4	Expérience n°5	Expérience n°6	Expérience n°7
Date	28/10/1962	23/05/1963	08/12/1968	30/06/1969	21/03/1971	07/04/1972	03/09/1968
Lieu	Perte 2 du Coulazou	Perte 1 du Coulazou	Event de Cournonterral	Emergence de la Vène	P. de la Sellette	P. de la garrigue de Font-Caude	Grotte de la Madeleine
BSS	990.6.32	990.5.33	990.6.10	1016.2.13	1016.1.97	990.7.403	1016.3.16
Commune	Cournonterral		Cournonterral	Cournonsec	Montbazin	Juvignac	Villeneuve -les-Maquelonne
Lambert	x = 109,03 ; y = 145,6 ;	x = 707,23 ; y = 147,90	x = 710,77 ; y = 142,39	x = 709,77 ; y = 138,03	x = 707,15 ; y = 137,2	x = 716,96 ; y = 149,3	x = 720,39 ; y = 137,3
Altitudes	95 m	125 m	52 m	40 m	95 m	100 m	20 m
REAPPARITION							
Date	01/11/1962	05/06/1963	31/12/1968	05/07/1969	24/03/1971	17/04/1972	29/11/1968
Lieu	Puits de la Vène	E. de la Vène	Source d'Issanka Puits de la Vène	Source d'Issanka	Source des Oulettes Source d'Issanka	Source du Davis	Roubine de Vic
BSS	1016.2.13	1016.2.13	1016.2.10 1016.2.13	1016.2.10	1016.1.86 1016.2.10	990.7.122	1016.3.15
Commune	Cournonsec	Cournonsec	Balaruc-le-Vieux Cournonsec	Balaruc-le-Vieux	Montbazin Balaruc-le-Vieux	Grabels	Vic-la-Gardiole
Lambert	x = 709,77 ; y = 138,05	x = 709,77 ; y = 138,05	x = 710,14 ; y = 131,96 x = 709,77 ; y = 138,05	x = 710,14 ; y = 131,96	x = 710,14 ; y = 131,96	x = 717,43 ; y = 150,69	x = 716,78 ; y = 133,99
Altitudes	35 m	35 m	10 m 40 m	10 m	55 m 10 m	60 m	2 m
DONNEES TECHNIQUES							
Traceur	Fluorésceïne	Fluorésceïne	Fluorésceïne	Fluorésceïne	Fluorésceïne	Fluorésceïne	Fluorésceïne
Quantité injectée en Kg			10	10	5	1	2
Mode de détection				Directe	Directe + FCPT	FCPT	FCPT
Distance en m	7600	10300	10500 4500	6100	1500 6000	1450	4950
Temps en heures	100	766	552 1296	110		240	2088
Vitesse en m/h	76	13	19 3	55		6	2
Bibliographie	Bonnet 1969, 206 FSH, 1976 n°6	SCAL	Bonnet, 1969, 206/209 FSH, 1976 n°6	Bonnet, 1969, 206 FSH, 1976 n°6	71 SGN 317 LRO 209 FSH, 1976 n°6	Diluca, 1973	Bonnet, 1969, 74SGN192AME Derosier, 1986

Synthèse géologique et hydrogéologique du Bassin de Thau

TABLEAU 3 - DEBIT DES SOURCES KARSTIQUES PERENNES ET TEMPORAIRES

Nom	Commune	Indice BRGM	N° sur carte	Débit moy. l/s	Cote NGF m	Débit maxi. l/s	Débit mini. l/s	Débit à l'étiage 1988 en l/s	Observations
Source du Davis	Grabels	990.7.122	1		55	200	2	4	
Bouldou	Montarnaud		2		45	100	0	0	Coule très rarement
Event de Pradel	Cournonterral		3		45	100	0	0	Coule très rarement
Emergence de la Vène	Cournonsec	1016.2.13	4		40	5000 10000	0	0	Voir évolution plizo., écoulement durant 15 j, du 1/1/80 au 31/12/85 et 80 j, du 1/1 au 31/12/1986
Résurgence Grand Combe	Cournonterral		5		77	30	0	0	Coule uniquement lors des grosses crues
Résurgence du puits de l'Aven	Cournonterral	990.6.13	6		65	2000	0	0	Coule très rarement, sauf en périodes de très grosses crues
Bouldou de Male Calde	Montbazin		7		75	1000	0	0	Coule en période de grosses crues
Perte de la Sallette	Montbazin	1016.1.97	8		95	10	0	0	Ne fonctionne que très exceptionnellement
Bergerie des Oulettes	Montbazin	1016.1.86	9		55	2000	0	0	Coule uniquement en crue
Source de Rounel	Villeveyrac		10		52	3	0	0	Petit débit
Source de Veyrac	Villeveyrac	1016.1.89	11	15	42	50	0	0	Pas d'écoulement en étiage, de juin à sept.
Source SAFER	Villeveyrac		12	2	35	10	0,1	0,2	Source pérenne
Exurgence de Cairol	Villeveyrac	1016.1.87	13		95	1000	0	0	Coule uniquement en crue
Source de Font Caude	Plaisan	990.7.168	14		65	2	0	0	Petit débit
Source de la Madeleine	Villeneuve	1016.3.28	15		3,7	2000	0	0	Ne coule que très rarement en période de crue
Source d'Inversac	Balaruc	1016.6.10	16		0,5	4000	30	30	460 000 m3/an pour CDF Chlmie, en liaison avec l'étang, phénomène d'inversac (a)
Source Cauvy	Balaruc	1016.5.21	17		2,1			(c)	Utilisation pour l'AEP de Balaruc, volumes de 700 000 à 1 000 000 m3/an
Source sous-marine de La Vise	Balaruc (b)	1016.5.4	18	300	-30	1000	excepti. 0	50	Source sous-marine à -30 m sous le 0 NGF
Sources d'Issanka	Balaruc (d)	1016.2.10	19	>300	10	5000 à 10000	55	80	AEP de SETE, exploitation du débordement, et par pompages en F7 (en basses eaux)
Source Orero	Poussan		20		40	3	0	0	Petit débit dans le recouvrement
Roubine de Vic	Vic-la-Gardiole	1016.3.15	21		0,5	5000	50	50 à 100	Source pérenne
Font Cathala	Murviel		22	<0,5	110	3	0	0	Débit faible
Source de la Paillade	Montpellier		23		85	10	0	0	
Source du Martinet	Juignac		24		49	10	1	2	
Source de Foncaude	Juignac	990.7.168	24		42	5	1	1,5	Température 22 °C

a) Phénomène d'Inversac. En fonction de la cote du plan d'eau de l'étang, l'eau peut pénétrer dans la source, il y a absorption si la cote du plan d'eau de l'étang est supérieure à celle de la nappe contenue dans les calcaires Jurassiques. Dans ce cas la salinité de l'eau augmente considérablement.

b) Source de la Vise : source sous-marine dans l'étang de Thau. Utilisations antérieures pour l'aquaculture en période froide 300 à 400 m3/h (janvier, février) et 100 à 150 m3/h en novembre, décembre et de mars à mai. Il n'y avait pas de pompage sauf très exceptionnellement.

c) Source Cauvy : utilisation pour l'AEP de Balaruc. Contamination épisodique par les chlorures, le débit est alors réduit. Pompage 22 h/jour à raison de 90 m3/h, soit 720 000 m3/an en 1986, et à 1 000 000 m3/an en 1994. Lorsqu'il y a pompage, il est très difficile de déterminer ce qui est prélevé en plus du débordement. Le rabattement est faible. Débit spécifique 180 m3/h/m (à 90 m3/h, le rabattement est de 0,5 m).

d) Sources d'Issanka : en 1986, il n'était exploité que le débordement de la source. Débit d'utilisation pour Sète : 200 à 700 m3/h. En périodes d'étiages sévères, il n'y a plus d'écoulement dans le ruisseau de la Vène proche. Le prélèvement sur Issanka ne concernait qu'une partie du débordement. De nouveaux ouvrages ont été réalisés sur ce site pour permettre un rabattement de la surface piézométrique, et donc des prélèvements supplémentaires en étiage.

4.3. LES UNITES CRETACE A MIOCENE

Les formations du Crétacé continental et de l'Eocène, accumulées dans le bassin de Villeveyrac, ont des épaisseurs allant de 400 à plus de 1 000 m. Elles sont composées de marnes, de grès, de poudingues et de calcaires, et présentent d'importantes variations latérales de faciès.

C'est dans le Sparnacien (Eocène inférieur) à sables grossiers, conglomérats, grès et marnes que se situent les ouvrages AEP de Pinet. Ils captent ces horizons entre 20 ou 30 et 120 m de profondeur, fournissant des débits ponctuels allant de 30 à 60 m³/h.

La transgression Miocène sur ces secteurs et dans le fossé d'effondrement de Montbazin-Gigean se caractérise par des dépôts de cailloutis à galets de quartz, d'argiles bleues et de molasses au Burdigalien, puis par des niveaux marneux, marno-gréseux et calcaréo-gréseux à l'Helvétien dont l'épaisseur peut atteindre 130 à 200 m au centre du bassin et 200 à 250 m dans la basse vallée de l'Hérault.

Les formations détritiques et de molasses sont exploitées par les forages de Gigean. Les graviers et sables de l'Helvétien étaient sollicités pour l'AEP de Mèze jusqu'en 1952, entre 27 et 37 m de profondeur à un débit de 15 à 20 m³/h, au site du Sesquier.

Les séries du Crétacé au Miocène, avec leurs horizons marneux et argileux, constituent aussi une couverture imperméable au toit des calcaires du Jurassique tant dans la plaine de Montbazin, qu'à Villeveyrac ou encore autour des affleurements de la presqu'île de Balaruc. C'est à leur contact qu'apparaissent la plupart des sources : temporaires en amont du système karstique et pérennes en aval.

4.4. LA TERMINAISON ORIENTALE DE LA NAPPE DE L'ASTIEN

Depuis Florensac jusqu'à Mèze, et depuis Marseillan-Plage jusqu'à Agde et Valras, la nappe de l'Astien s'étend sur 450 km².

Les affleurements sableux sont peu nombreux et peu étendus, (8 km²) retrouvés en rive gauche de l'Hérault au Nord de Florensac, et au NW de Mèze. Ils disparaissent vers le Sud sous une épaisse couverture d'argiles et de cailloutis. La nappe devient captive et se situe à une profondeur de 100 à 130 m sous la côte.

L'épaisseur de cet aquifère est de 10 à 30 m. Ce sont des sables calcaires marins et fluviaux plus ou moins grossiers, consolidés, parfois micacés, déposés sur les marnes bleues du Plaisancien.

Les études de détail de cette nappe, très nombreuses, ont été utilisées par la DIREN pour le compte du Syndicat Mixte d'Etude et de Gestion de la Nappe Astienne (SMEGNA). Elles se sont concrétisées par l'élaboration d'un modèle de gestion où sont rassemblées :

- les données de terrain et l'inventaire des forages, dont près de 600 sont répertoriés,
- la destination de ces forages par filières d'usages et les volumes prélevés : l'eau de l'Astien est exploitée à 75 % par les AEP communales et privées,
- les informations sur la piézométrie et sur la qualité de l'eau qui rendent compte notamment dans les secteurs de Portiragnes et de Valras d'une baisse significative des niveaux de 6 à 7 m entre 1978 et 1986, et des très forts prélèvements saisonniers : 50 % des volumes sont extraits entre les mois de juin à août.

Dans le cadre du Contrat de Nappe élaboré par le SMEGNA et la DIREN des programmes d'action sont développés, visant à :

- stopper l'artésianisme de certains ouvrages non utilisés (économies d'eau),
- réduire les prélèvements sur le littoral surexploité en orientant les recherches vers d'autres ressources,
- intervenir sur les ouvrages abandonnés ou défectueux,
- poursuivre les observations, la surveillance et la gestion de cette nappe afin de rendre compte aux utilisateurs de son fonctionnement et des incidences des actions actuelles ou projetées.

La DIREN va initier, à partir de la fin de l'année 1995, une étude sur l'analyse des relations entre la nappe de l'Astien, les étangs et la mer. Cette étude portera également sur la reconnaissance et l'évolution du biseau salé, les résultats seront connus à la fin de 1997.

Pour le secteur compris entre la vallée de l'Hérault et Mèze, jusqu'à Marseillan-Plage, la plupart des ouvrages sont exploités pour des AEP privées et de terrains de camping, pour quelques usages agricoles et industriels. Il n'y a pas d'ouvrages importants pour les AEP communales.

Les risques de dégradation de cette nappe, outre la surexploitation localisée en bordure littorale, sont ceux liés à la contamination saline par mise en communication de l'Astien avec les nappes superficielles de qualité dégradée, à la présence de fer en excès dans le secteur d'Agde, à la traversée par l'autoroute A9 au droit des affleurements.

En 1970, la somme des prélèvements s'établissait à 3,1 Mm³, en 1990 ces volumes étaient de 4,6 Mm³, représentant un accroissement de 50 % en 20 ans. En rive gauche de l'Hérault, les prélèvements dans l'Astien ne représentent toutefois que 10 % des volumes totaux prélevés.

Les écoulements souterrains s'effectuent, pour partie, vers l'étang de Thau au NE (direction NW - SE) et pour autre partie, vers la vallée de l'Hérault, du NE au SW, avec un gradient de 2 ‰ au Nord et de 1 ‰ au Sud.

L'alimentation de cet aquifère résulte pour une faible partie des infiltrations sous affleurements, l'essentiel provient de drainances et d'apports latéraux, depuis les molasses et à partir des alluvions de l'Hérault, ou par drainance descendante en quelques points à partir des formations plio-quadernaires.

Les possibilités d'exploitation vont de 10 à 150 ou 200 m³/h par ouvrage. Elles sont plus importantes au Sud qu'au Nord. La technologie des forages doit être adaptée à la granulométrie de l'Astien, pour éviter les venues de sable au travers des crépines.

Dans le secteur NE de la Gardiole, l'Astien ou "sables de Montpellier" ne présente pas d'intérêt par suite de sa granulométrie beaucoup plus fine et de ses caractéristiques hydrodynamiques médiocres.

4.5. LA NAPPE ALLUVIALE DE L'HERAULT

Cette nappe fournit 71 % des besoins en eau potable de la zone du Bassin de Thau :

- 18 communes sont directement ou indirectement rattachées aux captages de Florensac (Syndicat du Bas-Languedoc),
- 4 communes au Syndicat de la Vallée de l'Hérault,
- 2 au Syndicat de Florensac-Pomérols,
- et enfin 4 communes sollicitent cet aquifère de façon autonome.

De nombreux autres forages sont utilisés pour l'irrigation des cultures de reconversion et des vignes.

Cette nappe est très importante par les volumes d'eau disponibles et par la qualité des eaux, en relation au travers des alluvions avec les eaux superficielles du fleuve.

L'épaisseur des alluvions augmente de 5 à 10 m au Nord, à 10 /15 m en aval de Pézenas, à 15/20 m à Florensac et à 30/35 m en partie aval, en même temps que l'extension latérale qui est de moins de 1 km au Nord de Castelnaud-de-Guers passe à plus de 2 km en aval.

Les débits d'exploitation vont de 10 à 30 m³/h vers Pézenas, à plus de 100 m³/h au Sud et à plus de 200 m³/h par ouvrage à Florensac.

L'alimentation de cette nappe s'effectue pour partie par déversement des nappes des terrasses, et par transferts et réalimentation induite à partir des eaux superficielles de l'Hérault. A Florensac, c'est la nappe alluviale de l'Hérault qui participe à des apports substantiels à la nappe de l'Astien.

5. ANALYSE DE CAS SPECIFIQUES

5.1. INTERACTIONS ET INTERFERENCES AU NE DU BASSIN DE THAU

Rappels

La presqu'île de Balaruc se situe dans le prolongement du massif calcaire jurassique de la Gardiole, recouvert par les formations imperméables mio-pliocènes.

Les calcaires et dolomies du Jurassique supérieur affleurent au Pech (ou Pioch) d'Ay et à 500 m plus au NE, au Pech Meja.

Dans ce secteur, on distingue quatre types d'eau :

- les eaux douces de la nappe karstique de la Gardiole qui émergent à Cauvy, source exploitée pour l'AEP du Syndicat de Balaruc-Frontignan,
- les eaux saumâtres d'Ambressac, issues de la Gardiole, partiellement exploitées pour des usages industriels, et celles de la source sous-marine de la Vise, qui étaient captées à 28 m de profondeur pour l'aquaculture ("les Poissons du Soleil"),
- les eaux thermales et minérales de l'établissement thermal de Balaruc-les-Bains, anciennement captées à la "source originelle", puis par forages peu profonds (30 à 55 m) dans les années 1960 à 1970, et par forages plus profonds (50 à 250 m) dans les années 1980 à 1995,
- les eaux salées de l'Etang, propices à la conchyliculture et la pisciculture.

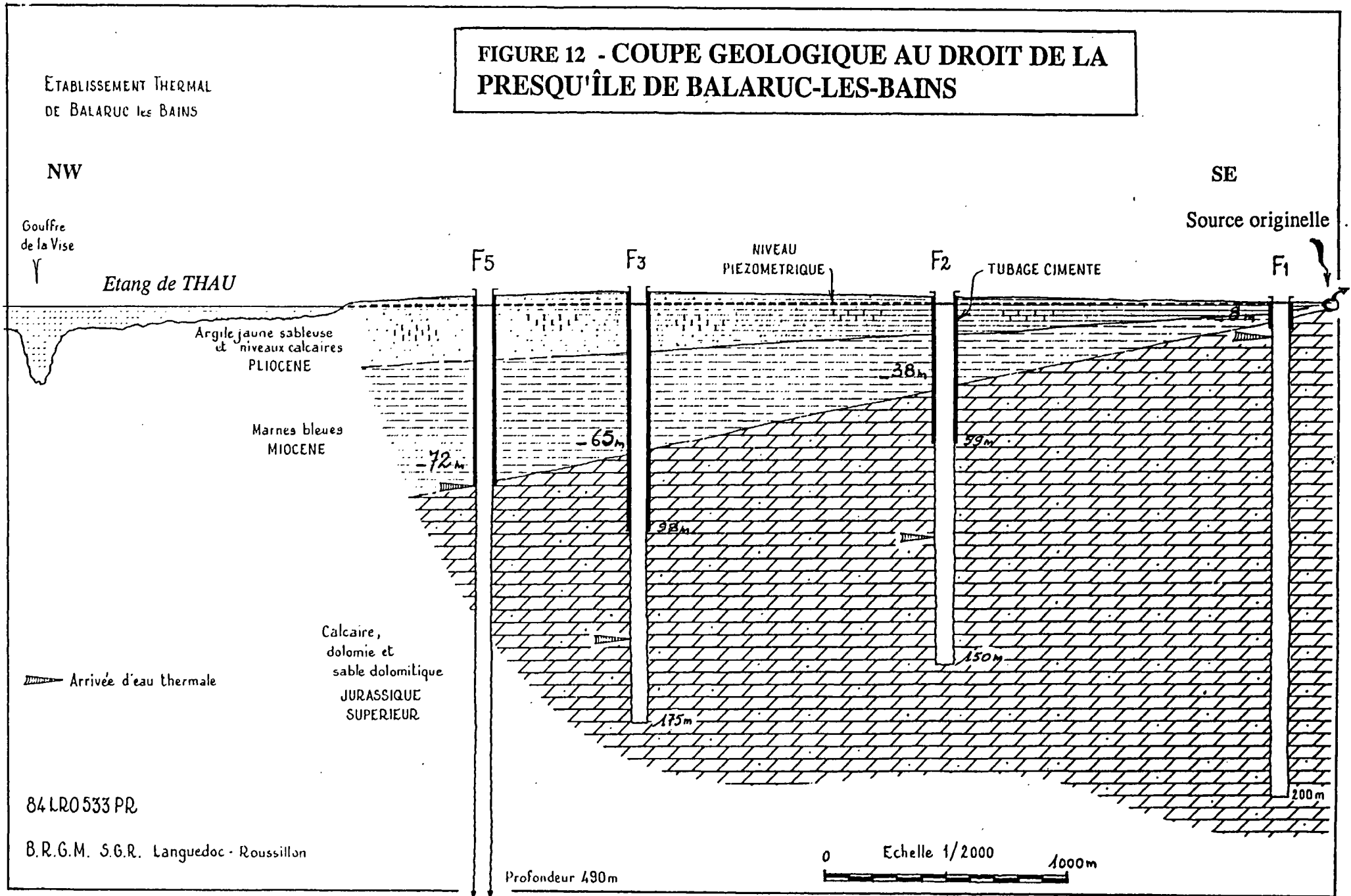
Une coupe géologique NW-SE passant par la Vise, F5, F3, F2, F1 et la source originelle indique un approfondissement du toit des calcaires, sous les argiles sableuses du Pliocène et sous les marnes bleues du Miocène qui sont plus épaisses vers le NW (figure 12).

La Vise, qui présente une température constante de 21°C, anormalement élevée, est un mélange d'eau douce, probablement issue de la Montagne de la Moure (karst d'Aumelas) et d'eau thermale.

La relation avec le forage F5 a été démontrée par traçage lors de pompages le 8 décembre 1983.

La minéralisation de l'eau de la Vise est comprise entre 2 et 5 g de sel par litre.

FIGURE 12 - COUPE GEOLOGIQUE AU DROIT DE LA PRESQU'ÎLE DE BALARUC-LES-BAINS



Evénements du 7 octobre 1993

Par suite d'une intervention humaine sur la cloche qui obturait la Vise, ceci afin de "libérer" l'émergence, on a observé, dès le 7 octobre 1993 à 12 h, une diminution conjointe des températures et conductivités sur les forages F2 et F5 exploités respectivement à 40 et 44 m³/h (figure 13).

Cette intervention, en période d'étiage de la nappe karstique et en milieu partiellement envasé, a été à l'origine d'un processus d' "Inversac". L'eau de l'Etang, salée, exerçant une pression supérieure à celle de l'eau douce, a alors envahi le karst Jurassique. L'écoulement s'est donc trouvé inversé et cet apport massif d'eau salée a profondément affecté la température et la qualité des eaux exploitées par les captages F2 et F5 des thermes de Balaruc.

A la baisse de température de 10 à 20°C en quelques heures, a fait suite une augmentation du niveau de l'eau sur la presqu'île, de 1 à 2 m, observée sur 30 à 50 cm aux forages F3 et F2C, situés respectivement à 2 700 et 3 500 m au NE de la Vise (figure 14). Ces deux forages étaient équipés d'enregistreurs pour contrôler l'incidence des pompages à 108 m³/h alors entrepris par le CERGA sur F2E.

L'incidence sur la source Cauvy située à 1 km à l'ENE, avec augmentation notable de la salinité, a été à l'origine de l'arrêt de son exploitation pour l'eau potable.

Les épisodes pluviométriques du 28 au 31 Octobre 1993 : 125 mm à Sète et 82 mm à Villeneuve-Lès-Maguelonne, ont heureusement permis le rétablissement normal de l'écoulement de la Vise dans l'Etang, et l'instauration des caractéristiques d'origine en chacun des points sollicités.

Evénements antérieurs

En mai 1984, ce même processus d'Inversac sur la Vise, également consécutif à une intervention humaine sur le griffon, avait conduit à l'arrêt des pompages sur Cauvy pendant plus de 20 mois : de mai 1984 à février 1986. En l'absence d'enregistrements, nous avons moins d'informations précises sur cet épisode. En novembre 1984, la teneur en chlorures était de 2,7 g/l à Cauvy.

D'octobre 1967 à mars 1968 (en l'absence de la cloche mise en place en 1981), un étiage sévère des nappes karstiques, couplé à des pompages d'exhaure des mines à très forts débits (600 à 1 000 m³/h à Cambelliès) avaient été à l'origine de l'arrêt de Cauvy par suite soit d'un Inversac sur la Vise, soit d'un tarissement et d'une obturation de cette émergence. Cet arrêt prolongé de fonctionnement de la Vise a été suivi par un envasement des griffons.

Conséquences directes

Toute action, intervention et/ou modification des régimes d'exploitation sur l'une des composantes du système karstique dans ce secteur sensible en fragile équilibre, est à l'origine de perturbations notables sur l'ensemble des ouvrages exploités, tant pour les thermes, que pour l'eau douce, que pour l'aquaculture.

Les arrêts temporaires, de plus ou moins longue durée, de l'écoulement de la Vise dans l'Etang ont également une incidence sur les niveaux et surtout sur la qualité des eaux exploitées pour les thermes et pour l'AEP. Le processus d'Inversac sur la Vise est à l'origine des plus grands désordres.

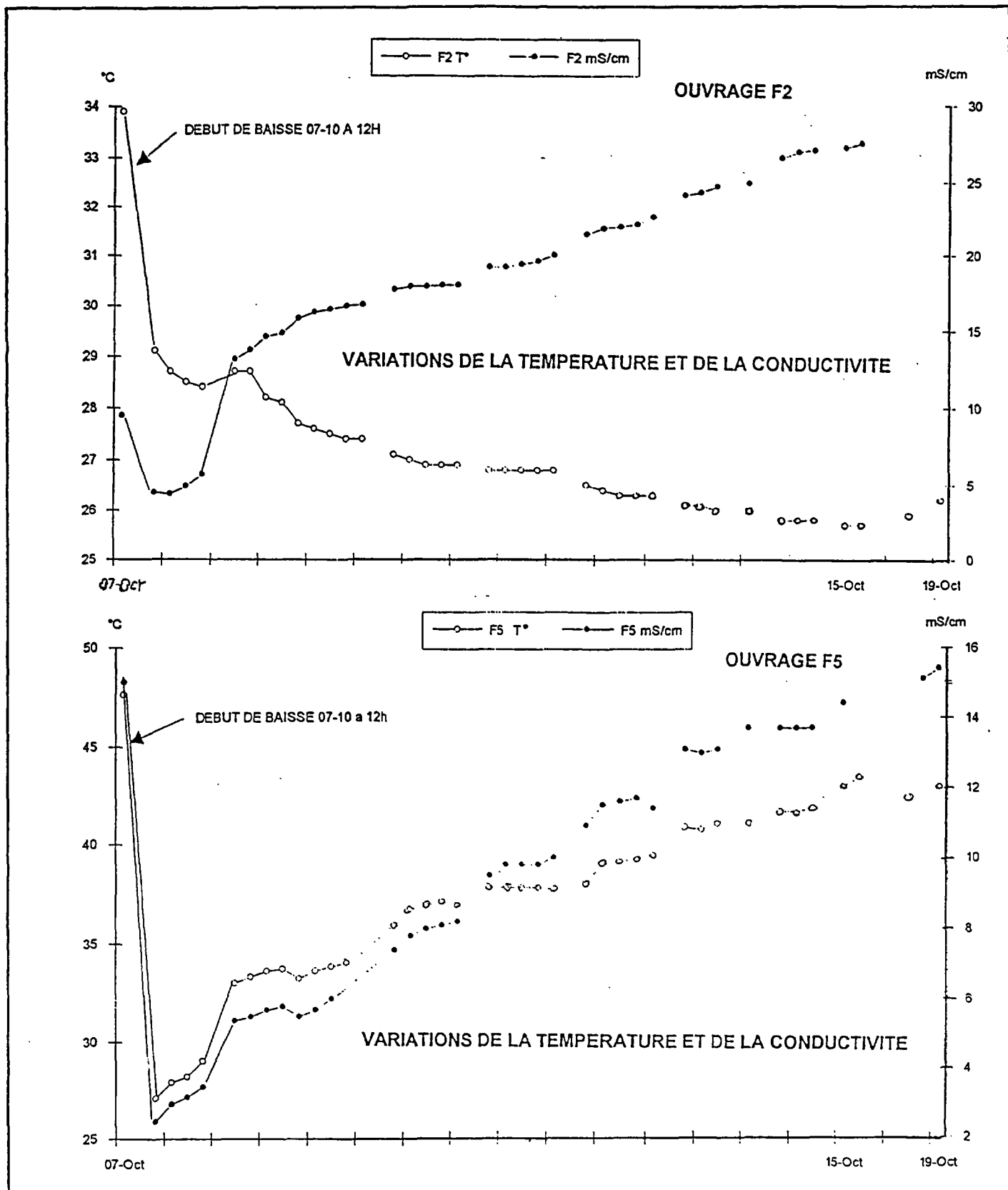


FIGURE 13 -
EVENEMENT du 7 octobre 1993 sur la VISE:
ENREGISTREMENTS PAR LES THERMES DE BALARUC EN F2 ET EN F5

DEPARTEMENT DE L'HERAULT

C.E.R.G.A. 1993

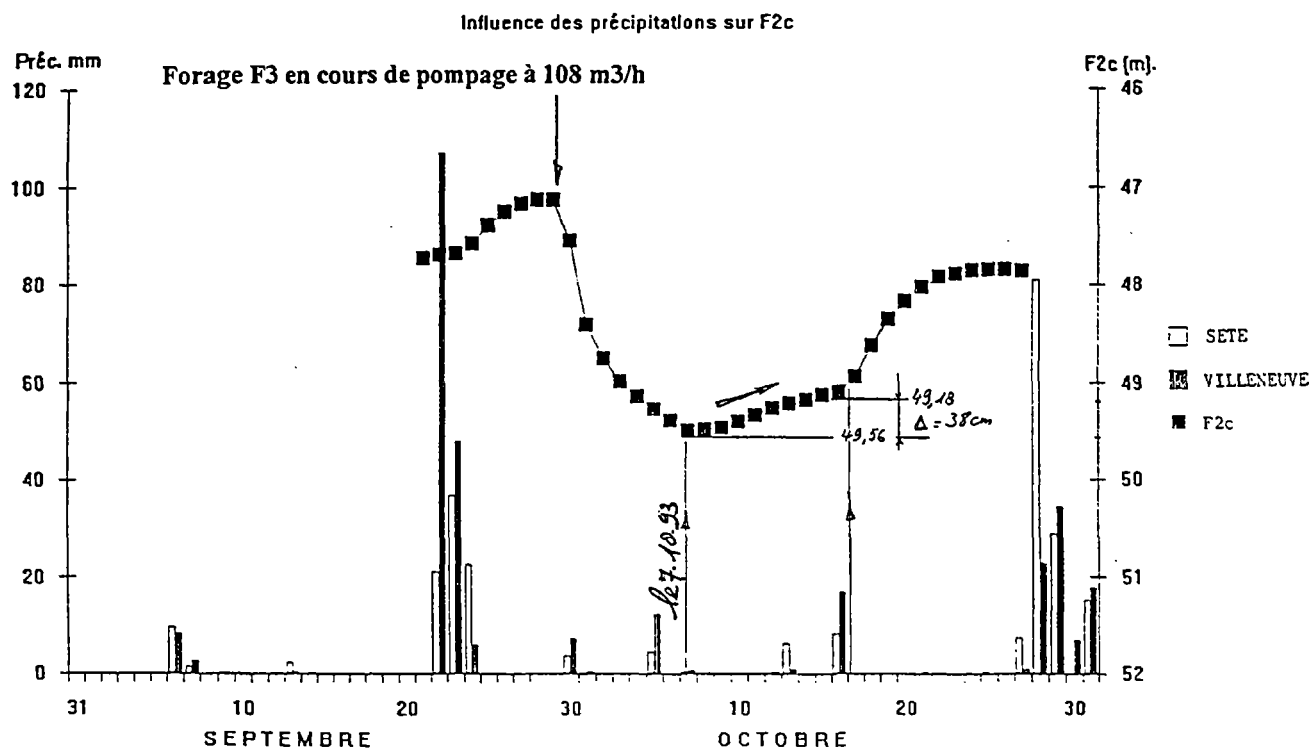
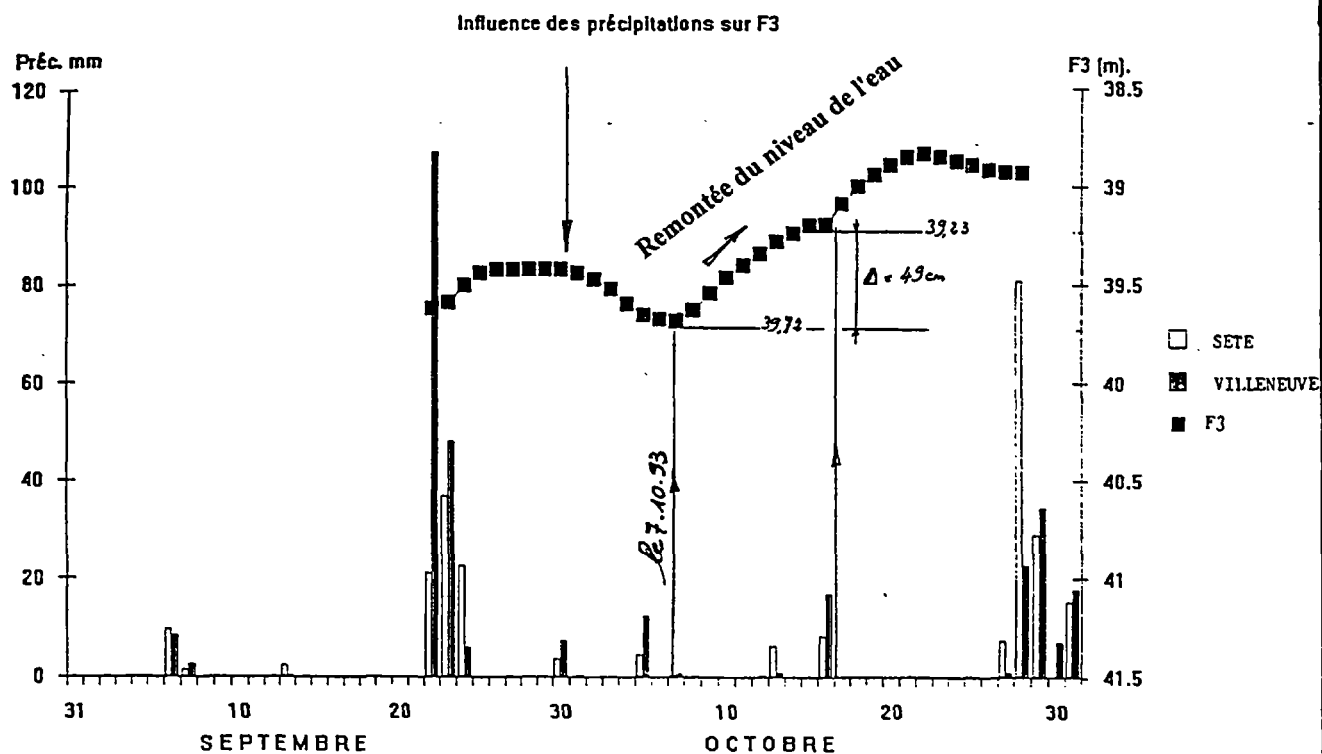


FIGURE 14 - EVOLUTION DES NIVEAUX D'EAU
aux forages F3 et F2c en septembre-octobre 1993

Une gestion rigoureuse de l'exploitation des eaux souterraines dans ce secteur doit donc être instaurée. D'ailleurs des mesures sont déjà prises, tant pour les thermes que pour l'eau potable exploitée à Cauvy, visant à ne plus augmenter les prélèvements, et à exploiter à débit constant chaque captage.

Le secteur karstique du NE de l'Etang de Thau est réputé sensible et fragile parce que les exploitations cumulées par pompages se trouvent être excessives, lors des étiages sévères, par rapport aux potentialités de l'aquifère.

Les fortes pluies, avec des effets bénéfiques, sur la recharge des nappes et sur les remises en fonctionnement "normal" de la Vise, les marées et variations de pressions barométriques ; les vents, ..., sont autant d'éléments qui perturbent l'équilibre local, à l'origine notamment :

- de la non constance des paramètres physico-chimiques par suite de mélanges d'eaux en proportions différentes,
- du "relargage" de pollutions bactériologiques depuis les zones de battement des nappes vers les ouvrages d'exploitation.

L'ensemble du fonctionnement hydrodynamique du système doit prendre en compte l'ensemble de ces facteurs, et parmi eux, le facteur piézométrique est très important.

Le réseau de surveillance à installer doit cependant déborder le cadre de la presqu'île de façon à aller du simple et déjà tardif constat d'événements à la prévention, et si possible à l'alerte avant tout épisode accidentel.

Ce réseau est à définir dans la suite logique des résultats d'actions préconisées dans l'immédiat et à court terme, telles que définies au chapitre 7.

5.2. PROGRESSION DU BISEAU SALE

A l'occasion d'études récentes entreprises par le Conseil Général de l'Hérault, les mesures de conductivité effectuées dans les ouvrages du secteur de Frontignan montrent une progression du biseau salé qui affecte l'eau souterraine du karst de la Gardiole vers l'intérieur des terres.

Ce même constat a été mis en évidence dans les années 1980 sur le puits peu profond du Poilu à Mireval, puis dans les années 1990 sur le forage de Karland, dans le même secteur, plus en retrait. Cette intrusion saline a conduit à l'arrêt de l'exploitation de cet ouvrage pour l'AEP de la commune.

De même, dans le prolongement NE de la Gardiole, en zone de plaine, des pompages de très longues durées au Mas Neuf ont montré un accroissement notable de la conductivité et de la minéralisation des eaux, passant de 0,6 à 1,3 g/l, soit au-delà des normes d'AEP.

Pour ce qui concerne la prévention, des mesures ont été prises pour mettre en place un réseau de surveillance piézométrique et qualitatif en aval d'Issanka, vers la Crique de l'Angle.

Dans ce même sens, un suivi en continu des niveaux, des températures et de la conductivité des eaux a également été instauré sur les forages de la station de pompage du Flès (AEP de

Villeneuve-Lès-Maguelonne). Il indique, lors des périodes d'étiage, une augmentation de la conductivité de l'eau pour l'instant limitée, mais réelle.

Une approche globale à l'aval hydraulique du système karstique de la Gardiole est à entreprendre afin de rendre compte de l'évolution de ces intrusions salines, notamment avec l'installation d'équipements de mesures de prévention et d'alerte.

Enfin, l'exemple de l'Inversac constaté à plusieurs reprises sur la Roubine de Vic devrait conduire à l'exécution, à très brefs délais, d'aménagements efficaces de protection de la nappe au droit des griffons, comme il l'a déjà été demandé par certains hydrogéologues et rappelé par la DDASS.

5.3. VULNERABILITE DES AQUIFERES

Une carte de vulnérabilité des aquifères pour le département de l'Hérault a été établie en juin 1990 par le BRGM, qui rappelle la zonalité des secteurs les plus sensibles suivant la nature des formations.

Une étude très détaillée effectuée par le Bureau d'Etudes SIEE en 1992, dans le cadre du Contrat de Baie, a d'autre part permis de localiser les foyers essentiels de pollutions potentielles dans le bassin versant de l'Etang de Thau : eaux usées, rejets de caves vini-viticoles, rejets industriels, zones urbanisées, pollutions par les eaux pluviales, la conchyliculture, les déchets de détrocage

Si les aquifères sont le plus vulnérables aux abords immédiats des captages, c'est dans le sens de leur protection plus globale que sont délimités et instaurés les périmètres de protection rapprochée et éloignée

On se référera donc à l'ensemble des enquêtes géologiques réglementaires et autres prescriptions dictées dans les rapports des CDH et des DUP, puis reprises dans les Arrêtés Préfectoraux d'autorisation d'exploitation, pour se rendre compte de l'impact possible de certains aménagements sur la qualité des eaux des aquifères. Les rapports d'enquête sur les forages de Villeneuve et sur la ZAC de Cacaussels sont exemplaires. Encore faut-il respecter et mettre en oeuvre les éléments de protection à prendre en compte tels qu'ils y ont été définis.

L'environnement du captage de Cauvy est édifiant à voir, mais n'est pas le seul.

Certaines anciennes carrières d'exploitation de bauxite sont d'autres regards directs sur les nappes qu'il convient aussi absolument de protéger, d'en interdire l'accès, ou de remblayer avec des matériaux inertes, dans des conditions sanitaires optimales.

5.4. RELATIONS NAPPES - ETANG

Pour l'Etang de Thau, la nappe karstique de la Gardiole et son extension avec la Montagne de Sète et la presqu'île de Balaruc, la nappe karstique d'Aumelas - La Moure, sous couverture, les formations du Crétacé à l'Eocène, puis à l'Oligo-Miocène dans les prolongements du fossé de Montbazin-Gigean et du Bassin de Villeveyrac, la nappe de l'Astien, les nappes plio-quadernaires des collines et basses plaines de l'Hérault, les nappes "lenticulaires" des cordons littoraux, forment autant d'interfaces nappes - étang jusqu'à présent non étudiés.

A ces interfaces latéraux s'ajoutent les possibles communications par drainances verticales, ascendantes ou descendantes, entre nappes et entre les nappes sous-jacentes et le fond de l'Etang.

Le "biseau salé" n'a donc peut-être pas toujours l'allure théorique plongeante vers l'intérieur des terres : l'interface eau douce - eau salé se situant sous le niveau de la mer à une profondeur 40 fois plus grande que la hauteur de la nappe d'eau douce au-dessus du niveau de la mer.

Le contact des eaux de densité différente varie également en fonction des lois de l'hydrodynamique, des phénomènes de diffusion, des contextes lithologiques et pétrographiques, de la qualité des eaux incluses dans les sédiments au moment de leur dépôt, des écoulements souterrains et sous-marins..., tout autant de facteurs à prendre en compte.

De même, pour les autres étangs de la frange littorale en relation avec les aquifères karstiques, sablo-gréseux et caillouteux, nous ne disposons pour l'instant d'aucune étude précise qui rende compte des relations et de l'évolution des interfaces eaux douces - eaux salées. Il faut donc identifier, et quantifier les apports respectifs de la nappe vers les étangs, et des étangs vers la nappe, modéliser les flux, échantillonner et caractériser les eaux du point de vue chimique et isotopique.

L'approche de ces relations à l'interface nappe-étang devra faire l'objet d'études détaillées à entreprendre en liaison avec les grands thèmes de la recherche sur les transferts d'eau et de solutés entre les aquifères et les étangs littoraux.

6 - ACTIONS PRECONISEES

Il résulte des premières analyses que les conflits d'usages directement liés à la ressource en eau souterraine peuvent faire craindre à terme une modification des conditions d'alimentation en eau de l'Etang, susceptible d'induire un déséquilibre écologique.

Plusieurs axes d'investigations ont donc été identifiés :

- connaissance et reconnaissances de la nappe profonde des calcaires du Jurassique sous couverture, extensions vers l'Ouest et le SW du Causse d'Aumelas,
- compléments d'inventaire des nouveaux points d'eau, acquisition et mise en forme des données volumétriques et d'analyses, évolution des prélèvements et de la qualité des eaux,
- conception, mise en place et instauration d'un dispositif de suivi permanent et d'un réseau d'alerte au NE du Bassin de Thau : aspects quantitatifs, piézométriques et qualitatifs,
- analyse du comportement des eaux et essais d'identification du fonctionnement du système hydrothermal, analyses isotopiques, éléments majeurs et éléments-traces, contexte environnemental et incidences sur la bactériologie.
- mécanismes hydrodynamiques et structures profondes des réservoirs calcaires sous le Bassin de Thau entre Bouzigues et Frontignan, et au travers du fossé de Montbazin-Gigean avec l'exécution de profils sismiques réflexion haute-résolution,
- choix techniques et modalités d'équipements et de suivis des sources de la Vise et d'Ambressac
- réalisation d'opérations nouvelles de traçages afin de mieux cerner les zones d'alimentation et les liens entre les divers exutoires,
- relevés thermographiques et conductimétriques en vue de l'identification d'autres éventuelles venues d'eau douce dans l'Etang,
- suivi qualitatif et surveillance du biseau salé depuis Agde (nappe de l'Astien) jusqu'à Lattes (extrémité NE de la Gardiole).

En conclusion de la synthèse réalisée, il apparaît que plusieurs actions méritent d'être entreprises, dont certaines pourraient être lancées immédiatement.

Le tableau suivant présente quelques unes de ces actions, en indiquant les objectifs visés, leur contenu, les modalités de mise en oeuvre, le degré d'urgence et une première estimation sommaire des coûts (tableau 4).

Cette liste n'est pas limitative, d'autres opérations pouvant apparaître nécessaires au fur et à mesure des résultats et de l'avancement de celles qui seront entreprises.

TABLEAU 4 : ACTIONS PRECONISEES DANS LE BASSIN DE THAU

n°	Objectifs	Description de l'action	Priorité*	Moyens à mettre en oeuvre
1A	Etat actuel des aménagements de la Vise	Plongée de vérification des installations : "cloche" et conduites de prélèvement, envasement.	1	Plongée, photographies.
1B	Amélioration des connaissances du régime et de la qualité des sources de la Vise et d'Ambressac. Amélioration des équipements en place.	A la suite de l'action 1A, conception et définition de différentes options d'aménagements ; choix des équipements et de suivi des débits, charges et qualité des eaux.	1	Etude par Bureau d'Etudes spécialisé et installation de matériel.
2	Recherche de nouveaux captages, statistiques sur les prélèvements et sur la qualité de l'eau.	Recueil des informations, auprès des organismes, Bureaux d'études et entreprises sur les nouveaux captages, vérifications sur le terrain, analyse critique et interprétation.	1	Création de fichiers informatiques, intégration aux bases de données (notamment BSS).
3	Caractérisation des zones d'alimentation des exutoires à l'aval des systèmes karstiques et recherche des relations existant ou non entre ces exutoires.	Réalisation de nouveaux traçages (3 à 4) par méthode quantitative. Fonctionnement et caractéristiques de l'aquifère entre pertes et exutoires.	1	Colorations avec application de méthodes quantitatives ; analyse des courbes de restitution.
4	Centralisation et coordination des informations sur les débits et volumes prélevés, sur les niveaux piézométriques et sur la qualité de l'eau dans la zone sensible du NE du Bassin de Thau	Entre Issanka, la presqu'île et Ambressac, centralisation des informations déjà collectées, sélection de nouveaux points et installations complémentaires. Mise en forme et traitement des données. Information et mise à disposition à l'ensemble des acteurs.	1	Saisie des données in-situ, télétransmission, constitution d'une base de données, restitutions graphiques, interprétations.

5	Amélioration de la connaissance sur le fonctionnement du système hydrothermal de Balaruc, évaluation des apports et des risques de pollution, étude des structures profondes	Identification des différents types d'eaux : eaux thermales profondes, eaux douces et eaux saumâtres des systèmes karstiques, eaux salées de l'étang. Etude du contexte environnemental, identification et origine des activités et des zones à risques.	1/2	Analyses isotopiques, dosages des éléments majeurs et éléments-traces, suivi bactériologique, sismique réflexion haute-résolution.
6	Repérage d'éventuelles venues d'eaux douces dans l'Étang (autres que la Vise)	Cartographie des températures et conductivités de l'eau de l'étang (la thermographie aéroportée de 1972 était indicative seulement des températures de l'eau en surface).	2	Mesures in-situ en bordure de l'étang, profils thermographiques et conductimétriques, maillés
7	Actualisation du modèle mathématique de gestion de l'aquifère jurassique. Adaptation de l'outil aux simulations locales dans la zone sensible ("zoom").	Intégration des nouvelles données acquises aux points 1B, 2 et 4. Adoption d'un nouveau maillage ("zoom") dans la zone sensible, calages et simulations.	2	Modèle mathématique MARTHE existant à adapter.
8	Contrôle des évolutions du biseau salé sur la frange littorale, délimitation cartographique.	Identification et analyses des événements récents antérieurs, délimitation de la zone contaminée par les intrusions salines, conception d'un réseau d'alerte sur Agde : nappe de l'Astien et dans le secteur NE de la Gardiole.	3	Analyse des chlorures sur les captages du littoral (éventuellement réalisation d'ouvrages de contrôle).
9	Evaluation des ressources globales de l'aquifère karstique en zone captive : extensions W et SW du Causse d'Aumelas et de la Moure	Synthèse des connaissances hydrogéologiques du karst jurassique en secteur sous couverture : limites du système, caractéristiques hydrodynamiques, chimie des eaux. Des sondages de reconnaissance seront programmés à la suite de cette analyse.	3	Synthèse bibliographique, éventuellement exécution de sondages et de tests de pompage.

* Degrés de priorité :

- 1 immédiate
- 2 à court terme
- 3 à moyen ou long terme

Synthèse géologique et hydrogéologique du Bassin de THAU

ANNEXES



*Synthèse géologique et hydrogéologique
du Bassin de THAU*

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

	Pages
AVANT-PROPOS	1
1. LE GISEMENT HYDRO-THERMO-MINERAL DE BALARUC-LES-BAINS	2
1.1. Présentation et évaluation des besoins en eau	2
1.2. Historique sur la réalisation et l'exploitation des ouvrages	3
1.3. Caractéristiques géologiques et structurales, cheminement des eaux	5
1.4. Gestion et suivi du gisement hydro-thermo-minéral	8
2. LES RESSOURCES EN EAUX THERMALES ET THERMO-MINERALES DE LA VILLE DE SETE	10
2.1. Historique	10
2.2. Contexte géologique et structural	10
2.3. Résultats des reconnaissances	10
2.4. Exploitations projetées et possibles	12
2.5. Etat actuel	12
3. LA SOURCE SOUS-MARINE DE LA VISE	13
3.1. Historique	13
3.2. Description de l'émergence	13
3.3. Débit de la source principale	14
3.4. Contrôles et mesures in situ	14
3.5. Relations avec l'eau thermale	15
3.6. Aménagements anciens et équipements actuels	15
4. LA SOURCE D'AMBRESSAC	18
5. LE FORAGE DE LA CASTILLONNE	19
6. LA STATION DE POMPAGE DE PINET	20
6.1. L'ancien forage	20
6.2. Le forage de l'Omezon F2	21
7. L'AEP DE SETE A PARTIR DU SITE D'ISSANKA	22
8. LE SYNDICAT DE BALARUC-FRONTIGNAN	32
9. L'AEP DE MIREVAL	40
10. L'AEP DE VILLENEUVE-LES-MAGUELONNE	43

AVANT PROPOS

Les présentes annexes constituent un complément au rapport de synthèse. Elles présentent de façon plus détaillée les éléments rassemblés sur tel ou tel autre sujet spécifique.

Nous avons d'abord décrit les aspects particuliers au Nord-Est de l'Etang de Thau et notamment ceux touchant au domaine hydro-thermo-minéral de Balàruc-les-Bains et de Sète.

La source de la Vise, utilisée pendant plusieurs années pour l'aquaculture, fait l'objet d'un développement beaucoup plus important que pour celle d'Ambressac, exploitée par un industriel, et pour laquelle nous n'avons que peu de données.

Les autres points essentiels abordés ici portent sur la fourniture en eau potable des communes, essentiellement ciblée sur l'exploitation du karst jurassique à Issanka, à Cauvy et au NE de la Gardiole avec les problèmes de débits disponibles et de qualité des eaux de ces réservoirs : turbidités épisodiques et intrusions salines.

1. LE GISEMENT HYDRO-THERMO-MINERAL DE BALARUC-LES-BAINS

1.1. Présentation et évaluation des besoins en eau

Balaruc-les-Bains est la troisième station thermale de France, avec près de 35 000 curistes en 1994. Elle est exploitée en régie municipale et ouverte dix mois par an, du 15 février au 15 décembre. La station thermale ancienne présentait dans les années 1960 des problèmes de quantité et de qualité bactériologique de l'eau, problèmes qui apparaissent encore épisodiquement dans certains captages. Elle s'est tournée résolument depuis 1963 vers l'exploitation par forages avec des profondeurs le plus souvent inférieures à 150 m.

Deux établissements thermaux sont en fonction :

- ATHENA, construit en 1969,
- LES HESPERIDES depuis juillet 1987.

Les soins préconisés portent sur la rhumatologie et la gynécologie. On y pratique la pélothérapie (application de boues) et l'hydrothérapie en piscines, bains et douches. Les besoins se situent en eau chaude à 41/42°C et en eau froide à 34°C. Ils sont en moyenne de 430 l/jour par curiste.

Sur ces bases, les besoins en eau en 1988 étaient de 65 m³/h dont 40 m³/h pour "Athéna" et 25 m³/h pour "Les Hespérides". Ils sont de 70 m³/h en 1995.

Ces besoins en eau croissants résultent de l'évolution du nombre de curistes, passant :

de	3 720	en 1969
	6 200	en 1973
	12 903	en 1978
	20 646	en 1982
	27 388	en 1988
à environ	34 000	en 1993

Cette progression a été en moyenne de 1 400 curistes par an depuis 20 ans.

Depuis 1993, le nombre de curistes paraît se stabiliser, l'établissement voulant privilégier la qualité de l'eau avec l'adoption de débits constants et l'accroissement des capacités des bassins de stockage, plutôt que de s'exposer aux aléas résultant de trop fortes sollicitations du gisement thermal.

La constance des paramètres physico-chimiques pour les eaux exploitées est une nécessité, tout comme l'absence de contaminations bactériennes pourtant décelées de façon répétée en 1992, puis en 1993 et 1994 : *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*.

1.2. Historique sur la réalisation et l'exploitation des ouvrages

Epoque romaine à 1917, agrément et bains.

- 1712 Source originelle protégée , 1753 "Pavillon SEVIGNE".
- 1807 à 1873 Périmètres de protection et nouvelles sources (2).
- 1894 Enquête de Jacot et Willm, eau à 10,2 g de sel/l,
T = 48°C, débit = 300 m³/j soit 12,5 m³/h.
Source ancienne (DIP du 21 Juillet 1866), abandonnée en 1968.
- 1961 L'établissement thermal municipal a des problèmes de variations de température et de pollution des eaux.
- 1963 Etudes et travaux en vue de l'amélioration des captages, prospection géophysique et hydrogéologique, exécution de 26 sondages de reconnaissance dont 3 forages d'exploitation.
- 1968 Exploitation à plus fort débit pour S12, S17 et S22 (53, 50,5 et 32 m de profondeur), persistance de la pollution bactérienne .
- 1979 Pompages simultanés pendant 30 jours à 29 m³/h, T = 42,5 à 43°C, contamination confirmée. Les besoins se situent entre 400 et 500 m³/j : 20 à 25 m³/h.
- 1981 Réalisation de 4 sondages de reconnaissance :
 - F1 profondeur : 200 m, pompage à 22 m³/h, T = 28°C(jamais utilisé)
 - F2 profondeur : 150 m, pompage à 40 m³/h, T = 39,2°C, contamination
 - F3 profondeur : 175 m, pompage à 23 m³/h, T = 42°C, contamination
 - F4 profondeur : 55 m, pompage à 11,5 m³/h, T = 39°C, potable (minéralisée)

En décembre 1981, abandon des anciens captages S12, S17, S22.
S17 reste exploité à 15m³/h pour l'écloserie des Poissons du Soleil.
- 1982 Le forage F2 est transformé en ouvrage d'exploitation : "Source du Docteur H. GUIBERT". Il est protégé par 38 m de formations mameuses (couverture mio-pliocène), et capte les dolomies en trou nu entre 59 et 130 m. Variations de température de 46 à 35°C. Mélange à 70 %, d'eaux continentales peu minéralisées et à 30 % 30 % d'eaux salées (minéralisation = 10 g/l). F2 est exploité à 40m³/h.

- 1983 Forage F5 à 490 m de profondeur. Sous 72 m de couverture, il traverse les dolomies et calcaires du Jurassique supérieur de l'Argovien et du Callovien.
Température maximale à 84 m : 43°C, et minimale à 490 m avec 19°C.
Bouchon de ciment placé entre 105 et 128 m, après retrait du tubage 10"3/4. En trou nu de 75 à 105 m.

Encore appelé "Source du MOURE", testé entre 50 et 113 m³/h, T = 50 à 51,3°C
Interférences avec F2, S12, S17, S22 et avec la Vise.

Eau douce froide indiquée comme vecteur de pollution bactériologique.
Télésurveillance préconisée.
- 1985 Adoption d'un débit de 40m³/h en F5 et de 25 m³/h en F2 ; total = 65 m³/h.
- 1986 Prospection radon. Réalisation du forage F6 "Source des HESPERIDES", calcaires à 58,5 m ; profondeur 63,50 m ; tube cimenté jusqu'à 61 m.
Mélange d'eau douce et d'eau thermale : 5,23 g/l, T = 34 à 30°C.
Tests de pompage décembre 1986 : F2 + F5 + F6 (à 30 + 20 + 20) = 70 m³/h
- 1987 Test de pompage à 40 + 25 + 25 = 90 m³/h (F5 contaminé). Plus le débit augmente, et plus la température diminue (à 70 m³/h, T = 44,3°C ; à 90 m³/h, T = 35,8°C). Eau thermale d'origine profonde (65°C à 1 500/1 600 m de profondeur) remontant à la faveur d'un accident NNE - SSW pour se présenter en surface en volume lenticulaire sous les marnes. Elle se mélange aux eaux froides du réservoir jurassique : eaux douces et eaux salées.

Il y a plusieurs interfaces qui se déplacent en fonction des différentes charges hydrauliques, de la pression atmosphérique, des précipitations, des variations du niveau de l'eau dans l'étang, des déséquilibres créés par les différents pompages.
- 1988 Réalisation du forage F7 en bout de presqu'île, abandonné à 250 m, marnes de 0 à 135 m.
Débit préconisé 40 m³/h en F2 + 25 m³/h en F5 = 65 m³/h.
Description des interférences et des quatre situations-types suivant l'analyse des variations de débits, conductivités, températures, niveaux dynamiques, pression atmosphérique, pluies, marées et vent.

Définition d'un régime hydrodynamique en équilibre instable dans lequel les variations de niveau de l'étang de Thau et de débit de la Vise sont impliquées.
Source romaine (originelle) en pompage à 15 m³/h pour l'écloserie.
Forages F2 + F5 + F6 en pompages entre 65 et 85 m³/h.
Rapport sur la protection, l'amélioration et la gestion de la ressource.
Carte de vulnérabilité.

- 1991 Télé-suivi et enregistrement en continu des principaux paramètres de la nappe d'eau thermale : température, conductivité, débits, niveaux dynamiques, précipitations, pression atmosphérique, niveau d'eau dans l'étang.
Réalisation du forage F8 (Jeu de Tambourin à 11,50 m de F7), profondeur 407 m, exploité à 15 m³/h depuis septembre 1993. Pas d'interférences avec les pompages en F2 à 45 m³/h et F5. Faible productivité en F8, T = 37°C, résidu sec = 11 g/l.
Exploitation de F2 et F5 à 84 m³/h de juin 1991 à décembre 1993.
Arrêt de l'exploitation en F6 à 25 m³/h pour les Hespérides le 3 juin 1991.
- 1994 A compter de février 1994, exploitation à débit constant à 70 m³/h : F2 à 15 m³/h + F5 à 40 m³/h + F8 à 15 m³/h.
- 1995 Réalisation du forage F9, à 200 m au Sud du F5, calcaires à 88 m, profondeur 119 m, pompages à 5/10 m³/h, T = 49,8°C.

Tous ces ouvrages sont repérés sur l'extrait de carte IGN de la figure 15.

1.3. Caractéristiques géologiques et structurales, cheminement des eaux

Les formations calcaires et dolomitiques du Jurassique supérieur d'où émergent les sources thermales affleurent au Pioch d'Ay et au Pioch Méja. Entre ces deux collines apparaît la source Cauvy, eau douce froide, épisodiquement plus salée, captée par le Syndicat de Balaruc - Frontignan.

Les eaux thermales ont une origine profonde qui les situent, d'après les géothermomètres entre 1 500 et 1 600 m avec une température initiale de 65°C.

A la faveur d'accidents dans les calcaires, dont les failles principales pourraient être de direction NE/SW, dans le prolongement vers le Sud de la Gardiole, ces eaux remontent par le fait de leur température plus élevée et de leur moindre densité que les eaux froides, douces ou salées.

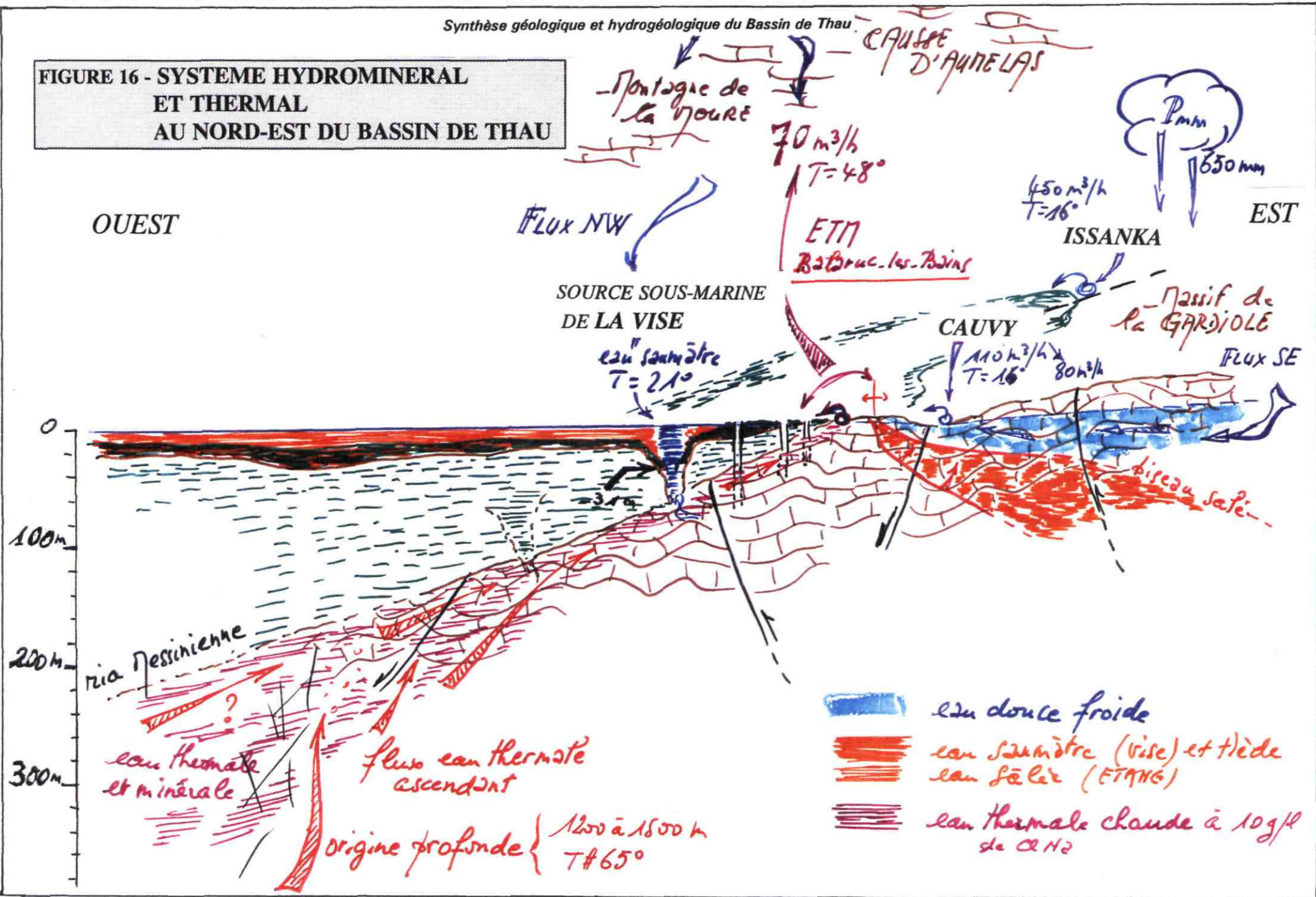
Elles cheminent ensuite au contact du toit imperméable représenté par les marnes du Miocène et par les formations argilo-sableuses du Pliocène.

La coupe NW/ SE entre le gouffre de la Vise et la source originelle déduite des coupes des forages F1 à F5 (figure 12 in texte), indique une couverture mio-pliocène d'épaisseur croissante vers la Crique de l'Angle.

Dans le réservoir de subsurface, les mélanges avec les eaux froides qu'elles soient douces, venant du continent, ou salées venant de l'étang, ramènent la température des eaux thermales entre 50 et 51°C. Une température plus basse indique une proportion plus forte d'eaux douces froides (forage F6).

Plusieurs schémas de circulation souterraine ont été proposés avec des situations indiquant le fonctionnement possible en "Inversac" à l'origine de l'invasion des eaux marines à travers la Vise. Nous avons synthétisé ces situations et interactions supposées ou probables sur la figure 16.

FIGURE 16 - SYSTEME HYDROMINERAL ET THERMAL AU NORD-EST DU BASSIN DE THAU



1.4. Gestion et suivi du gisement hydro-thermo-minéral

Depuis la fin de l'année 1991, les principaux paramètres de la nappe d'eau thermale sont suivis et enregistrés en continu sur les ouvrages F2, F5, F6, F7 et F8 : température, conductivité, niveau piézométrique ; sur Cauvy et la Vise : températures.

Le dépouillement de ces données est effectué semestriellement. Nous reproduisons ci-après les variations de températures observées en F2 et F5 qui montrent l'incidence des débits prélevés sur la Vise (figure 17).

La pression atmosphérique est celle de Sète, les précipitations sont celles du poste du Pouget, le niveau de l'étang de Thau est pris au droit de l'unité des "Poissons du Soleil".

Depuis le début de l'année 1995, les données météo journalières du Sémaphore de Sète sont reçues au laboratoire des Hespérides : températures maximales et minimales, humidité maximale et minimale, pluies, vents, avec direction et vitesse, pression, insolation.

Les installations en place sont cependant en partie à revoir, à réparer et à adapter ou à reconcevoir pour certains points.

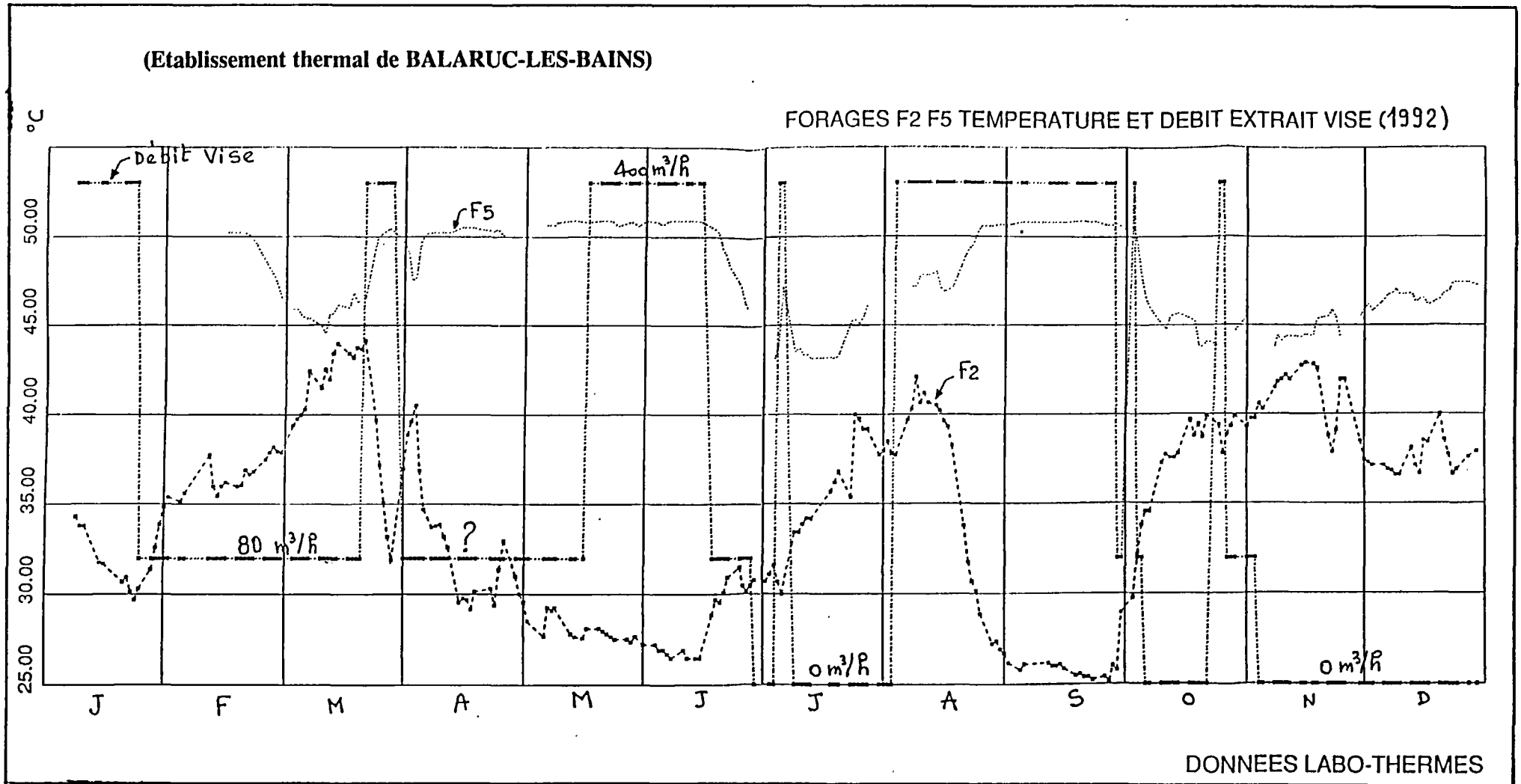


FIGURE 17 - INCIDENCE DES DEBITS PRELEVES A LA VISE SUR LES TEMPERATURES DES FORAGES F 2 ET F 5

2. LES RESSOURCES EN EAUX THERMALES ET THERMO-MINÉRALES DE LA VILLE DE SETE

2.1. Historique

La présence d'eau minéralisée et chaude était probablement connue à Sète dès l'Antiquité, elle était tombée dans l'oubli jusqu'aux années 1950.

A partir de 1962 à 1964, l'existence d'une nappe souterraine minéralisée, chaude à tiède, est confirmée par la réalisation de forages dans le quartier des Métairies : puits DI SHINO. Les eaux y atteignent une température de 37°C et font l'objet d'analyses en vue d'une utilisation thermique. La contamination bactériologique de cette eau en 1966 entraîne l'abandon du projet.

En 1983, le forage géothermique des Métairies est réalisé en vue du chauffage du nouvel hôpital.

En 1986, un projet de création d'un centre thermal conduit la Municipalité de Sète à reprendre les investigations, avec l'exécution de deux sondages de reconnaissance à la Pointe du Lazaret et à la Carrière de Py, suivis en 1989 de la création d'un nouveau forage hydrothermal aux Métairies, à 25 m du premier, équipé dans les règles de l'art. Tous ces ouvrages sont repérés sur la figure 18 à 1/25 000.

2.2. Contexte géologique et structural

Les calcaires dolomitiques et les dolomies du Jurassique sont très karstifiés et fissurés. Ils affleurent sur le Mont-St Clair, recouverts au Nord par les marnes argileuses et silts du Mio-Pliocène.

Ce massif isolé, mais dans le prolongement SW du massif de la Gardiole et du gisement thermal de Balaruc, montre une ressource en eau thermique d'origine profonde. Elle migre et forme une lentille qui "flotte" car moins dense que les eaux douces et que les eaux salées froides voisines avec lesquelles elle se mélange. Les températures élevées au Nord, moyennes au Centre, sont basses vers le Sud où des sorties sous-marines en Méditerranée ne sont pas à exclure.

Les conditions optimales de leur présence et de leur exploitation se situent au Nord, comme l'indique la cartographie "Radon". Ce type de prospection occulte cependant le secteur du Barrou, où les conditions de protection naturelle du gisement thermal paraissent les mieux assurées.

2.3. Résultats des reconnaissances

Le document de synthèse du BRGM 89 LRO 790 PR présente les résultats obtenus lors des reconnaissances des travaux d'équipement, des essais de pompage et des analyses d'eau.

Ouvrage	Date	Prof(m)	T(°C)	Minéral. (g/l)	Débit (m ³ /h)	Analyses
Puits DI SHINO	(1963)	150	37			(+)
Forage géothermique des Métairies 1	1983	976	48	10/11	130	(+)
Forage de la Pointe du Lazaret	1989	35	19	22	?	-
Forage de la Carrière du Py	1989	84	25	10	40	+
Forage thermal des Métairies 2	1989	100	47	10	40/200	+

On note une diminution de la température des eaux du Nord vers le Sud, couplée à une minéralisation plus importante en bordure de mer par invasion d'eau salée.

Les eaux des Métairies et du Py sont identiques à celles de Balaruc.

Les géothermomètres (équilibres chimiques de certains composants) indiquent une température à 65°C dans le magasin profond originel, le situant à une profondeur de 1 500 à 1 600 m. La datation isotopique du Tritium indique un âge supérieur à 38 ans (avant les essais nucléaires des années 1950-1960).

Ce sont des eaux thermales, chlorurées, sodiques, très minéralisées (10 g/l). Elles sont riches en CO₂ (eaux carbogazeuses) et présentent un caractère réducteur. Par rapport aux eaux thermales de Balaruc, on note ici une plus grande richesse en anhydride carbonique.

2.4. Exploitations projetées et possibles

Cette ressource présente des caractéristiques hydrogéochimiques très stables. Il n'a pas été noté d'interférence lors des pompages de longue durée (un à deux mois au Py et aux Métairies) avec les ouvrages exploités à Balaruc.

L'exploitation prévue pour usage médical par hydrothérapie peut être envisagée pour d'autres créneaux : économie d'énergie (chauffage), aquaculture, eau-loisirs ...

2.5. Etat actuel

Le forage des Métairies a été obturé en 1989 par un coulis de ciment. Les autres ouvrages ne sont pas actuellement utilisés.

3. LA SOURCE SOUS-MARINE DE LA VISE

Références BSS = 1016-5-4.

Coordonnées : $x = 708,08$ $y = 127,94$ $z = -31$ m

3.1. Historique

Encore appelée **Source de l'ABYSSE**, la **BISE** ou le **VOLCAN**, cette source apparaît à 150 m du rivage de la presqu'île de Balaruc (côté Nord-Ouest), dans la Crique de l'Angle.

Elle se situe à - 31 m sous le niveau de l'eau de l'Etang de Thau.

Quelques descriptions sommaires sont données par Astruc, dès 1740, puis plus précises par Sudry en 1910, qui indique "une température de 21,3°C, à peu près constante toute l'année, qu'elle n'est pas tout à fait douce, mais qu'elle n'est pas un mélange d'eau douce et d'eau de mer".

Ces résultats, déjà remarquables, ont été complétés par Audouin qui, après plusieurs plongées effectuées en août 1959 (par Pannetier et Eichenlaub du Touring Club de France), précise la topographie du gouffre et la composition de l'eau elle-même.

D'autres plongées ont été ensuite effectuées par l'Ecole de Plongée de Sète, en août 1966, puis par la Comex, à la demande du BRGM, le 14 octobre 1966, et en novembre 1976 par le SCAL.

3.2. Description de l'émergence

La topographie de l'entonnoir, qui s'étend à partir du fond de l'étang à - 3 m sur un diamètre de 120 m, indique une faible pente (1/3) de - 3 à - 10 m, qui passe à 1/2 entre 10 et 25 m, puis à 1/1 (45°) de 25 à 31 m de profondeur.

Entre -28 et -31 m, on note des calcaires coquilliers (d'âge probable Miocène), qui forment un cratère conique se terminant sur "une dalle de rocher friable" de 2,5 m d'extension. Sous cette dalle, une fissure horizontale de 60 à 80 cm de long, haute de 15 à 25 cm, a au moins 50 cm de profondeur (altitude - 32 m). C'est la source principale : source 1.

Une deuxième source sort de cette paroi, à 1 m au-dessus, par une ouverture de 0,10 à 0,20 m x 0,40 m. Un troisième griffon s'échappe à 4 m au Sud de la première et à un niveau supérieur de 1,50 m, par un orifice d'environ 0,10 x 0,30 m.

Jusqu'à 27 m, le cône est couvert de vases sableuses et de débris de coquilles, une faune actuelle abondante de moules, huîtres, oursins et anguilles vit au fond, au contact de l'eau sortant du rocher, et également dans la cavité.

3.3. Débit de la source principale

Avec une vitesse moyenne ascensionnelle de 1,20 à 1,50 m/seconde et pour une section de la bouche rectangulaire de l'ordre de 0,25 m², le débit de la source a été estimé entre 300 et 500 l/s par Monsieur Demauze de la Comex, le 4 octobre 1966.

Ce débit doit dépasser 1 m³/s lorsque le karst est en charge, en période de hautes eaux et de fortes pluies sur le bassin versant, mais cette valeur n'est qu'indicative.

3.4. Contrôles et mesures in-situ

La température contrôlée par thermosonde était notée, le 31 août 1959, à 20,8°C pour la source principale et la deuxième, et à 22,1°C pour la troisième source.

Le niveau maximum atteint par l'eau s'est stabilisé à + 0,70 m au-dessus de la surface libre de l'étang dans le tuyau qui a servi pour les prélèvements (du fait de la différence de densité eau douce - eau salée de l'étang).

Le pH in situ était de 6,84 pour les sources 1 et 2, de 6,70 pour la troisième source, alors que l'eau de l'étang avait un pH voisin de 8.

Les autres résultats d'analyses sont les suivants (en mg/l) :

	Sources 1 et 2	Source 3
Résidu sec à 110°	3 523	3 911
TAC	61	68
Ca	177	177
Mg	68	72
SiO ₂ , Al ₂ O ₃	17	20
SO ₄	273	290
Cl	1 680	1 880
Résistivité	198	170

Les rapports SO₄/Cl, Ca/Cl et Mg/Cl sont nettement différents de ceux de l'Etang de Thau et de la Méditerranée, ce qui indique la propre minéralisation des eaux de la Vise. Cette minéralisation est comprise entre 2 et 4 g de sel/l.

A la fois la température élevée et la minéralisation spécifique de la Vise en font une eau d'un aquifère karstique, minéralisée par des venues d'eau chaude d'un réservoir profond. Le mélange varie suivant les époques, en fonction des arrivées d'eau douce plus ou moins conséquentes.

3.5. Relations avec l'eau thermale

Une coloration a été entreprise par le BRGM, le 8 décembre 1983, en injectant 1 kg de fluorescéine mis en solution dans 20 litres d'eau dans l'aquifère profond du forage F5, à 210 m de profondeur, poussé par 20 m³ d'eau du réseau incendie.

Le premier fluocapteur relevé à la Vise, le 12 décembre 1983, était positif, témoignant d'une communication par faille entre cette source et l'aquifère thermal profond. Les fluocapteurs placés sur le forage F2 ont été négatifs.

Sur la figure 19 ont été représentées les variations de la salinité et de la température de l'eau à l'extrémité de la conduite de refoulement de la Vise du 19 décembre 1983 au 24 janvier 1984, pendant les pompages d'eau thermale en F5, F2, S12 et S22. Le débit global était de 30 à 100 m³/h (annexe 13 du rapport 84 SGN 092 LRO).

On a observé, lors des pompages en F5 à 68 m³/h pour les deux périodes du 19 au 24 décembre 1983 et du 4 au 15 janvier 1984, une diminution de la température de l'eau de la Vise d'environ 4°C, indépendante de la variation du plan d'eau de l'étang (diminution de la quantité d'eau chaude minéralisée à environ 10 g/l entrant dans la composition de l'eau de la Vise).

En dehors des pompages sur F5, les variations du plan d'eau de l'étang se traduisent par des variations synchrones de la température et de la salinité de l'eau de la Vise : en basses eaux de l'étang, la charge diminue sur la source sous-marine et par suite, sa température augmente et sa salinité diminue.

3.6. Aménagements anciens et équipements actuels

- En janvier 1967, un abri laboratoire a été implanté par le BRGM en bordure de l'étang avec deux puits étanches reliés par tuyaux à la Vise (plongée Comex) et à l'eau de mer (marégraphie), situant l'amplitude des marées à 0,90 m entre hautes et basses eaux dans l'étang.
- Utilisation pour l'aquaculture : dans les années 1975-1976, le griffon principal de la source a été capté par le GAEC "Les Poissons du Soleil", pour l'approvisionnement en eau tiède des bassins aquacoles, d'abord de façon sommaire.
- En 1981, une coiffe métallique pourvue de clapets était placée en prise directe sur le griffon principal. Cette "cloche", munie d'une conduite d'évacuation en Ø 500 mm, véhiculait l'eau tiède jusqu'au rivage, dans un puisard de reprise. Y était associée une prise d'eau de mer avec crépine un peu au-dessus de la cloche. Après utilisation, l'eau était rejetée dans l'étang.

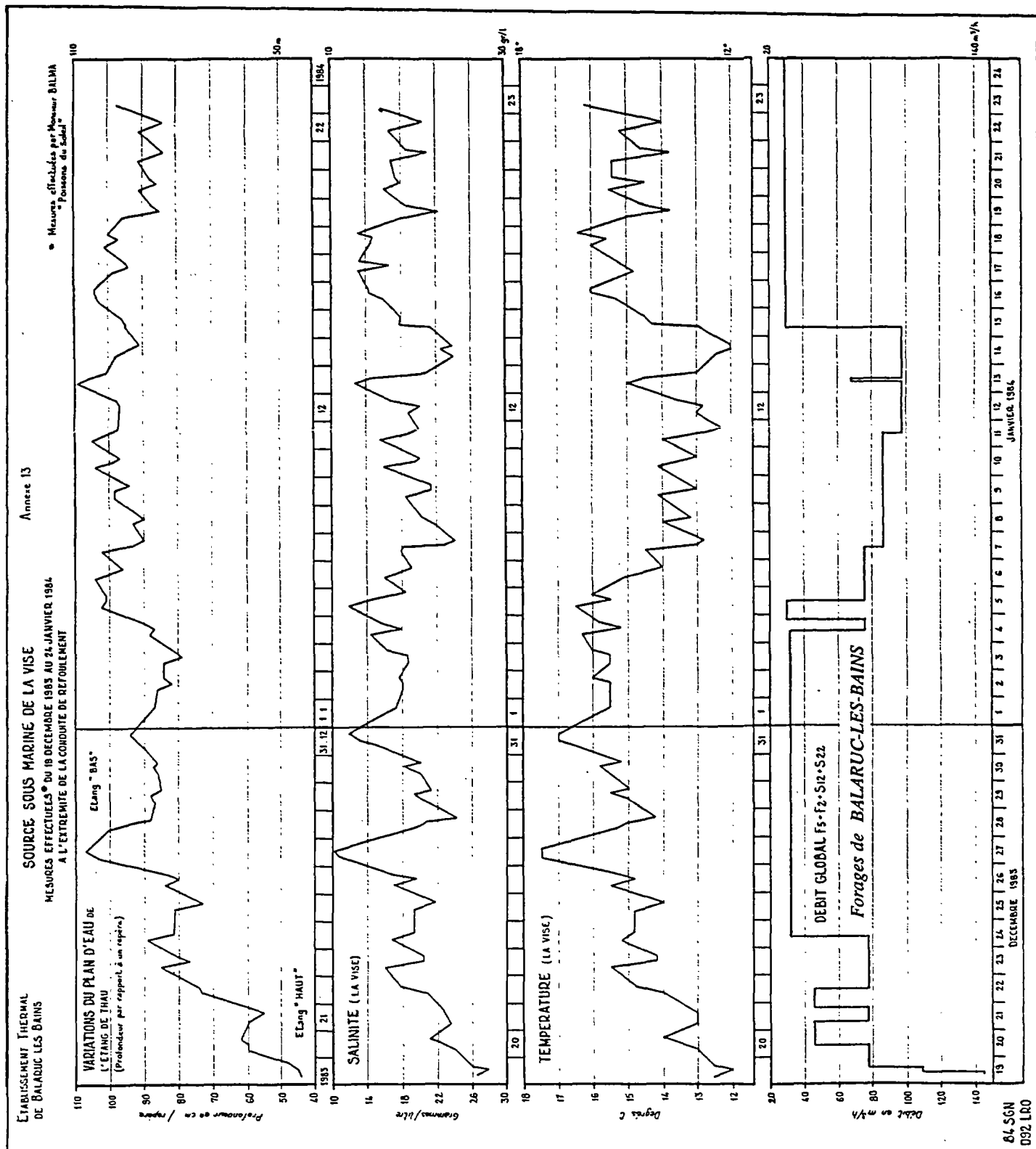


FIGURE 19 - MESURES EFFECTUEES SUR LA SOURCE DE LA VISE (du 19.12.1983 au 24.01.1984)

En 1986, l'exploitation par le GAEC, s'effectuait à peu près comme suit :

- 300 à 400 m³/h (80 à 110 l/s) de janvier à février,
- 100 à 150 m³/h (30 à 40 l/s) pour novembre - décembre, et mars à mai,
- pas de pompages, sauf exceptionnellement, de juin à octobre.

En 1992, le débit était exploité pendant quatre mois à 400 m³/h et quatre mois à 80 m³/h, la Vise restait inexploitée pendant quatre mois.

Le captage de la Vise n'est plus utilisé depuis l'incident du 7 octobre 1993.

En conclusion, on rappellera ici qu'une exploitation de la Vise à 400 m³/h induisait une baisse de la température des eaux du forage F2 d'une dizaine de degrés, confirmant les liens hydrauliques privilégiés entre la Vise et le gisement d'eau thermale de Balaruc.

"Son régime de fonctionnement est tributaire des différences de pression exercée par les trois types d'eau en présence :

- eau douce "froide" du karst de la Moure - Aumelas, venant d'un flux de secteur Nord et NW,
- eau chaude (thermale) d'origine profonde des calcaires jurassiques exploitée par l'établissement de Balaruc,
- eau marine de l'étang.

La source de la Vise ne peut débiter que si la pression de ses eaux, au niveau des griffons, excède celle exercée par les 31 m d'eau salée les surmontant.

Lorsque les deux pressions antagonistes sont égales, la source ne produit plus. Si la pression d'eau marine devient supérieure à celle des eaux douces, la source fonctionne en "Inversac". L'eau de l'étang pénètre alors dans l'aquifère, l'inversion étant d'autant importante que l'étiage de la nappe d'eau douce est sévère.

Des incidents de ce type se sont produits en 1984 et à la date du 7 octobre 1993, au cours desquels des manipulations effectuées sur le dispositif de captage ont contribué à l'inversion de l'écoulement et à l'envahissement du karst jurassique par les eaux de l'étang. Elle a fonctionné ensuite en "volcan" après des épisodes de fortes pluies et notamment du 28 au 31 octobre 1993.

Pour une période antérieure, allant d'octobre 1967 à mars 1969, les conséquences du tarissement de la source, pendant une période de 17 mois, avaient été moins graves que le phénomène d'Inversac. (pompages des mines à 1 000 m³/h et étiage conjugués).

Les débits exploitables sur la Vise peuvent donc être élevés suivant les périodes, mais tout prélèvement, même effectué avec prudence, ne doit pas excéder le débit naturel d'étiage qui reste méconnu.

On retiendra enfin que la source sous-marine de la Vise constitue l'un des exutoires naturels les plus importants de la nappe des calcaires du Jurassique, au même titre que la source d'Ambressac où a été défini et décrit le processus naturel d' "Inversac".

4. LA SOURCE D' AMBRESSAC

Références BSS : 1016-6-10.

Coordonnées : x = 710,21 y = 127,93 z = 0,5 m

Processus d'Inversac

Cette source karstique est nettement moins connue que celle de la Vise, bien que représentant le deuxième exutoire naturel le plus important du système aquifère de la Montagne de la Gardiole. Elle apparaît en contact entre les calcaires du Kimméridgien et les formations imperméables du Miocène.

C'est ici qu'a été défini le terme d'INVERSAC : ce phénomène correspond à l'invasion d'eau salée de l'étang dans le karst du Jurassique. En fonction de la cote du plan d'eau du Bassin de Thau, l'eau salée pénètre dans la source, il y a absorption lorsque cette cote est supérieure à celle de la nappe d'eau douce de la Gardiole. Dans ce cas, la salinité de l'eau augmente ensuite considérablement.

Localisation et caractéristiques

La source d'Ambressac est située sur la commune de Balaruc-les-Bains au Sud du secteur des Usines (voir figure 15). Elle est exploitée par pompages pour les besoins en eau industrielle de l'usine Sud Fertilisants. Son débit maximal est évalué à 4 m³/s, et minimal à 50 l/s. La température de l'eau est comprise entre 15 et 16,5°C, sa minéralisation varie de 0,3 à plus de 2 g/l.

Les aménagements récents : construction de la route de Balaruc à Sète, plate-forme pour installations artisanales, aménagement portuaire, paraissent devoir interdire le phénomène d'Inversac. L'eau chemine sous la route pour arriver sous le radier du mur du port de plaisance à 250 m en aval de l'exutoire d'origine. Le 4 juillet 1995, l'eau était à 16,5°C et à 3 ms/cm pour Ambressac ; à 22°C et à 34 ms/cm pour l'étang dans le voisinage de l'émergence.

Utilisation

L'usine de Sud Fertilisants exploite la source dans un puits voisin, avec un volume global prélevé de 260 000 m³ pour 1981 ; ce volume était de 238 800 m³ en 1994.

L'exploitation par pompage, au rythme de 20 à 24 h/j (6 j/7) se traduit par des prélèvements allant de 2 400 m³/j à 3 600 m³/j, les jours de pointe. L'eau est utilisée à moins de 10 % pour la fabrication et le lavage, et à plus de 90 % pour le refroidissement. Les pompages sont arrêtés six semaines par an, en mai et en juillet-août.

5. LE FORAGE DE LA CASTILLONNE

Références BSS : 1015-8-138

Coordonnées : x = 696,96 y = 3 126,95 z = 26 m

A 6 km à l'Ouest de Mèze et à 6 km au Sud-Est de Montagnac.

Forage exécuté du 2 juin au 25 novembre 1986 par l'entreprise Boniface.

Profondeur : 1 501,40 m NH = + 8 m (0,8 bars) le 1er décembre 1986.

Géologie

- 0 à 1 147 m marnes, grès, calcaires gréseux et argiles versicolores du Bédugo-Rognacien, marnes versicolores, argilo-gréseuses et lignites du Fuvélien supérieur,
- 1 147 à 1 487 m dolomie cristalline et calcaire dolomitique du Jurassique indifférencié.

Equipement

- en trou nu de 1 147 à 1 487 m
- Tube en Ø 7" de 375 à 1 147 m
- Tube en Ø 9" 5/8 de 200 à 375 m
- Tube en Ø 13"3/8 de 0 à 200 m (tubages acier)

Hydrogéologie

- Jurassique supérieur captif, capté sur 340 m en trou nu.
- Porosité moyenne = 27 % ; emmagasinement = $5,6 \cdot 10^{-4}$; débit artésien = 85 m³/h avec :
p = 0,8 bars (décembre 1986) ; transmissivité T = $4 \cdot 10^{-2}$ à $4 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Qualité de l'eau

- Température de l'eau = 26°C (26,3°C le 19 juillet 1995)
- Résistivité = 1 850 ohms.cm ; résidu sec = 371 mg/l
- pH = 7,4, TH = 32,5°F, Fe = 0,23 ; Mn = 0,12 mg/l
- Eau douce bicarbonatée calcique
- Conductivité = 521 µs/cm le 19 juillet 1995

Remarques

- Pisciculture avec Silures depuis le 2 novembre 1987 : "Les Viviers de la Castillonne"
- Pompage en continu à 100 m³/h, sauf lorsque le karst est en charge, débit maximal naturel = 200 à 300 m³/h avec p = 6 bars (≅ 60 m).
- Autorisation de prélèvement de 1 666 800 m³/an, soit 190 m³/h.

6. LA STATION DE POMPAGE DE PINET

6.1. L'ancien forage

Références BSS : 1015-8-137

Coordonnées : x = 694,97 y = 3.124,23 z = 28 m

Forage exécuté par l'entreprise Boniface en 1984, profondeur = 71 m ; NH = 10,20 m.

Géologie

- 0 à 11 m Pliocène continental, argiles sableuses et graviers,
- 11 à 22 m grès et sables jaunes de l'Astien,
- 22 à 71 m sables grossiers, graviers et galets du Spamacien (Eocène inférieur).

Equipement

- Crépiné de 30 à 65 m, tube acier en 161 x 168 mm,
- Emmagasinement S = 3 à 5 %.

Hydrogéologie

- Présence de deux nappes : dans l'Astien (11 à 22 m) et dans le Spamacien, en relation hydraulique avec l'aquifère profond.
- Test de pompage 48 heures à 68 m³/h, D = 0,96 m.
- Ouvrage exploitable entre 40 et 60 m³/h.

Qualité de l'eau

- C = 810 µs/cm TH = 45,5°F NO₃ = 20,6 mg/l.

Environnement

- Menaces de pollution chimique liée à la proximité de l'autoroute A9 : pollution chronique, saisonnière (plomb à 20 µg/l) et/ou accidentelle, à partir des lessivats.

Remarques

- Puits désaffecté à 20 m du talus de l'autoroute, mal protégé.

6.2. Le forage de l'Ornezon F2

Références BSS : 1015-8-141

Coordonnées : x = 694,93 y = 3 124,41 z = 35 m

A 300 m au Nord de l'ancien forage.

Forage exécuté par l'entreprise Boniface en novembre 1991 (MFT).

Supervision Géofrance.

Profondeur : 121 m NH = 12,37 m le 29 juin 1992.

Géologie

- 0 à 13 m argiles jaunes et rouges du Pliocène,
- 13 à 21,5 m sables jaunes et graviers de l'Astien,
- 21,5 à 33,5 m argiles ocre du Pliocène inférieur,
- 33,5 à 121 m conglomérats, calcaires gris, grès roses et marnes jaunes du Sparnacien.

Equipement

- Tube acier Ø 160 x 168 mm, crépiné de 33 à 118 m.

Hydrogéologie

- Venues d'eau à 35 et 45 m de profondeur, productivité maximale entre 30 et 75 m
- Tests de pompage en juillet 1992, pendant 48 heures
- Trois paliers de 1 heure à 22, 32 et 52 m³/h ; Q_{sp} = 80 m³/h/m
- Après 48 heures de pompage à 51 m³/h, D = 0,92 m
- Transmissivité T = 8.10⁻³ à 1,8.10⁻² m²/s.

Qualité de l'eau

- C = 580 à 730 µS/cm T = 14 à 15°C.

Exploitation préconisée

- 10 heures/jour à 25 m³/h = 250 m³/j.

7. L'A.E.P. DE SETE A PARTIR DU SITE D'ISSANKA

Présentation

La ville de Sète comptait 41 510 habitants en 1990.

Elle dispose, pour son alimentation en eau potable, des prélèvements effectués sur le site des "Sources d'Issanka", qui fournissent en moyenne 75 % des besoins, et d'un complément à partir du réseau du Syndicat du Bas-Languedoc à hauteur de 25 %.

Localisation

Le Parc d'Issanka, au sein duquel apparaissent les nombreuses émergences, se situe sur la Commune de Poussan entre le ruisseau de la Vène au Sud et la RN 113 au Nord, à mi-chemin entre Bouzigues et Gigean (en bordure Nord de l'ancienne RN 113). Les sources aménagées ou non en puits de pompage, et les forages exécutés dans ce parc, se situent en amont d'un viaduc et de l'ancienne voie de chemin de fer de Balaruc.

Identification BSS et coordonnées

N° BSS	Désignation	x	y	z
1016.2.10	Source Issanka Pavillon	710,14	131,95	10,1 m
1016.2.175	Source Bourgès	709,93	131,65	10,2 m
1016.2.176	Source A	709,91	161,60	10,0 m
1016.2.177	Source B	709,90	131,60	10,0 m

Ces captages sont reportés sur l'extrait de plan de la figure 20, en même temps que les 14 forages : F1 à F14, exécutés en 1985 (F1 à F5), et en 1990-91 (F6 à F14) par le CERGA.

Géologie et structures

La zone des émergences d'Issanka se situe à l'extrémité méridionale du bassin de Montbazin-Gigean, dont le contact s'effectue par faille avec la Montagne de la Gardiole.

Les formations mio-pliocènes, mameuses et marno-sableuses, sont peu épaisses, surmontées ici par les alluvions de la Vène sur 8 à 10 m. D'anciennes terrasses ou atterrissements colluviaux à éléments calcaires centi à décimétriques forment une carapace concrétionnée dont il reste les témoins en bordure des bretelles d'accès à l'autoroute. Ils surmontent les calcaires du Kimméridgien d'où sont issues les sources qui affleurent derrière les habitations, en partie Sud de l'ancienne RN 113.

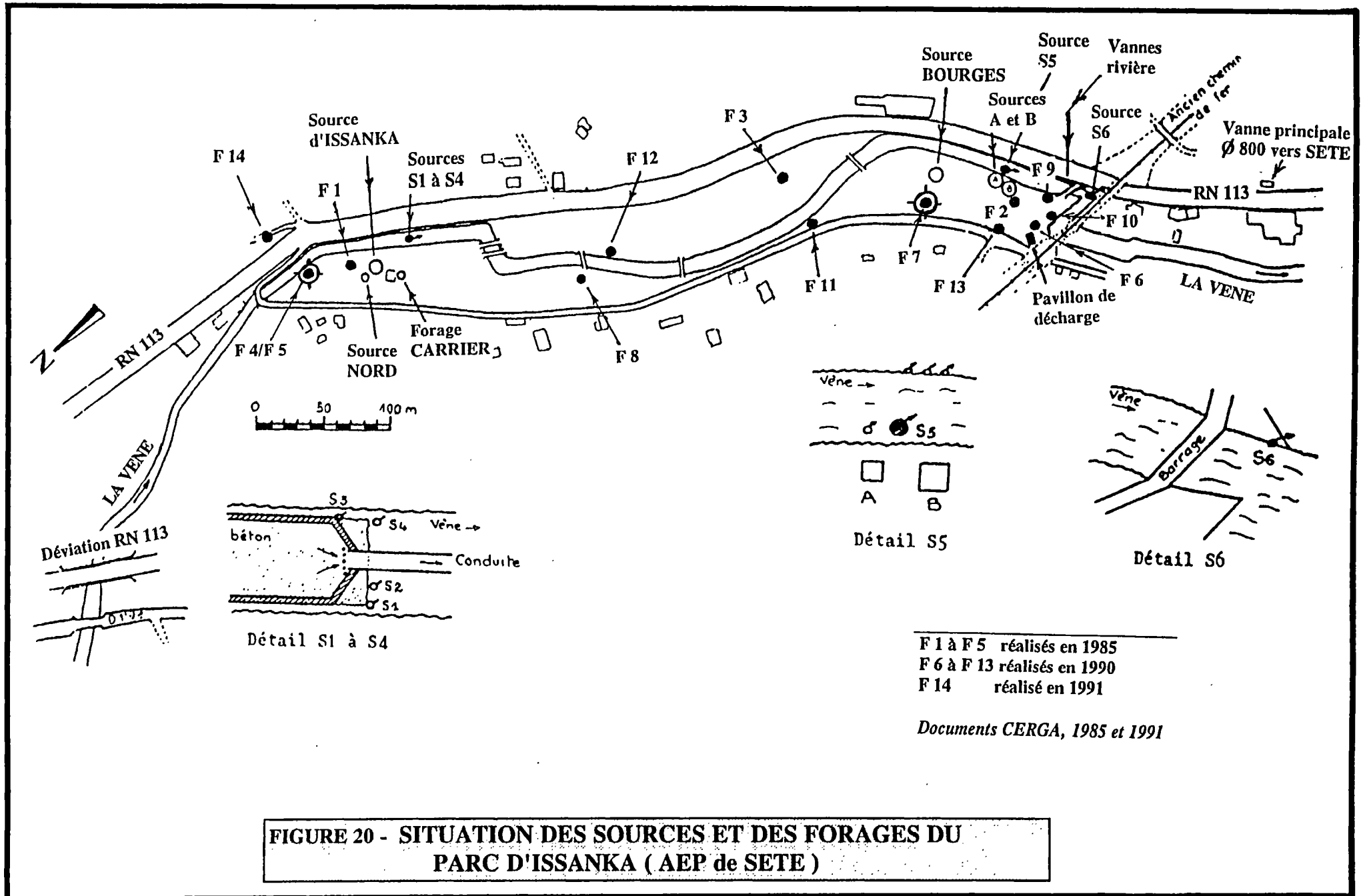


FIGURE 20 - SITUATION DES SOURCES ET DES FORAGES DU PARC D'ISSANKA (AEP de SETE)

Hydrogéologie

Les sources d'Issanka représentent d'une part l'émergence principale en eau douce du système karstique du Causse d'Aumelas (relations avec le puits de la Vène démontrées par traçages, ainsi que lors de pompages à forts débits), et d'autre part un exutoire partiel du karst jurassique du flanc Nord de la Gardiole.

Principales caractéristiques

Ce sont des sources de débordement, ascendantes au travers des alluvions, pérennes, sauf lors des pompages en périodes d'étiage.

Débit naturel minimal de l'ordre de 50 l/s, pouvant passer à plus de 10 m³/s lors des crues. Débit moyen d'environ 250 à 350 l/s.

Température de l'eau : 15 à 16,5°C (circulations peu profondes) ; pH = 7,4 à 7,6

Résistivité : 1 800 à 2 100 ohms.cm ; conductivité : 500 à 520 µS/cm ; résidu sec : 320 à 360 mg/l.

Eau de type bicarbonatée calcique. Teneurs en chlorure < à 30 mg/l et teneurs en nitrates < à 3 mg/l.

Contaminations bactériologiques fréquentes, eau traitée.

Utilisation et aménagements

Jusqu'en 1985, l'exploitation des sources en rive droite de la Vène s'effectuait en cinq points :

- la source Nord, située à quelques mètres de Pavillon Issanka,
- le Pavillon Issanka, ou source principale, altitude 10 m et profondeur 5 m,
- le Pavillon Bourgès à 450 m en aval, altitude 8,60 m,
- la source A, formée d'une chambre bétonnée de 4,8 m de profondeur, reliée à la Vène,
- la source B, construite sur le même modèle, mais envasée à 3,90 m de profondeur.

En aval du Parc, un barrage haut de 3 m maintenait l'eau dans la Vène à + 9 m. La cote sol du Parc est de l'ordre de 10 m, la cote du fond de la Vène est de 8,40 m en amont et de 6,05 m en aval.

En crue, le karst débite dans la rivière avec une charge de l'ordre de + 1 m. Lorsque le niveau dans le karst est plus bas que celui de la rivière, on a une inversion des circulations. L'eau contenue dans la nappe superficielle s'infiltrait dans les ouvrages : c'était le fonctionnement de type "Inversac" en milieu d'eau douce.

L'eau rejoint la bêche de reprise du Quai des Moulins à Sète, de façon gravitaire, par un aqueduc long de 9 km. La dérivation, lors des hautes eaux, était de 750 m³/h, et en étiage de l'ordre de 350 m³/h, passant à 250 m³/h lors de l'été 1985. Le départ s'effectue vers Sète par une conduite en Ø 800 mm à partir du Pavillon de décharge. On n'exploitait alors que le débordement de la source.

Depuis 1954, de façon à sécuriser l'AEP de Sète lors des étiages sévères, et aussi lors des crues, quand la turbidité des eaux est excessive, un raccordement a été effectué avec le Syndicat du Bas-Languedoc. Une canalisation en Ø 600 mm venant du réservoir du Montloup à Agde longe la mer jusqu'à un réservoir de 15 000 m³ à Sète. Une autre conduite en Ø 700 mm boucle ce système d'apport des eaux de la nappe alluviale de l'Hérault par le Nord de l'Etang de Thau.

Les distributions des années 1983, 1984 et 1985 étaient réparties comme suit :

	1983	%	1984	%	1985	%
Sources d'Issanka	3 965 600	52	3 084 250	44	4 439 953	67
Syndicat du Bas-languedoc	3 712 000	48	3 996 750	56	2 178 670	33
Total m ³ /an	7 677 600		7 081 000		6 618 623	

A partir de 1985, la gestion est assurée par la CGE. Les ouvrages F1 à F5 exécutés en juillet et octobre 1988, avec des profondeurs allant de 27 à 58 m, rendent compte de nouvelles possibilités d'exploitation estimées par CERGA à 500 m³/h en "étiage" !!.

Les pompages à 230 m³/h sur F5 montrent une incidence de - 0,32 m sur la Vène en évolution d'étiage, et une remontée de + 0,12 m après arrêt de ce pompage. La mise en place de plusieurs forages de contrôle des conductivités et températures, entre Issanka et la Crique de l'Angle à 2 km au Sud-Ouest est préconisée.

Après la définition des périmètres de protection par C. Joseph, en mai 1986 (figure 21), l'Arrêté Préfectoral 88.1.4742 du 9 décembre 1988 (amendé le 16 janvier 1990) précise les conditions d'exploitation, de contrôle des débits et de suivi de l'évolution de la nappe, ainsi que les conditions de protection immédiate, rapprochée et éloignée des captages et de la ressource:

"Le débit total prélevé par forages, y compris le débit restitué à l'article 3 ci-dessous, ne pourra excéder 400 m³/h, ni 9 600 m³/j.

Le niveau dynamique d'exploitation de la nappe de l'aquifère d'Issanka ne pourra, en aucun cas, descendre au-dessous de la cote 0 NGF... niveau qui ne pourra être atteint qu'après trois années d'exploitation ...

Un débit minimum de 40 m³/h sera maintenu ou restitué en tout temps, à partir des installations de production d'eau pour la Ville de Sète, dans le cours de la Vène, pour la sauvegarde des intérêts généraux...



Source d'ISSANKA, EGR C. JOSEPH, 05.1986
 Forage de PIGNAN, EGR C. JOSEPH, 04.1988
 Source de CAUVY, EGR C. JOSEPH, 09.1982, 12.1987

Extrait de la carte IGN Montpellier à 1/100 000



Relations prouvées par traçages

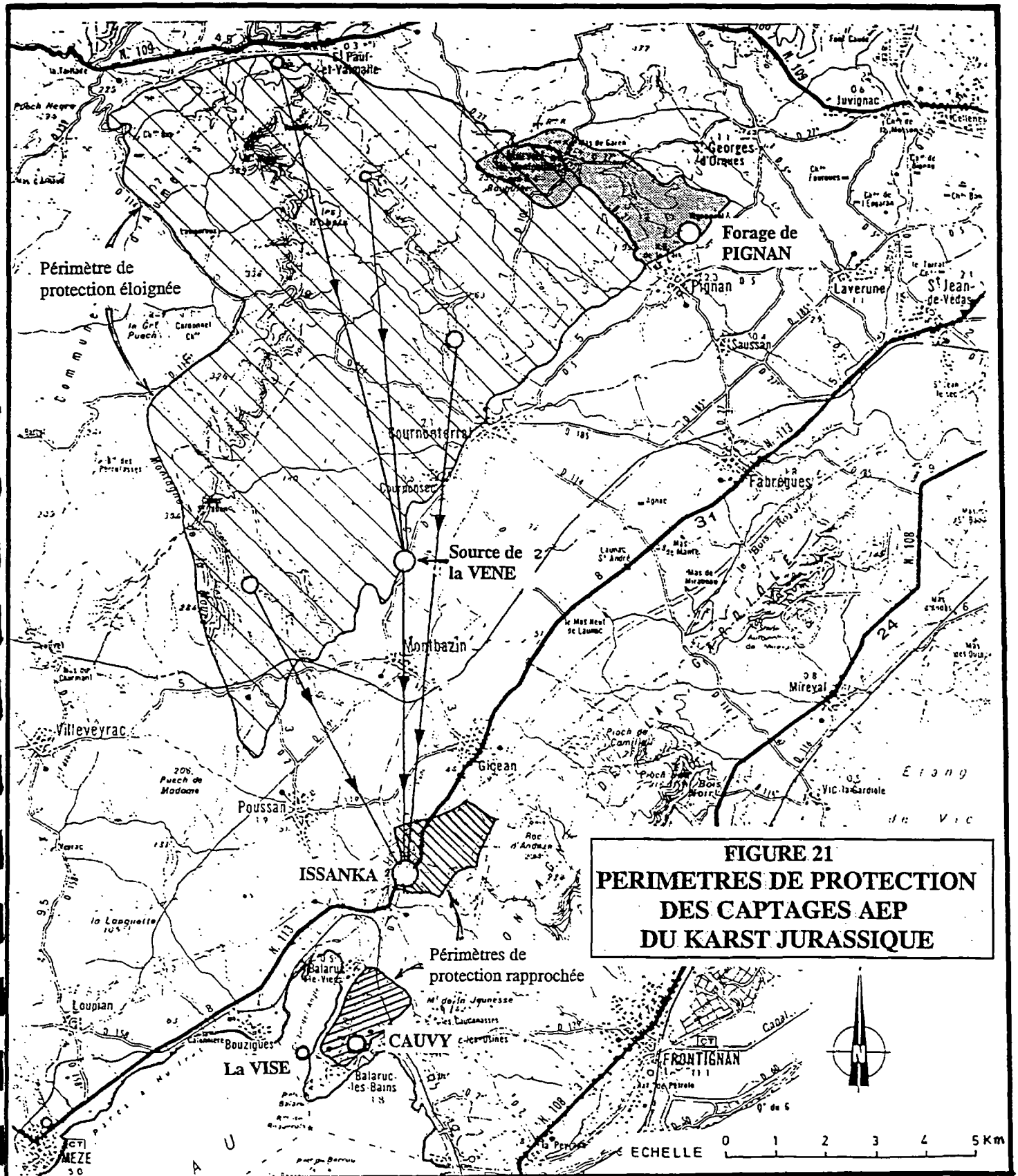


FIGURE 21
PERIMETRES DE PROTECTION
DES CAPTAGES AEP
DU KARST JURASSIQUE

Pour contrôler les quantités prélevées par surverse et par pompages, ... , des compteurs volumétriques enregistreurs et avec mesure du débit instantané seront installés... avec pour la restitution aval, un limnigraphe et un seuil jaugeur....

L'évolution de la nappe sera suivie par trois piézomètres avec limnigraphe pour le suivi du rabattement, et par quatre autres implantés entre Issanka et le Bassin de Thau, pour le suivi du biseau salé, et équipés également de limnigraphes...

Avant distribution, les eaux subiront un préchloration au niveau d'Issanka et une chloration au dioxyde de chlore au Quai des Moulins ... Dès que la turbidité de l'eau atteindra la CMA, l'alimentation à partir des sources d'Issanka sera interrompue de façon automatique".

Remarques complémentaires

- Les essais de pompage effectués sur la Vène en 1973 par le BRGM, avaient montré la liaison très rapide avec Issanka, de l'ordre de 2 à 3 heures, avec la baisse synchronisée des niveaux. Les relations avec la Vise n'étaient pas précisées.
- Les expériences de coloration ont confirmé cette liaison préférentielle entre Issanka et le karst jurassique du Causse d'Aumelas, passant, à faible profondeur, sous le fossé de Montbazin-Gigean (voir tableau 2 au chapitre 4.2.).
- Les extrapolations des pompages du 4 octobre 1985 en F5-F4 (distance F5-F4 = 1,50 m) indiquent "des risques minimes d'invasion du biseau salé". Il faut cependant rester très prudent sur cette affirmation.
- Le nivellement repris sur la Vène indique la cote en tête de puits à 40,81 m NGF (au lieu de 37,42 m NGF). Les niveaux d'eau entre la Vène et Issanka étaient respectivement de:

8,76 m	et	6,52 m	le 26 septembre 1985	(D = 2,24 m),
8,15 m	et	5,92 m	le 07 octobre 1985	(D = 2,23 m),

situant le gradient hydraulique dans le karst à 0,37 ‰ (distance la Vène - Issanka = 6 000 m). Ce gradient est beaucoup plus fort vers le Sud (vers la Vise ou Cauvy), avec 0,11 ‰ (ou 1,1 ‰).

- Les risques de pollution les plus élevés du site d'Issanka sont ceux pouvant venir du ruisseau de la Vène lors des crues, par submersion des ouvrages, et lors des débuts d'étiage, par inversion des circulations, de la rivière vers le karst.
- En dehors des périodes de surverses gravitaires, depuis 1993 seuls deux ouvrages sont exploités :
 - . le forage F7, en production, au débit de 360 m³/h,
 - . le forage F5, en restitution à la Vène, au débit de 40 m³/h. Cette restitution s'effectue à environ 1 km en aval de F5, via le réseau d'eaux usées de la Vène venant de l'amont du site.

- Les 7 piézomètres d'observation sont situés sur l'extrait de carte IGN à 1/25 000 (figure.22). Les courbes (limnigraphes) et les mesures de niveau mensuelles, sont rassemblées par la CGE à Sète depuis février 1992 (piézomètres tous raccordés par nivellement au NGF).

TABLEAU 5 : PIEZOMETRES D'OBSERVATION D'ISSANKA

N° Forage	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Nom	Tennis	Frescaly	Vigne	El Canton	Autoroute	Décharge (=F7)	Issanka (=F5)
Cote NGF repère	11,80	9,96	6,69* (5,69)	13,67	7,09	9,91	10,52

* 5,69 jusqu'en Octobre 1994, puis relevé de 1 m pour mise hors d'eau.

- Les variations de niveau sont de l'ordre de 5 à 6 m sur le site d'Issanka entre les hautes et basses eaux (forages F6 - F7). Elles atteignent 8 m en F4, 4 à 5 m en F2-F3, et 3 à 4 m en F1, le piézomètre le plus proche de la Crique de l'Angle (figure 23).
- On observe les valeurs minimales en février et en octobre 1993, et les maximales en novembre 1993 et en novembre 1994.
- Pour les trois dernières années, les volumes d'eau distribués entre Issanka et le Syndicat du Bas-Languedoc se répartissent comme suit :

	1992	%	1993	%	1994	%
Sources d'Issanka	3 911 517	67	4 080 781	69	4 545 586	78
Syndicat du Bas-languedoc	1 937 344	33	1 851 420	31	1 249 150	22
Total m ³ /an	5 848 861		5 932 201		5 794 736	

L'accroissement de la production est de 16 % en trois ans à Issanka.

On remarque d'autre part, qu'on se situe en 1994 à 75 % seulement des volumes qui étaient distribués en 1983.

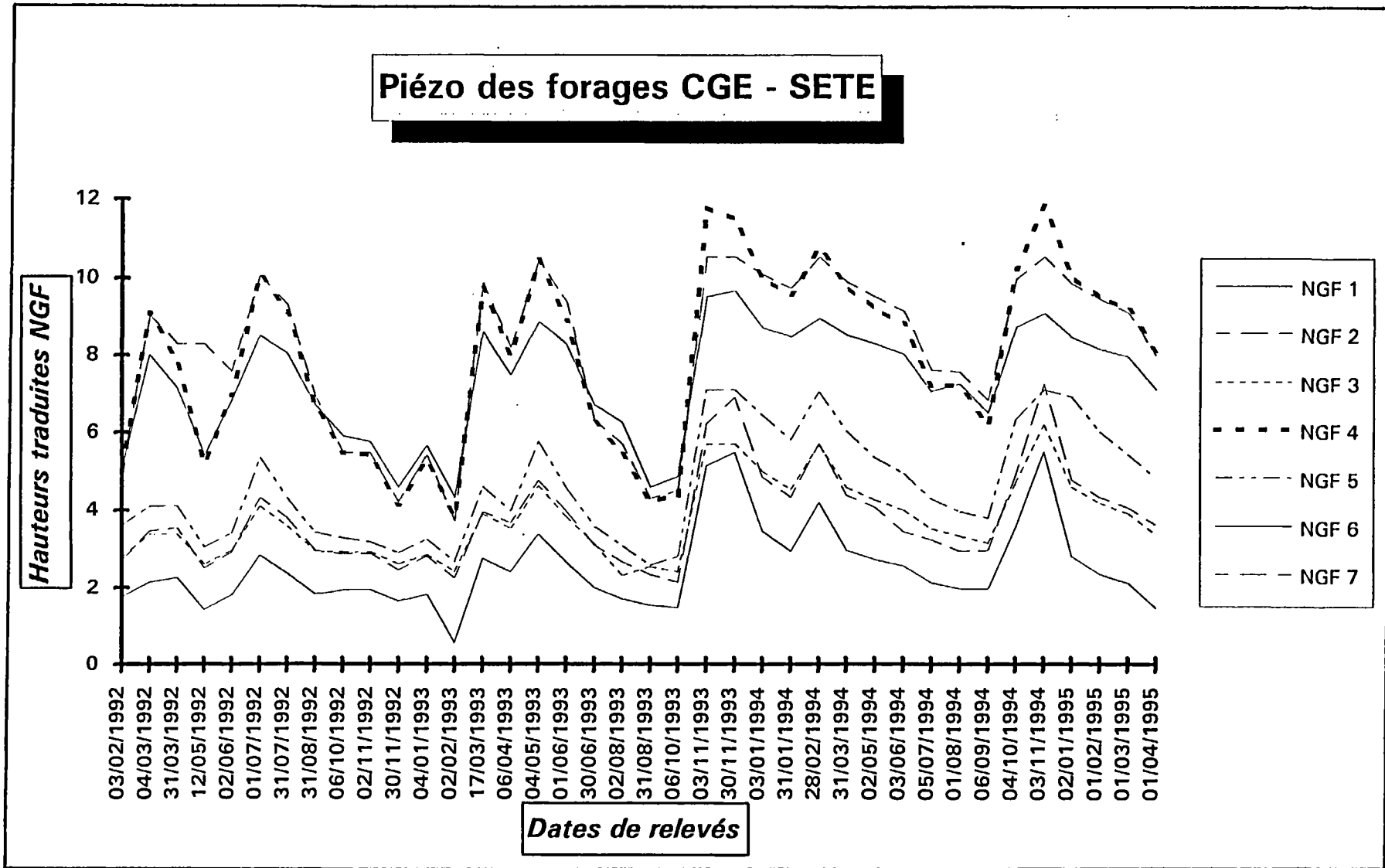


FIGURE 23 - RESEAU D'ISSANKA :
 variations piézométriques de 1992 à 1995

De 1992 à 1994, la baisse de fourniture du Syndicat du Bas-Languedoc a été de l'ordre de 65 %. En 1994, le volume d'eau fournie par le Syndicat du Bas-Languedoc était en outre trois fois plus faible qu'en 1984.

- Deux analyses d'eau récentes (Laboratoire IBB) du 27 novembre 1993 et du 2 novembre 1994 indiquent une conductivité de 500 à 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$; un pH basique 7,4 à 7,62 ; une dureté élevée 28,5 à 31°F. La minéralisation totale est faible : 320 à 356 mg/l ; on note peu de chlorures 10 à 20 mg/l et l'absence de nitrates : 1,6 à 2,2 mg/l.

Le 2 novembre 1994, la station d'Issanka était à l'arrêt par suite d'une turbidité élevée (3,7 NTU au lieu de 2 au maximum).

L'examen bactériologique indiquait, ce même jour, des Coliformes thermotolérants 191/100 ml et des Streptocoques fécaux 33/100 ml, justifiant la nécessité d'un traitement avant acheminement puis distribution de l'eau.

8. LE SYNDICAT DE BALARUC - FRONTIGNAN

Présentation

Le Syndicat intercommunal de Balaruc - Frontignan regroupe trois communes :

- Balaruc-le-Vieux	1 065	habitants
- Balaruc-les-Bains	5 013	"
- Frontignan	16 245	"

soit un total de l'ordre de 22 323 habitants en 1990.

La gestion de la fourniture en eau potable est assurée par la CGE qui exploite la Source de Cauvy, et qui bénéficie d'apports complémentaires, ou globaux, en cas d'incident, par le Syndicat du Bas-Languedoc (SBL), eau qui participe à la dilution des chlorures. Une partie des eaux du SBL transite par la conduite du Syndicat pour desservir Vic-la-Gardiole.

Localisation

La source de Cauvy se situe sur la commune de Balaruc-les-Bains, dans la presqu'île, en aval du Pioch Méja et en amont du Pioch d'Ay.

Elle est à 300 m de l'Etang de Thau, côté SE (vers la zone artisanale) et à 650 m côté NW de la Crique de l'Angle. On y accède par le côté NW depuis la route de Balaruc-le-Vieux.

Identification BSS et coordonnées

BSS = 1016-5-21.

Coordonnées : x = 709,05 ; y = 128,23 ; z # 2,1 m.

Cette source se situe à 750 m au NE du gisement thermal de Balaruc-les-Bains (voir figure 15).

Géologie et Structures

La source de Cauvy se trouve dans le prolongement vers le SW de la Montagne de la Gardiole. Les formations calcaires et dolomitiques du Jurassique supérieur sont ici très karstifiées, broyées et fracturées. Elles sont recouvertes par les séries argilo-marneuses imperméables du Mio-Pliocène, recouvertes elles-mêmes par des collu-alluvions bréchiques récentes.

Hydrogéologie

Cette source n'a jamais été colorée lors des expériences en traçage conduites sur le Causse d'Aumelas, ou sur la Gardiole. Elle représente le seul exutoire d'eau "douce" du système karstique de la Gardiole. C'est une source pérenne, affectée épisodiquement par des intrusions d'eaux marines, qui conduisent à un dépassement des concentrations maximales en chlorures.

La proximité avec la Vise et avec l'établissement thermal de Balaruc-les-Bains la situe dans un contexte hydrogéologique en équilibre très fragile :

- eaux douces froides : Cauvy,
- eaux saumâtres froides : Ambressac à 1 150 m à l'Est,
- eaux saumâtres tièdes : la Vise à 1 000 m à l'WSW,
- eaux thermales chaudes : forages de Balaruc-les-Bains.

Il n'y aurait pas de relation avec Issanka, située à 3 500 m au NNE.

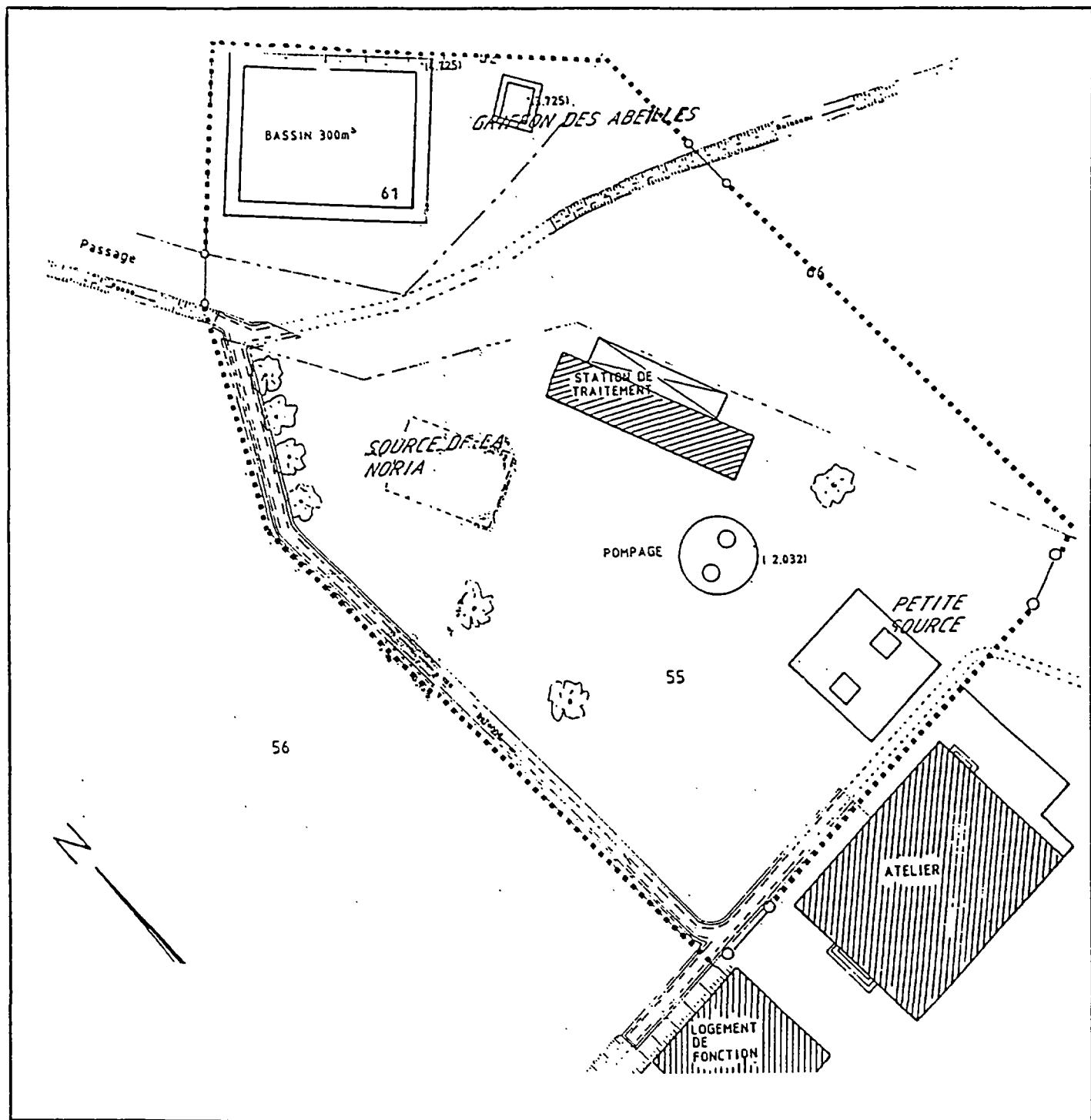
Principales caractéristiques

Source de débordement ou de trop plein, ascendante au travers des alluvions et des colluvions, on y observe trois émergences (figure 24) dont la plus haute est le griffon des Abeilles. Ces sources sont reliées à des bassins où les eaux sont reprises par pompes.

Ces pompes induisent des rabattements dans l'aquifère de l'ordre de 1,20 m pour 250 m³/h, et de 0,50 m pour 90 m³/h. Et donc, en fin de période d'étiage, s'il y a de fortes pluies, les captages peuvent se trouver submergés, et la pénétration des eaux pluviales dans l'aquifère est prévisible compte tenu de la situation des captages en un point bas.

Le débit naturel est mal connu à l'étiage il serait d'environ 30 l/s dont 1/3 source haute et 2/3 sources basses,

- Température de l'eau : 13 à 16° C.
- Conductivité : 900 à 1 200 µs/cm, avec des valeurs nettement plus élevées lors de l'intrusion d'eaux salées.
- pH : 7,2 à 7,7 ; résidu sec : 700 mg/l à plus de 2,5 g/l.
- Eau de type bicarbonatée calcique à fortes teneurs en chlorures : 160 à plus de 1 500 mg/l (CMA à 200 mg/l). Dureté très élevée, souvent à plus de 40°F; peu de nitrates : moins de 15 mg/l.
- Eau brute épisodiquement contaminée, traitée en permanence par chlore gazeux à la station de pompage.



**FIGURE 24 - SYNDICAT DE BALARUC-FRONTIGNAN :
LES EMERGENCES DE CAUVY**

Utilisation et aménagements

La source de Cauvy est actuellement exploitée à un débit constant de 110 à 120 m³/h dont une part est soustraite aux débordements, et une autre part résulte des pompages. Ces pompages s'effectuent en permanence (24h/24) et à débit constant. Ils peuvent être ramenés lors des épisodes d'étiage à 80 m³/h, ou même être arrêtés s'il y a invasion de sel, submersion, ou turbidité excessive des eaux, lors des épisodes de fortes pluies par exemple.

Un complément d'eau est fourni par le Syndicat du Bas-Languedoc, qui assure la totalité de la fourniture d'eau en cas d'événement accidentel.

Les volumes exploités se répartissent globalement comme suit : (Cauvy + SBL)

	Hiver	Eté
- Balaruc Usine	500 m ³ /j	700 m ³ /j
- Balaruc Ville	2 000 m ³ /j	4 500 m ³ /j
- Frontignan	5 000 m ³ /j	7 500 m ³ /j

Pour les six dernières années, la production à Cauvy et par SBL (Serpentin) incluant la fourniture d'eau à Vic-la-Gardirole a été la suivante :

	1989 %	1990 %	1991 %	1992 %	1993 %	1994 %
Cauvy	1 014 220 35	1 042 220 36	1 025 695 34	1 002 917 35	776 099 27	966 430 29
SBL	1 905 316 65	1 842 222 64	2 023 277 66	1 870 917 65	2 140 004 73	2 311 600 71
Total ms/an	2 919 536	2 884 442	3 048 972	2 873 844	2 916 103	3 278 030

Avec 2 000 à 3 000 m³/j, les prélèvements à Cauvy ne représentent que 30 à 35 % de la couverture des besoins en eau du Syndicat de Balaruc - Frontignan.

La production totale de Cauvy se situe en moyenne à 1 Mm³/an, soit 114 m³/h. En été, Cauvy représente moins de 20 % des apports.

Remarques complémentaires

- Des pompages à forts débits (200 à 300 m³/h), couplés à des niveaux piézométriques bas auraient occasionnés dans les années antérieures à 1980 une invasion de sel et donc un arrêt de l'exploitation de Cauvy pendant plusieurs mois. Nous manquons d'informations précises sur ces périodes.

- A compter du 28 mai 1984, Cauvy a été arrêté pendant plus d'un an. Les chlorures étaient passés de 230 mg/l à plus de 1 et 1,7 g/l. Les pompages étaient pourtant limités à 100 m³/h.
- Cette source a plus récemment été contaminée par les chlorures lors de l'épisode d'Inversac de la Vise, le 7 octobre 1993. Les pompages ont pu reprendre en décembre 1993 à la suite de fortes précipitations qui ont remis en charge l'aquifère karstique d'eau douce.
- Les conditions de protection dans le périmètre immédiat des captages sont assez bonnes (partie clôturée). Immédiatement à l'extérieur, les bâtiments : logement de fonction, et surtout atelier, ainsi que le bassin voisin, sont dans un état de délabrement extrême et font l'objet de dépôts de toutes sortes et de suintements d'hydrocarbures qui font peser de graves dangers sur la nappe et sur les risques de pollution des eaux souterraines.

Dans ce secteur, la partie clôturée du périmètre mériterait d'être élargie jusqu'à une ancienne clôture visible sur les affleurements calcaréo-dolomitiques du Pioch d'Ay, incluant les bâtiments et interdisant leur accès aux squatters.

La Z.A.C. de Cacaussels

- Sur l'opportunité de l'aménagement en Z.A.C. de la zone de Cacaussels, on devra prendre en compte les observations précédentes formulées par C. Joseph en septembre 1982, puis en décembre 1987 dans l'enquête géologique sur les protections de la Source de Cauvy (DUP du 3 septembre 1984).

D'autre part, on examinera avec attention le rapport établi par R. Orengo en novembre 1993, qui rassemble les observations, remarques et études d'environnement, de réseau pluvial, d'analyses de sols et d'eau sur ce secteur (plus du tiers des analyses avec des contaminations bactériologiques et plus de 90 % de teneurs en chlorures supérieures à 200 mg/l pour 35 analyses effectuées de janvier 1981 à septembre 1986 (tableau.6).

Il n'y a aucune protection des calcaires à l'affleurement, si ce n'est par les remplissages argileux des cavités karstiques. Les risques de pollutions superficielles sont très grands, ainsi que de submersion des captages par les eaux pluviales. *"L'équilibre des aquifères locaux est fragile et les intercommunications entre eux sont évidentes ... sous la dépendance des conditions d'utilisation, tant des eaux thermales que celles de la Vise"*.

Si les conditions de réalisation des ouvrages de protection préconisés devraient apporter une amélioration notable par rapport à l'état actuel (pollution par les crues), il faut noter des prescriptions très sévères vis-à-vis des collectes et assainissements des eaux superficielles, l'interdiction de tous forages et puits, les mises en conformité et le bouchage nécessaire d'ouvrages existants.

La prudence de l'auteur est à respecter concernant les nouveaux forages, et pompages entrepris en septembre - octobre 1993, en direction d'Issanka : *"la comparaison entre la piézométrie des points d'eau locaux semble confirmer les intercommunications entre les différents aquifères de Issanka, Cauvy, Vise, forages et piézos nouvellement réalisés, et aquifères thermal"*.

TABLEAU 6 - ANALYSES D'EAU DE LA SOURCE CAUVY DE 1981 A 1986

DATE	14/1/81	4/3/81	6/5/81	7/6/81	7/7/81	20/10/81	16/11/81	16/11/81	***	11/1/82	2/3/82	4/5/82	5/7/82	1/9/82	9/11/82	25/11/82
LIEU	Station							T1	***							
CONCLUSION	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.		P.	P.	N.P.	***	N.P.	N.P.	P.	P.	P.	N.P.	N.P.
Germes L37°	0	0	40	16		23		7	***	6	3	0	0	10	12	7
Germes L21°	20	10	297	44		41		60	***	6	12	1	4	17	44	9
E.coli	5	12	1	30		0		0	***	11	0	0	0	0	19	6
Coliformes	5	22	1	2930		0		123	***	53	93	5	0	0	819	35
Strepto-fécaux	2	16	0	32		0		0	***	0	0	0	0	0	14	0
Clostridium									***							0
NA	121,4	130	128,9		123	107	58,1		***	154,5	148,4	131,4	163	129		144,8
Chlore au prélèvmnt									***							
pH	7,41	7,51	7,4		7,51	7,44	7,3		***	7,98	7,36	7,25	7,28	7,35	7,39	7,62
Résistivité	740	940	1080		925	980	1120		***	925	900	1060	810	775	800	810
Turbidité	< 5	< 5	< 5		5	5	5		***	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
TH	42,5	40	35,5		36	37	36,3		***	33	34	36,7	40	41	39,6	36,75
RAC	31,5	30	23		27	31	27,5		***	29,4	31	31,5	29,3	32,5	22,9	30
Mat.org.	< 0,05	0,42	1,2		1,95	1,6	0,1		***	0,85	1,65	1,8	1,55	1,75	2,15	0,85
Ammoniaque	0	0	0		0,05	0	0		***	0	0	0	0	0	0	0
Fer	0,1	< 0,1	< 0,1		0,1	0,1	0,031		***	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	< 0,1	< 0,020
Chlorures	202	205	221		200	175,2	119,2		***	217,7	213,8	194	278,4	210,5	22,5	193
Sulfates	83,9	88	85		72,5	41,8	40,7		***	58	45,2	57,3	60,9	62	61,5	95,6
Nitrites	0	0	0		0	0	0		***	0	0	0	0	0	0	0
Nitrates	2,5	2,8	6,7		0	4,9	5		***	5,9	5,4	5,6	7	5	5	13,3

DATE	26/1/83	2/3/83	2/5/83	5/7/83	13/9/83	13/9/83	8/11/83	24/11/83	9/1/84	28/2/84	15/5/84	***	26/2/86	10/3/86	27/3/86	4/4/86
LIEU								T1				T1	***			
CONCLUSION	P	P	N.P.	N.P.	N.P.	P	N.P.	P	P	P	P	***	P	P	P	P
Germes L37°	0	2	16	19	23		13	1	0	2	1	***	3	0	0	0
Germes L21°	9	10	33	37	39		33	9	0	4	1	***	7	2	1	0
E.coli	0	0	27	29	0	0	9	0	0	0	0	***	0	0	0	0
Coliformes	0	0	71	104	116	0	125	0	0	0	0	***	0	0	0	0
Strepto-fécaux	0	0	0	0	0		32	0	0	0	0	***	0	0	0	0
Clostridium								0				***				
Na	124,6	133,6	121,4	125,7	115,6	0,5	161,5	115,7	110,2	127,6		***				
pH	7,47	7,21	7,48	7,55	7,41		7,19	7,22	7,3	7,15	7,3	***	7,28	7,78	7,33	7,19
Résistivité	800	875	800	850	730	792	740	940	830	860	975	***	750	775	725	640
Turbidité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	***	< 5	< 5	< 5	< 5
TH	38	32,6	37,4	37,8	36,5		35,4	43	36,9	35,2	39,1	***	44,9	44	42,2	48,9
RAC	27	26,5	24	28	23,1		29	30,2	28,5	26,7	27,4	***	31	29,1	30,6	27,8
Mat.org.	1,9	1,85	0,7	0,7	0,5		0,75	1,3	0,9	0,85	0,85	***	0,81	2,36	1,39	0,13
Ammoniaque	0	0	0	0	0		0	0	0,06	0	0	***	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fer	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1	0,024	< 0,1	< 0,1	< 0,020	***	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chlorures	226,4	208,3	225,1	206,2	229,6		252	235,6	194,7	214,8	217,5	***	244,6	248,4	246,1	289,6
Sulfates	56	50,8	72,9	72,2	54,5		53,2	41,7	45,4	53,4	50,8	***	73	73,5	82,7	95,6
Nitrites	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	***	< 0,02	< 0,02	0,02	0,02
Nitrates	4,3	6,3	6	5,3	6,2		5,7	5,1	2,7	5	13,3	***	10,1	12,2	8,8	11,7

DATE	4/6/86	3/7/86	26/8/86	30/6/86	7/9/86
LIEU					
CONCLUSION	P	P	P	P	P
Germes L37°	2	2	0	4	0
Germes L21°	4	19	0	9	0
E.coli	0	0	0	0	0
Coliformes	0	0	0	0	0
Strepto-fécaux	0	0	0	0	0
Clostridium					
Chlore au prélèvmnt					
pH	7,19	7,08	7,48	7,55	7,64
Résistivité	400	600	610	710	690
Turbidité	< 5	< 5	< 5	49	< 5
TH	49,8	51,9	48	47,1	46,1
RAC	30,9	30,9	29,5	29,1	29,8
Mat.org.	3,03	0,17	0,2	0,28	2,4
Ammoniaque	0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fer	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,37	< 0,01
Chlorures	211,5	307,4	289,2	277,7	323
Sulfates	79,9	83,9	93,4	62,5	94
Nitrites	0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrates	12,2	9,8	7,1	11,5	9,6

Il envisage enfin l'obligation de raccorder les villas de Pioch Méja à assainissement autonome, au réseau d'assainissement public. La vulnérabilité du point d'eau de Cauvy n'étant plus à démontrer, l'auteur indique "très souhaitable d'envisager son abandon à plus ou moins longue échéance".

Dans une étude à peine antérieure du BRGM (août 1993), sur l'évaluation de l'impact hydrogéologique, une série de recommandations était définie pour tenir compte des risques de pollution de Cauvy et du réservoir thermal : "dans un système complexe donnant lieu à l'existence de plusieurs interfaces hydrauliques se déplaçant suivant l'importance respective des différentes charges mises en place :

- . eaux thermales de Balaruc,
- . eaux saumâtres de la Vise, et d'Ambressac,
- . fluctuations du niveau de l'étang,
- . pression atmosphérique,
- . pluviométrie,
- . prélèvements d'eaux douces à Cauvy".

"RECOMMANDATIONS ET DEFINITIONS DES PRESCRIPTIONS A OBSERVER :

...Des prescriptions simples et efficaces devront être observées :

- *Surveillance piézométrique du site : on utilisera les 5 piézomètres équipés lors des reconnaissances géotechniques (SP1,2,3,4 et 8) Pour un bon suivi de ces niveaux, il est souhaitable d'y ajouter quelques autres points de "regard" sur la nappe. Ces points seront situés à la périphérie de la Z.A.C. et permettront de tracer régulièrement une carte piézométrique (impossible avec seulement 5 points) au niveau site de Cacaussels. Ces points seront soit des puits déjà existants ou bien des nouveaux piézomètres à planter. De plus certains de ces points d'eau seront suivis au niveau qualité grâce à des analyses régulières.*
- *Surveillance qualité de l'eau prélevée au niveau de la source de Cauvy avec un renforcement de la fréquence d'analyse.*
- *Interdiction de stocker pendant les travaux toute matière susceptible de provoquer une pollution (huiles, carburants, ...) suite à un déversement dans le sol.*
- *Contrôle des intensités dans le cas d'utilisation de charges explosives (fondations) : une mauvaise manipulation risquerait de modifier les écoulements au niveau des calcaires karstifiés.*
- *Dimensionnement cohérent et adapté des réseaux d'évacuation d'eaux usées et pluviales. Nécessité de prévoir les événements exceptionnels (orages) pour éviter tout refoulement pouvant atteindre les captages.*
- *S'assurer de l'étanchéité des collecteurs ainsi que de leurs bonnes connexions avec les voies de dessertes.*
- *Interdire tout assainissement de type individuel.*
- *Garantir et maintenir la zone de périmètre de protection immédiate de la source Cauvy.*
- *Maintenir un entretien régulier de tous les systèmes d'évacuation d'eau.*

Si toutes ces prescriptions sont suivies, les risques de modification des écoulements et de pollution de la nappe devraient être écartés. Toutefois, toute modification du projet initial devra être soumise à un avis hydrogéologique."

Les recherches d'eau du syndicat de Balaruc - Frontignan

Depuis 1989, à l'initiative de la CGE, puis à partir de 1990, sur financements du Conseil Général, des études ont d'abord été entreprises autour de Frontignan pour pouvoir répondre à la demande d'un débit de l'ordre de 200 m³/h.

Les aquifères mio-plio-quadernaires de Frontignan et l'aquifère karstique de la Gardiole dans ce secteur y indiquent une contamination des eaux par le biseau salé depuis Vic-la-Gardiole jusqu'à l'Ouest de Frontignan, sauf en deux zones, mais d'extension limitée : Pioch Redon et Mas de Madame.

Des reconnaissances ont donc été proposées par le CERGA dans le secteur de Balaruc-le-Vieux, à l'écart des contaminations salines avec deux sondages réalisés en octobre et novembre 1991 :

- F2 : sur le site de Belbezet, profond de 66 m, indiquant un niveau d'eau à 3,66 m NGF, directement implanté dans les calcaires et dolomies du Jurassique supérieur, à 1 300 m au Sud d'Issanka,
- F1 : sur le site des Moulières basses (Frescaly), profond de 87 m, avec les calcaires jurassiques situés sous 47 m de marnes bleues et grises, un niveau d'eau à 3,59 m NGF, à 600 m au SSW en aval d'Issanka.

Les eaux sont douces et de même nature que celles d'Issanka, à peine un peu plus minéralisées : conductivité 550 à 560 $\mu\text{s}/\text{cm}$; T = 15,5 à 16,5°C ; pH = 7 à 7,5 ; résidu sec = 380 mg/l ; TH = 30°F, Cl = 22 mg/l ; NO₃ = 4 à 5 mg/l.

Les pompages sur F7 Issanka à 360 m³/h n'ont apparemment pas d'incidences sur les niveaux de F2, et une incidence très faible sur F1 (1,5 cm après arrêt du pompage).

En septembre 1993, un nouveau forage F2E a été transformé en forage d'exploitation, tubé en acier Ø 14" et crépiné de 52 à 82 m (profondeur 100 m). Un piézomètre F3 était réalisé au NE du Mas d'Angle à 1 km au Sud de F2, en direction de Balaruc-les-Usines.

Les tests des pompages en F2E, exécutés à 108 m³/h du 30 septembre au 28 octobre 1993, indiquent des rabattements maximaux de 2,36 m le 8 octobre 1993 sur F2c, situé à 27,5 m de F2E, de 0,61 m sur F1 le 5 octobre 1993, de 0,30 m sur F3, situant les niveaux de la nappe respectivement à 0,25 ; 2,49 et 1,07 m NGF sur F2E, F1 et F3.

Une extrapolation des rabattements obtenus, pour quatre mois de pompage à 108 m³/h sans recharge de la nappe, conduit à des niveaux dynamiques de - 1,60 m NGF environ sur F2E et + 0,25 m NGF en F3. Ceci fait craindre la menace d'invasion par les eaux d'origine marine à l'aval de l'aquifère.

Le CERGA préconise donc de ne pas dépasser une production de 100 à 110 m³/h sur ce forage et de suivre régulièrement et précisément l'évolution piézométrique et l'hydrochimie dans le secteur de Balaruc-le-Vieux. Il indique aussi la nécessité de rechercher un nouveau point de prélèvement, suffisamment éloigné de F2 et à piézométrie égale ou de préférence plus élevée.

L'impact du pompage en F2E est donc à l'origine de rabattements trop forts pouvant occasionner un risque de contamination de la nappe karstique par les eaux marines (invasion saline).

On remarquera que ces pompages avaient débuté avant l'incident du 7 octobre 1993 sur la Vise. Les enregistrements piézométriques sur F2c et F3 visualisent bien l'événement d'intrusion d'eau salée en l'absence de pluies à cette date (voir figure 14 au chapitre 5.1.).

9. L'A.E.P. de Mireval

Présentation

Mireval disposait pour son A.E.P du puits du Poilu dans les formations superficielles, avec cependant des problèmes de qualité bactériologique et de salinité des eaux. Ce puits était situé en ville à moins de 1 000 m des rives de l'Etang de Vic.

Le forage de Karland, réalisé en 1971, en aval du circuit automobile, alimentait le lotissement de la Baussasse. Après enquête en 1985 et abandon définitif du puits du Poilu, il était exploité à 50 m³/h pour répondre aux besoins en eau de la commune.

Localisation et identification BSS

Le forage de KARLAND est situé à 1 km au Nord du village, en bordure Nord de la RN 112 qui rejoint Montpellier à Sète, à 1 500 m au Sud-Ouest de la carrière de la Madeleine (figure 25).

Numéro BSS : 1016-3-44 ; coordonnées : x = 718,73 ; y = 136,52 ; z = 198 m.

Géologie, structures, hydrogéologie

Cet ouvrage a traversé 12 m de colluvions, puis des marnes roses et grès du Crétacé supérieur, avant de pénétrer dans les calcaires du Jurassique supérieur à 52 m. Profond de 55 m, il est situé dans l'axe de ce bassin crétacé effondré. Il pénètre de 3 m seulement dans les calcaires fissurés. Testé à 45 m³/h, la température de l'eau était de 15,8°C.

Dans ce secteur, la piézométrie (1984, 1985, 1987) montre un écoulement des eaux du Nord vers le Sud. Les tests de pompage indiquaient de très bonnes caractéristiques et la possibilité d'exploiter ce captage jusqu'à plus de 100 m³/h. En fait, lors de la réalisation, un pompage à 80 m³/h situait la cote du niveau dynamique à + 1,20 m NGF (NH initial = 2,70 m NGF). La DUP du 09/10/1986 accordait une possibilité d'exploitation à 50 m³/h, 12 h/j, soit 600 m³/j.

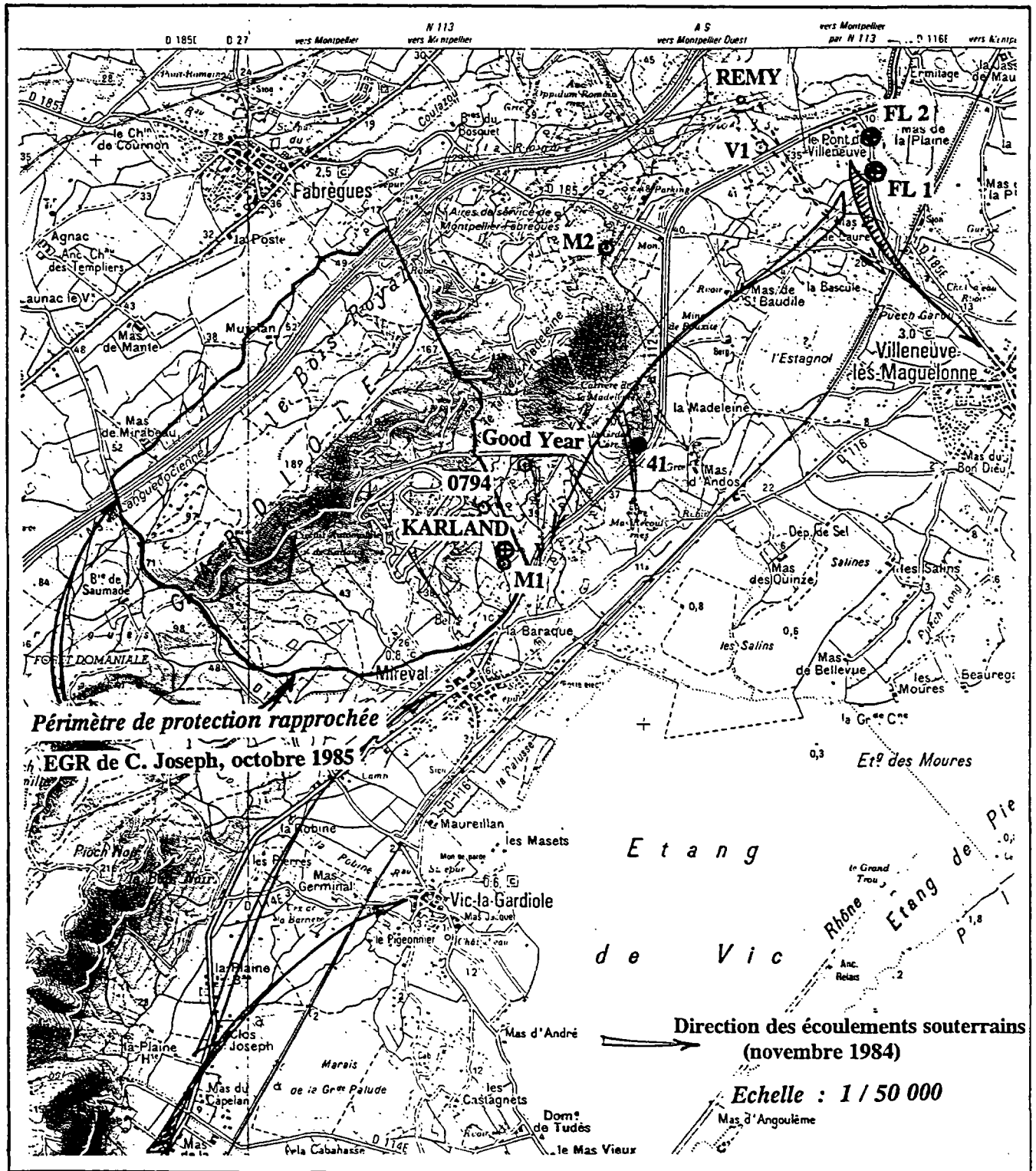


FIGURE 25 - AEP DE MIREVAL ET DE VILLENEUVE-LES-MAGUELONNE : LOCALISATION DES OUVRAGES

Remarques

Dès lors que l'exploitation a été à plus fort débit, et plus continue, les caractéristiques de l'eau se sont détériorées avec l'avancée du biseau salé.

Le forage de secours M1, réalisé à une centaine de mètres en aval, en octobre 1987 (profondeur = 160,5 m), donnait des eaux de nature différente, sans relation avec Karland.

Karland a commencé à se minéraliser en 1989, la conductivité passant en un an de 695 à 1 243 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en parallèle avec l'augmentation des chlorures de 50 à 118 mg/l et du TH de 44 à 68° F.

En 1991-1992, la conductivité passait à 1 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et les chlorures de 60 à plus de 200 mg/l, conduisant à l'abandon de l'exploitation de ce forage.

Les travaux de reconnaissance étaient entrepris en 1993 et 1994, plus en amont, dans la Combe Escure avec le forage "Mireval 0794". Les pompages sur ce forage et aussi sur le forage Goodyear en avril 1994, indiquaient la contamination de la nappe karstique par le biseau salé (Cl > 254 mg/l ; NH₄ = 0,79 mg/l ; Na = 128 mg/l et coliformes).

NOTA : en 1987 le pompage sur le forage Goodyear avait montré le passage brutal de la conductivité de 700 à 1 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ après deux jours de pompage, se stabilisant ensuite à 1 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (données BERGA Sud).

Les recherches se sont poursuivies en 1993, plus au Nord, avec un forage M2 à 200 m de profondeur dans les calcaires, sans résultat positif (champ de tir).

Le forage V1, réalisé en Février 1995 à 110,5 m de profondeur n'a donné qu'un faible débit : 1 m³/h. Il est situé à 500 m au Sud Sud-Est du forage Rémy, et à 1 000 m seulement à l'Ouest de la station de pompage du Flès (du Pont de Villeneuve).

Mireval n'est donc plus autonome pour la fourniture de son eau potable, suite à l'intrusion marine dans le réservoir karstique.

10. L'A.E.P. DE VILLENEUVE-LES-MAGUELONNE

Présentation

La commune de Villeneuve-lès-Maguelonne exploitait depuis février 1971 le forage REMY (1016-3-36) situé au NE de la Gardiole, en rive droite de la Mosson. Il était encore utilisé en 1991 avec un volume prélevé de 770 000 m³/an.

Cet ouvrage exploité à 50 m³/h couvrait également les besoins en eau potable de Maurin. Il est profond de 20,5 m, il sollicitait les calcaires fissurés et karstifiés du Jurassique supérieur.

L'eau de cet ouvrage était de qualité médiocre sur le plan bactériologique et, très comparable à celle de la Mosson sur le plan physico-chimique, elle présentait des excès de manganèse.

Compte tenu des problèmes, en outre de salinité, qui avaient conduit à l'abandon du puits du Poilu à Mireval, le Conseil Général a entrepris des études et travaux de recherches d'eau pour ces deux communes dès août 1987. Elles se sont concrétisées par la réalisation de cinq sondages de reconnaissance dont deux ont été positifs (V3 et V4), et transformés en forages d'exploitation : les forages F1 (Sud) et F2 (Nord) de la station de pompage dite "du FLES".

Localisation et identification BSS

La station de pompage du Flès est localisée à 300 m pour le forage F2, et à 500 m pour le forage F1, en aval du Pont de Villeneuve, en bordure Est de la route départementale D165. La Mosson se trouve respectivement à 100 m et à 190 m à l'Est des forages F2 et F1. Les numéros BSS sont 1016-3-157 pour F1 et 1016-3-158 pour F2 (figure 25).

Géologie, structures, hydrogéologie

Les calcaires et dolomies sont ici subaffleurants, sous une faible épaisseur de limons superficiels, dans le prolongement des structures NE/SW à compartiment Sud abaissé.

Vers le SE, ces calcaires laissent la place à des gradins successifs remblayés de matériaux sablo-argileux et gréseux du Mio-Pliocène.

Les fortes venues d'eau ont été notées à 21 et à 67 m en F1 (en trou nu de 19 à 67,5 m), et à 70 m et 94,5 m en F2, crépiné de 38 à 96 m, et laissé en trou nu de 96 à 109 m. Chaque ouvrage donnait 180 et 200 m³/h lors des tests de pompage. Le niveau d'eau au repos était à 3,3 et 4 m. Lors des pompages, on n'a pas noté d'interférences entre les deux forages, ni d'influence de la Mosson !!

Les eaux sont bicarbonatées calciques, la résistivité est de 1 300 à 1 400 ohms.cm environ, le résidu sec de 550 à 480 mg/l. La dureté est élevée : 40 à 45°F, et la température est de 15 à 16°C.

Ces eaux sont identiques à celles de la Mosson alors qu'aucune relation n'a été démontrée avec cette rivière.

Remarques complémentaires

La productivité de ces deux forages est exceptionnellement élevée : 40 à 50 m³/h/m. Malgré ce, l'option retenue a été celle d'une exploitation modérée : à deux fois 100 m³/h, 15 à 20 heures par jour, de façon à éviter des rabattements excessifs et l'intrusion des eaux salées.

Sur chaque forage, plusieurs paramètres sont enregistrés en continu et télétransmis sur le PC du Conseil Général. Ce sont le niveau dynamique, la température et la conductivité de l'eau.

En juillet 1995, le niveau dynamique bas se situait à 0,38 m NGF (et à 1 m NGF après arrêt des pompes). La conductivité s'accroît régulièrement, passant de 960 à plus de 1 000 µs/cm dans les deux derniers mois. Cette augmentation sensible de la minéralisation avait été également observée en 1994.

Lors de plusieurs réunions en Mairie de Villeneuve en 1989, puis en CDH en 1993, ainsi que dans le dossier de DUP en 1992, il était indiqué "la nécessité de procéder à une gestion globale de l'aquifère de la Gardiole, compte tenu du nombre d'ouvrages sollicitant la nappe karstique dans ce secteur, dont celui de la Lauzette (St Jean de Védas) et du Garrigou (Sivom du Méjean). Le contrôle piézométrique devrait être couplé à des analyses physico-chimiques".