

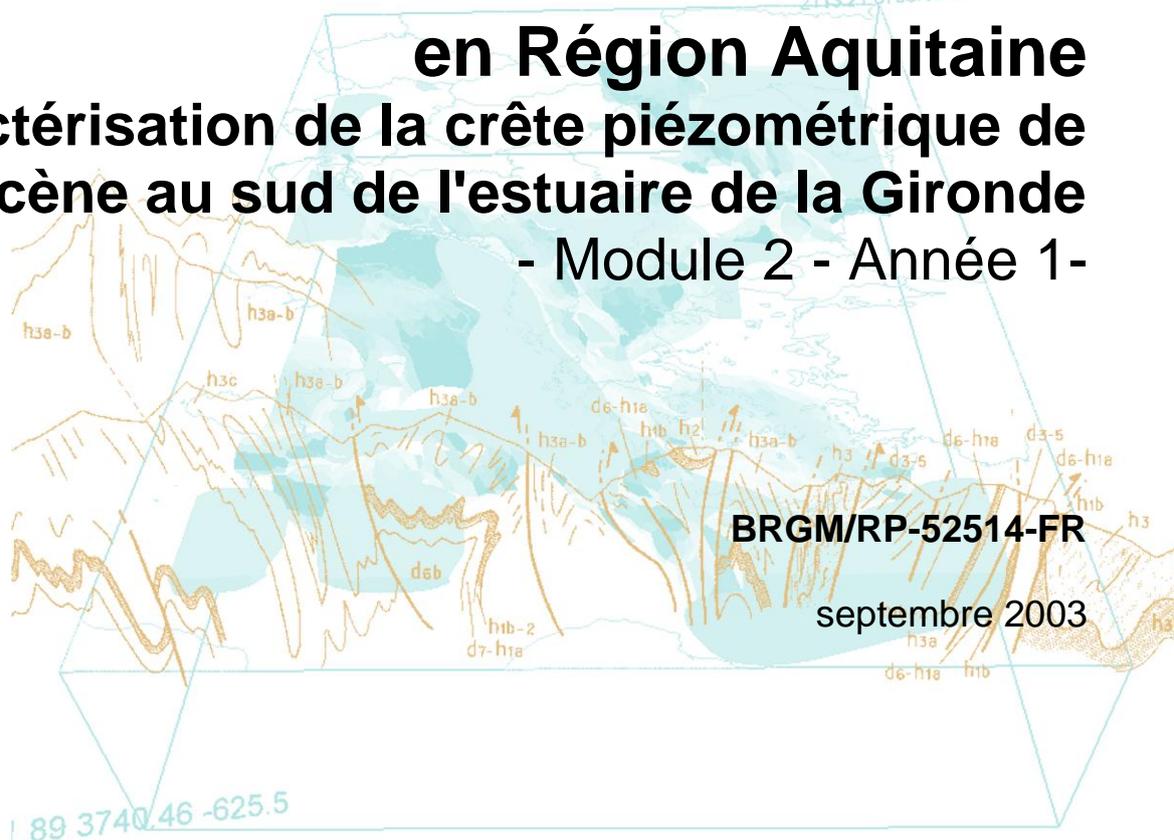
Document public



# Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

## Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde

- Module 2 - Année 1-



BRGM/RP-52514-FR  
septembre 2003



Préfecture de la région Aquitaine  
Secrétariat général pour les affaires régionales



DIRECTION REGIONALE DE  
L'ENVIRONNEMENT  
AQUITAINE



DRIRE  
AQUITAINE



CONSEIL GENERAL  
Gironde

Agence de l'Eau  
Adour Garonne



Géosciences pour une Terre durable

brgm



Document public

# Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

## Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde

- Module 2 - Année 1 -  
Connaissances géologiques et hydrogéologiques  
Réalisation de nouveaux piézomètres  
Suivi du réseau de surveillance PZEM

BRGM/RP-52514-FR

septembre 2003

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2002-PIR-306

J.P. Platel, N. Pédron, A. Winckel  
avec la collaboration de  
C. Mazurier, S. Benhammouda et P. Dufour



Agence de l'Eau  
Adour Garonne



*Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine*  
*Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'Estuaire de la Gironde*  
*Année 1*

**Mots clés :** Géologie, Hydrogéologie, Piézométrie, Hydrochimie, Aquifère, Invasion saline, Piézomètres, Eocène moyen, Estuaire de la Gironde, Gironde, Aquitaine, France

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**J.P. Platel, N. Pédrón, A. Winckel**, avec la collaboration de **S. Benhammouda et P. Dufour** (2003) - Gestion des Eaux Souterraines en Région Aquitaine. Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au Sud de l'Estuaire de la Gironde. Année1 - Connaissances géologiques et hydrogéologiques. Réalisation des premiers piézomètres. BRGM/RP-52514-FR, 113 p., 45 fig., 3 annexes

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

L'étude de la **crête piézométrique de l'Eocène moyen au Sud de l'Estuaire de la Gironde** s'intègre dans le vaste programme de *Gestion des nappes d'eau souterraine de la Région Aquitaine* qui se poursuit depuis 1996 et dont il constitue le module 2 de l'actuelle Convention Régionale, passée entre l'Etat, la Région Aquitaine et le BRGM, avec le concours de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le Conseil Général de la Gironde. Ce programme est réalisé sur financement pluriannuel par des crédits publics.

Depuis plus de quarante ans la nappe de l'Eocène moyen, fortement exploitée dans le département de la Gironde, présente au droit de l'agglomération bordelaise un important creux piézométrique (avec des niveaux d'eau ayant été localement plus bas que -30 m NGF). Au Nord de Blaye et de Cussac, la nappe est localement drainée par l'estuaire de la Gironde. Ses niveaux piézométriques y sont proches du 0 NGF, voire quelquefois en dessous dans les secteurs fortement exploités. Le long de cette partie de l'estuaire, la qualité des eaux de la nappe, bien que captive, est fortement dégradée par une invasion saline importante.

Entre les deux secteurs existe une zone à plus forte pression constituant une *crête piézométrique* supérieure à + 2,5 m NGF. Depuis longtemps il est apparu comme indispensable de maintenir cette barrière hydraulique, car elle assure une protection de la nappe de l'Eocène vis-à-vis d'une éventuelle propagation de cette salure vers l'amont de la nappe, qui correspond aux secteurs les plus exploités pour l'alimentation en eau potable. Mais la géométrie des terrains éocènes et les raisons exactes de la persistance de cette crête hydraulique sont encore très mal connues, d'autant que le programme d'étude précédent a mis en évidence une complexité du multicouche, en termes de géométrie des réservoirs et de différences de pressions, non soupçonnée jusqu'à ces dernières années.

L'objectif de l'étude actuelle est donc de mieux connaître l'aquifère éocène dans sa partie où la pression est la plus élevée, au Nord de Bordeaux. Pour l'atteindre, trois objectifs principaux ont été définis :

- établir le bilan des connaissances géologiques et hydrogéologiques,
- poursuivre vers le Sud l'extension du *réseau PZEM* par la réalisation de doublets de cinq ou six piézomètres (profonds et superficiels) près de l'estuaire,
- poursuivre la surveillance des pressions et de la qualité des eaux de l'Eocène.

**L'étude géologique** du substratum de l'estuaire de la Gironde entre Ambès et Blaye, nécessaire pour visualiser la complexité de l'aquifère multicouche, a été basée sur des études de caractérisation des formations sur le terrain et en sondages. Elle a abouti à une meilleure connaissance de la géométrie des principaux réservoirs éocènes par la réalisation, sur l'emprise de la zone de la crête, d'une cartographie géologique détaillée de plusieurs niveaux structuraux et grâce à la réalisation de coupes géologiques transversales sérieuses et longitudinales entre le Sud de la presqu'île d'Ambès et le secteur de Blaye / Cussac.

Six sites ont ensuite été sélectionnés pour implanter des doublets de piézomètres régulièrement répartis en rive gauche (Cussac, Beychevelle et Soussans), en rive droite (Plassac et St-Genes-de-Blaye) et sur (ou près de) la presqu'île (Ambès ou Ludon). A la fin de cette phase, ceux de Cussac et de Plassac sont respectivement totalement ou partiellement opérationnels.

Pendant les quatre ans de **surveillance de la qualité** (1999 à 2003) la salinité dans les différents niveaux de la nappe de l'Eocène moyen a montré des variations différentes. Dans le secteur nord-oriental du Médoc, autour de Jau-Dignac, il y a surtout été constaté une tendance générale à la salinisation progressive de tous les réservoirs, l'augmentation de la teneur en NaCl étant de l'ordre de 2 g/l sur 3 ans.

Plus au Sud à Saint-Christoly, les eaux de tous les niveaux du multicouche ont des salinités identiques, qui n'évoluent pas dans le temps. Le secteur de Saint-Yzans montre les plus fortes variations, avec des salinités en NaCl pouvant varier de 0,2 à plus de 7,5 g/l. Mais le manque de recul dans cette dernière chronique d'analyses rend difficile un dégagement de tendance générale dans ce secteur.

Les variations journalières de salinité ont par ailleurs pu être mises en relation directe avec les ondes de marée dans le fleuve, qui servent de "moteur" à la migration des fronts d'invasion saline.

La **surveillance des pressions de la nappe** est effectuée en permanence grâce au *réseau PZEM* de piézomètres équipés d'enregistreurs numériques, qui a été étendu cette année vers le Sud par la réalisation des sondages courts de Cussac et de Plassac.

Au Nord de la crête piézométrique, le niveau piézométrique moyen est stable depuis le début des mesures, avec des fluctuations saisonnières bien marquées. La différence de niveau observée entre les hautes et basses eaux est de 0,5 à 1 m à Jau et St-Christoly et de 1 à 1,5 m dans les secteurs de St-Yzans et St-Estèphe.

De manière générale au Nord de St-Yzans, le niveau des eaux de l'estuaire à marée basse est inférieur de 1 à 2 m à celui de la nappe de l'Eocène moyen. Dans le secteur de St-Estèphe, des inversions de charge peuvent se produire à l'étiage de la nappe pendant les marées de vives-eaux. A marée haute, le niveau du plan d'eau de l'estuaire est presque systématiquement au dessus du niveau de la nappe.

Sur la zone de la crête piézométrique, à Cussac, la nappe inférieure du réservoir grés-sableux a un niveau piézométrique moyen en hautes eaux (+3,5 NGF) relativement constant depuis 1999 (+4 NGF en 2001 en relation avec les précipitations importantes lors de l'hiver 2000-2001). A marée basse comme à marée haute (sauf en période d'étiage de la nappe lors des forts coefficients), la pression des eaux de l'estuaire est toujours inférieure à celle de la nappe des grès et sables.

Dans la nappe du réservoir supérieur (Eocène moyen calcaire) de ce même secteur, le niveau d'eau observé en début 2003 ne se situait qu'à +2,3 NGF à marée haute, soit environ 1,5 m plus bas que la nappe profonde et l'amplitude des variations entre marée haute et basse est beaucoup plus faible (environ 0,1m) que dans le réservoir inférieur.

En rive droite à Plassac, dans la nappe de l'Eocène moyen calcaire, le niveau piézométrique moyen de la nappe se situe à environ +3 NGF sur la première période de mesure. A marée basse comme à marée haute, la pression de la nappe des calcaires est presque toujours supérieure à celle du plan d'eau de l'estuaire, à la différence du secteur de Cussac sur la rive occidentale de l'estuaire.

# Sommaire

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1. CADRE GENERAL DU PROJET .....	1
1.2. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE .....	1
1.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	2
1.4. METHODOLOGIE ET PROGRAMME DE L'ANNEE 1 .....	4
1.4.1. Synthèse géologique du substratum de l'estuaire de la Gironde entre Ambès et Blaye .....	4
1.4.2. Etat des connaissances hydrogéologiques .....	4
1.4.3. Réalisation des premiers doublets de piézomètres .....	4
1.4.4. Poursuite de la surveillance des pressions de la nappe de l'Eocène en rive médocaine.....	5
1.4.5. Poursuite de la surveillance de la qualité des eaux de l'Eocène en rive médocaine.....	5
1.4.6. Synthèse des connaissances.....	6
<b>2. SYNTHÈSE GEOLOGIQUE DU SUBSTRATUM DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE ENTRE BLAYE ET AMBÈS</b> .....	<b>7</b>
2.1. DEMARCHE SUIVIE ET REPRESENTATION DES RESULTATS.....	7
2.2. DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE .....	8
2.2.1. Crétacé .....	8
2.2.3. Eocène moyen .....	9
2.2.4. Eocène supérieur .....	12
2.2.5. Oligocène .....	13
2.2.6. Quaternaire.....	13
2.3. CONTEXTE STRUCTURAL .....	16
2.3.1. Pendages .....	16
2.3.2. Failles .....	16
2.3.3. Structuration souple .....	16
2.4. GEOMETRIE DES FORMATIONS .....	19
2.4.1. Substratum crétacé .....	19
2.4.2. Epente imperméable de l'Eocène inférieur .....	19
2.4.3. Géométrie du réservoir supérieur des calcaires de l'Eocène moyen.....	19
2.4.4. Géométrie du réservoir supérieur des grès et des sables .....	23
2.4.5. Géométrie des terrains de recouvrement tertiaires et quaternaires.....	23
2.5. IMPLANTATION DES DOUBLETES DE PIEZOMETRES.....	35
2.5.1. Site de Cussac-Fort-Médoc ( piézomètres PZEM 5 et 6) .....	35
2.5.2. Site de Plassac ( piézomètres PZEM 7 et X) .....	35
2.5.3. Site de Soussans ( piézomètres PZEM 8 et 9) .....	35
2.5.4. Site de St-Genès-de-Blaye ( piézomètres PZEM 11 et 12) .....	36
2.5.5. Site de Beychevelle ( piézomètres PZEM 13 et 14) .....	36
2.5.6. Site d'Ambès ( piézomètres PZEM 15 et 16) .....	36
2.5.7. Site optionnel de Ludon.....	37
<b>3. ETAT DES CONNAISSANCES HYDROGEOLOGIQUES</b> .....	<b>38</b>
3.1. DENSITE DES FORAGES, UTILISATION DE L'EAU ET VOLUMES PRELEVES.....	38
3.2. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE EOCENE DANS LE SECTEUR DE L'ESTUAIRE .....	38
3.3. HYDROCHIMIE DE LA NAPPE EOCENE AUTOUR DE L'ESTUAIRE .....	41
3.3.1 Historique .....	41
3.3.2 Hydrochimie de la zone d'étude .....	43
<b>4. REALISATION DES PREMIERS DOUBLETES DE PIEZOMETRES</b> .....	<b>46</b>
4.1. SITE DE CUSSAC - SONDAGE PZEM 6 .....	46
4.1.1 Localisation.....	46
4.1.2 Déroulement des travaux .....	48
4.1.3 Interprétation géologique.....	49
4.1.4 Complétion-Equipement.....	51
4.1.5 Essai de débit .....	51

4.1.6	Qualité chimique de l'eau .....	53
4.2.	SITE DE PLASSAC - SONDAGE PZEM 7 .....	54
4.2.1	Localisation.....	54
4.2.2	Déroulement des travaux .....	54
4.2.3	Interprétation géologique.....	56
4.2.4	Complétion-Equipement.....	58
4.2.5	Essai de débit.....	58
4.2.6	Qualité chimique de l'eau .....	60
4.3.	FORAGE COMMUNAL DE PLASSAC (07791X0002) .....	60
<b>5.</b>	<b>SURVEILLANCE DE LA PRESSION DE LA NAPPE EOCENE EN RIVE MEDOCAINE ET DANS LE SECTEUR DE LA CRETE.....</b>	<b>63</b>
5.1.	SUIVI PIEZOMETRIQUE DES OUVRAGES EN RIVE MEDOCAINE .....	63
5.2.	SUIVI PIEZOMETRIQUE DU DOUBLET DE PIEZOMETRES DE CUSSAC.....	64
5.3.	SUIVI PIEZOMETRIQUE DES FORAGES DE PLASSAC.....	65
5.4.	SUIVI PIEZOMETRIQUE DU FORAGE TPB D'AMBES (07796X0021) .....	65
<b>6.</b>	<b>SURVEILLANCE HYDROCHIMIQUE DE LA QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE EOCENE EN RIVE MEDOCAINE ET DANS LE SECTEUR DE LA CRETE .....</b>	<b>74</b>
6.1.	DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURES HYDROCHIMIQUES.....	74
6.2.	EVOLUTIONS HYDROCHIMIQUES DE LA NAPPE PAR PIEZOMETRE.....	74
6.2.1.	Piézomètre PZEM 1 de Jau-Dignac.....	74
6.2.2.	Piézomètre PZEM 2 de Saint-Christoly.....	78
6.2.3.	Piézomètre PZEM 3 de Saint-Yzans.....	80
6.2.4.	Piézomètre PZEM 4 de Saint-Estèphe .....	82
6.2.5.	Piézomètre PZEM 5 de Cussac .....	83
6.2.7.	Piézomètre PZEM 7 de Plassac.....	85
6.3.	EVOLUTION DE LA SALINITE DEPUIS LA MISE EN SERVICE DU RESEAU DE SURVEILLANCE .....	108
6.3.1.	Analyse des chroniques des teneurs en chlorure de sodium .....	108
6.3.2.	Adaptation de la surveillance hydrochimique.....	108
6.4.	FACTEURS D'INFLUENCE DES VARIATIONS PERIODIQUES DE LA NAPPE EOCENE EN BORDURE DE L'ESTUAIRE.....	110
6.4.1.	Facteurs d'influence de la piézométrie.....	110
6.4.2.	Facteurs d'influence de la salinité .....	110
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>115</b>
7.1.	GEOLOGIE DE RESERVOIR .....	116
7.1.1.	Lithostratigraphie de l'Eocène moyen .....	116
7.1.2.	Géométrie des réservoirs calcaires.....	117
7.1.3.	Géométrie des réservoirs grésos-sableux .....	118
7.1.4.	Géométrie des terrains de recouvrement tertiaires et quaternaires.....	118
7.2.	EVOLUTIONS PIEZOMETRIQUES .....	119
7.3.	EVOLUTIONS HYDROCHIMIQUES .....	121
7.3.1.	Evolution de la salinité en chlorure de sodium.....	122
7.3.2.	Facteurs d'influence des variations journalières de salinité .....	122
7.4.	EXTENSION DU RESEAU PZEM DE SURVEILLANCE ET D'ALERTE.....	123
7.4.1.	Implantation des doublets de piézomètres.....	123
7.4.2.	Réalisation des nouveaux sondages piézométriques.....	124
7.5.	PROGRAMME D'ETUDES ET DE TRAVAUX DE LA PHASE 2.....	125
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>126</b>	
<b>ANNEXE 1.....</b>	<b>127</b>	
<b>ANNEXE 2.....</b>	<b>131</b>	

## **Liste des figures**

- Fig. 1 - Exemple de la permanence de la crête piézométrique de la nappe de l'Eocène moyen entre décembre 1998 et novembre 2000
- Fig. 2 - Superposition des terrains de l'Eocène moyen dans le secteur de l'estuaire de la Gironde (piézomètre PZEM 4 de ST-Estèphe)
- Fig. 3 - Carte géologique du secteur de l'estuaire de la Gironde dans la zone de la crête piézométrique de l'Eocène entre Bordeaux et Blaye (en écorché sous les alluvions quaternaires)
- Fig. 4 - Géométrie du toit du réservoir supérieur des calcaires de l'Eocène moyen dans la zone de la crête piézométrique entre Bordeaux et Blaye
- Fig. 5 - Géométrie du toit du réservoir supérieur des grès et sables de l'Eocène moyen dans la zone de la crête piézométrique entre Bordeaux et Blaye
- Fig. 6 - Coupe A - Coupe géologique longitudinale à l'Estuaire de la Gironde passant par la presqu'île d'Ambès et la rive orientale entre St-Louis-de-Montferrand et St-Genès-de-Blaye
- Fig. 7 - Coupe B - Coupe géologique longitudinale à l'Estuaire de la Gironde passant par la rive occidentale entre Parempuyre et St-Julien-de-Beychevelle
- Fig. 8 - Coupe 1 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le Sud de la presqu'île d'Ambès entre St-André-de-Cubzac et Parempuyre
- Fig. 9 - Coupe 2 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le Sud de la presqu'île d'Ambès entre St-Gervais et Le Pian-Médoc
- Fig. 10 - Coupe 3 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le centre de la presqu'île d'Ambès entre Prignac-et-Marcamps et Macau
- Fig. 11 - Coupe 4 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le Nord de la presqu'île d'Ambès entre Bourg-sur-Gironde et Labarde
- Fig. 12 - Coupe 5 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le Nord de la presqu'île d'Ambès entre Bourg-sur-Gironde et Margaux
- Fig. 13 - Coupe 6 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par Villeneuve et Avensan
- Fig. 14 - Coupe 7 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par l'anticlinal de Blaye-Listrac entre Blaye et Moulis
- Fig. 15 - Carte de répartition des sondages exploitant la nappe éocène avec prélèvements par usages
- Fig. 16 - Carte piézométrique de la nappe éocène - Etat à fin 2002
- Fig. 17 - Carte de répartition des conductivités des eaux de la nappe éocène
- Fig. 18 - Carte de répartition des teneurs en chlorures et en sulfates des eaux de la nappe éocène

- Fig. 19 - Situation du piézomètre PZEM 6 de Fort-Médoc (commune de Cussac-Fort-Médoc)
- Fig. 20 - Coupe géologique et technique du piézomètre PZEM 6 de Cussac
- Fig. 21 - Graphique d'évolution du niveau d'eau lors du pompage d'essai réalisé sur le piézomètre PZEM 6 de Cussac
- Fig. 22 - Situation du piézomètre PZEM 7 du Terrain de boules (commune de Plassac)
- Fig. 23 - Coupe géologique et technique du piézomètre PZEM 7 de Plassac
- Fig. 24 - Graphique d'évolution du niveau d'eau lors du pompage d'essai réalisé sur le piézomètre PZEM 7 de Plassac
- Fig. 25 - Coupe géologique et technique de l'ancien forage AEP de Plassac (07791X0002)
- Fig. 26 - Exemples de l'état du tube intérieur de l'ancien forage AEP de Plassac (07791X0002)
- Fig. 27 - Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur nord du Médoc - Piézomètre de Jau-Dignac (PZEM 1) - Période janvier 98 à décembre 2003
- Fig. 28 - Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur nord du Médoc - Piézomètre de St-Christoly (PZEM 2) - Période janvier 98 à décembre 2003
- Fig. 29 - Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur nord du Médoc - Piézomètre de St-Yzans (PZEM 3) - Période janvier 98 à décembre 2003
- Fig. 30 - Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur central du Médoc - Piézomètre de St-Estèphe (PZEM 4) - Période janvier 98 à décembre 2003
- Fig. 31 - Evolution des niveaux des nappes de l'Eocène moyen grésosableux et calcaire dans le secteur de la "crête piézométrique" - Piézomètres de Cussac (PZEM 5 et PZEM 6) - Période janvier 98 à décembre 2003
- Fig. 32 - Evolution des niveaux des nappes de l'Eocène moyen grésosableux et calcaire dans le secteur de la "crête piézométrique" - Piézomètres de Plassac (PZEM 7 et 07791X0002) - Période janvier 2003 à décembre 2003
- Fig. 33 - Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen grésosableux dans le secteur au Sud de la "crête piézométrique" - Piézomètre d'Ambès (TPB - 07796X0021) - Période juillet 2002 à décembre 2003
- Fig. 34 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 1 de Jau-Dignac de 2002 à 2003
- Fig. 35 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 2 de St-Christoly de 2002 à 2003
- Fig. 36 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 3 de St-Yzans de 2002 à 2003
- Fig. 37 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 4 de St-Estèphe de 2002 à 2003
- Fig. 38 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 5 de Cussac de 2002 à 2003

- Fig. 39 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac en 2003
- Fig. 40 - Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac en 2003
- Fig. 41 - Evolution sur 4 ans de la teneur en chlorure de sodium dans différents niveaux de la nappe éocène des 3 piézomètres salés du Médoc oriental
- Fig. 42 - Analyses des variations de la piézométrie enregistrées dans le sondage PZEM 2 de St-Christoly
- Fig. 43 - Analyses des variations de la conductivité enregistrées dans le niveau -30 m du sondage PZEM 2 de St-Christoly
- Fig. 44 - Détermination du déphasage entre les pics de l'onde de marée et ceux de la conductivité enregistrée dans le niveau -30 m du sondage PZEM 2 de St-Christoly

## **Liste des tableaux**

- Tab. 1 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 1 de Jau-Dignac de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1998
- Tab. 2 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 2 de St-Christoly de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1998
- Tab. 3 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 3 de St-Yzans de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1998
- Tab. 4 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 4 de St-Estèphe de 2002 à 2003
- Tab. 5 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 5 de Cussac de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1999
- Tab. 6 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac en 2003
- Tab. 7 - Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac en 2003

## **Liste des annexes**

- Annexe 1 - Avenant à la convention avec la commune de Cussac
- Annexe 2 - Convention avec la commune de Plassac
- Annexe 3 - Compte rendu d'inspection de l'ancien forage de Plassac



# 1. Introduction

## 1.1. CADRE GENERAL DU PROJET

Le projet de caractérisation de la **crête piézométrique de l'Eocène moyen au Sud de l'Estuaire de la Gironde** s'intègre dans un vaste programme de *Gestion des nappes d'eau souterraine de la Région Aquitaine* qui se poursuit depuis 1996 et dont il constitue le module 2 de l'actuelle Convention Régionale. Par financement pluriannuel sur crédits publics, la Région Aquitaine, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le Conseil Général de la Gironde et le BRGM (après accord des Ministères en charge de l'Industrie et de l'Environnement) ont décidé de poursuivre un ensemble d'études et d'actions engagées lors du précédent contrat pluriannuel. Elles s'inscrivent dans les cadres de la Loi sur l'Eau, du SDAGE du Bassin Adour-Garonne et du SAGE *Nappes profondes en Gironde*, dans la perspective d'un aménagement durable des ressources, de l'optimisation des usages et du respect des écosystèmes.

Les principaux objectifs de ces actions sont de permettre de décliner par systèmes aquifères les besoins :

- d'amélioration des connaissances des nappes d'eaux souterraines les plus sensibles (Eocène en relation avec l'estuaire, protection de l'Oligocène, etc.)
- en réseaux de suivis, concernant les niveaux, la qualité des eaux et les évaluations de prélèvements
- de gestions quantitatives des ressources avec prévisions par modélisation et simulations
- de diffusion de l'information sur la gestion régionale des eaux souterraines par des outils modernes (SIG)

Des réflexions doivent aussi être engagées sur les nappes alluviales, les échanges nappes-rivières dans l'esprit des plans de gestion des étiages (PGE), l'occupation des sols et les risques de pollutions diffuses, la cartographie des teneurs en polluants, l'érodabilité des berges des cours d'eau.

## 1.2. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

Les observations entreprises depuis plus de quarante ans ont montré que la nappe de l'Eocène moyen (à inférieure), fortement exploitée dans le département de la Gironde, présente au droit de l'agglomération bordelaise un important creux piézométrique (avec des niveaux d'eau ayant été localement plus bas que -30 m NGF) lié à cette intense exploitation (jusqu'à plus de 62 millions de m<sup>3</sup>/an entre 1990 et 1992, se stabilisant depuis autour de 58 millions de m<sup>3</sup>/an).

Mais au Nord du Bec d'Ambés, au droit du secteur de Blaye-Listrac, les niveaux se sont en général toujours maintenus au-dessus de la cote + 2,5 m NGF (fig. 1). De plus, les dernières études, réalisées entre 1997 et 2001 dans le cadre de la précédente Convention Régionale, sur les *Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène moyen*, ayant fait l'objet des rapports BRGM R 39328, R 40113, R 40729, RP-50467-FR et RP-51177-FR, ont montré la grande complexité de cet aquifère multicouche, avec en particulier l'existence d'au moins deux aquifères séparés dans le

secteur précité. Il faut souligner que certains aquifères peuvent présenter des niveaux piézométriques plus bas que supposés auparavant. C'est notamment le cas observé lors de la réalisation du piézomètre PZEM 5 de Cussac-Fort-Médoc.

Plus au Nord, la nappe est drainée par l'estuaire de la Gironde. Ses niveaux piézométriques sont donc proches du zéro NGF, voire quelquefois en dessous dans les secteurs fortement exploités. Le long de cette partie aval de l'estuaire, la qualité des eaux de la nappe est fortement dégradée par une salure importante, dépassant couramment 4 g/l de chlorure de sodium (et même exceptionnellement 9 g/l dans un secteur). L'origine et les facteurs régissant ces phénomènes ont été étudiés et expliqués dans le programme précédent et les évolutions de la salinité sont actuellement sous surveillance bi-annuelle. On s'est ainsi aperçu que, depuis le début de cette surveillance, le front de salinisation a tendance à progresser lentement vers l'Ouest.

Dans un tel contexte, la zone de piézométrie supérieure à + 2,5 m NGF constitue une *crête piézométrique* (fig. 1). Il est donc indispensable que cette barrière hydraulique puisse être maintenue, car elle assure une protection de la nappe de l'Eocène vis-à-vis d'une éventuelle propagation de cette salure vers le secteur amont de la nappe, qui correspond aux domaines les plus exploités pour l'AEP.

Dès octobre 1999 il a été proposé de mettre en place un réseau spécifique de suivi de cette crête piézométrique ou "*bourrelet piézométrique*" (cf. rapport BRGM R 40726 - Platel *et al.*, 1999). De plus, lors de plusieurs réunions plénières de la Commission Locale de l'Eau (CLE) du SAGE "*Nappes profondes en Gironde*", la nécessité d'acquisition de connaissances complémentaires sur cette barrière hydraulique a été déclarée comme prioritaire. Le maintien des conditions actuelles, voire leur amélioration, est un des objectifs implicites de la **mesure 3.3.1 de ce SAGE**, qui reconnaît que la bordure de l'Estuaire est une **zone à risque identifié de salinisation** de la nappe Eocène, pour laquelle il est **nécessaire de définir une piézométrie de crise**.

### **1.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE**

Pour ce faire l'objectif de l'étude est donc, dans un délai de 3 ans, de mieux connaître et de surveiller l'aquifère Eocène dans sa partie où la pression est la plus élevée au Nord de Bordeaux, afin de comprendre les mécanismes susceptibles d'assurer une protection contre les risques de salinisation de l'aquifère au droit de la région bordelaise. Trois buts principaux sont poursuivis :

- 1 - Etablir le bilan géologique et hydrogéologique des connaissances actuelles après inventaire des ouvrages du secteur et évaluation de leur état, dans la mesure où certains sont potentiellement récupérables.
- 2 - Aboutir à la construction d'un réseau de doublets de cinq ou six piézomètres (profonds et superficiels) de part et d'autre de l'estuaire, et éventuellement sur les îles, avec équipement d'enregistreurs de pression, voire de conductivité.
- 3 - Poursuivre la surveillance des pressions et de la qualité des eaux de l'Eocène moyen en rive médocaine grâce aux 5 piézomètres PZEM 1 à PZEM 5 du réseau de surveillance réalisé les années antérieures et aux nouveaux.

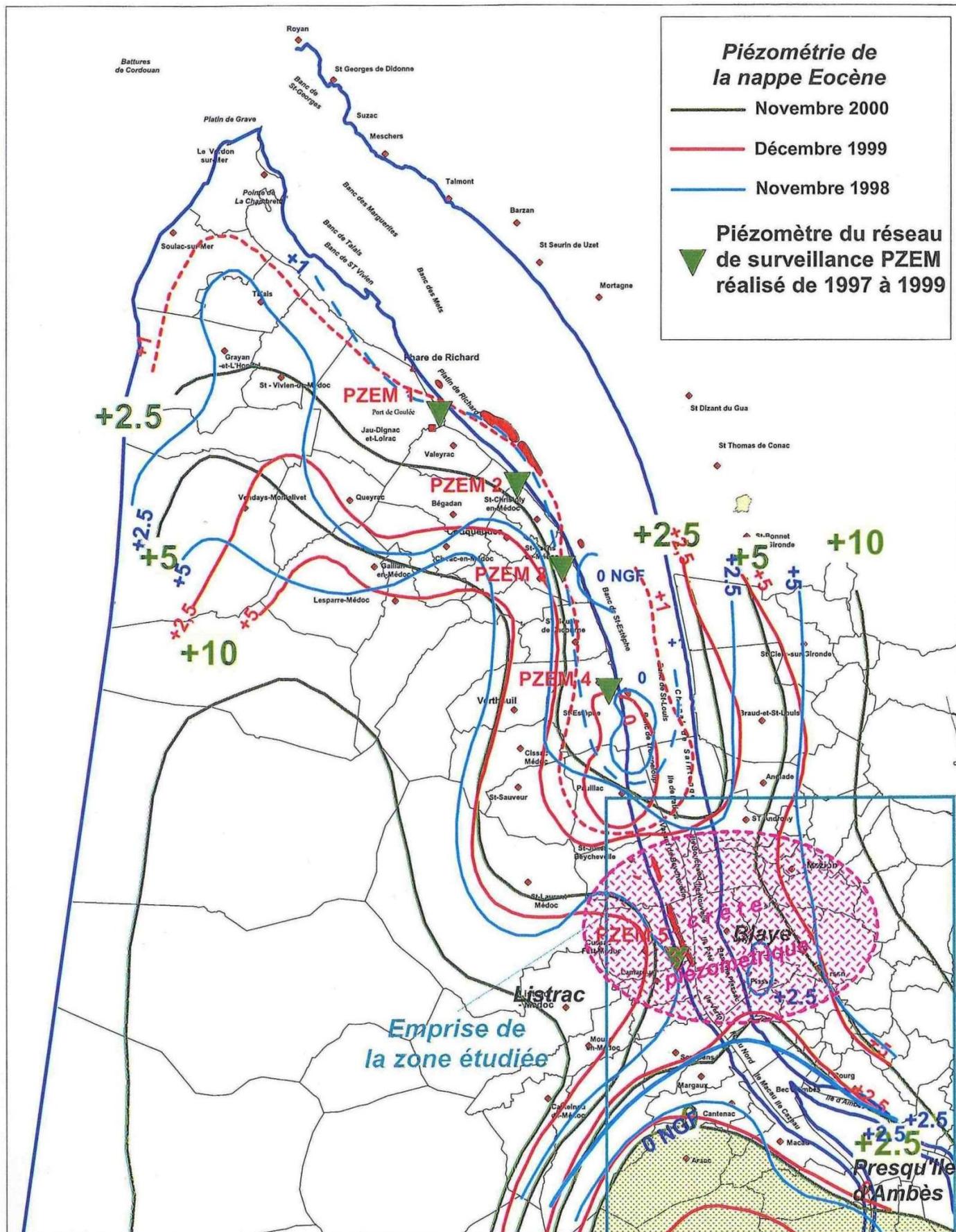


Fig. 1 : Exemple de la permanence de la crête piézométrique de la nappe de l'Eocène moyen entre décembre 1998 et novembre 2000 (compilé à partir des rapports BRGM RP-50467-FR et 51177-FR)

## **1.4. METHODOLOGIE ET PROGRAMME DE L'ANNEE 1**

La méthodologie suivie dans cette étude est classique, reprenant la démarche utilisée lors de l'opération sectorielle sur les relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène moyen. Elle s'articule autour de trois principaux volets d'étude auxquels s'ajoute la poursuite de la surveillance par le réseau d'alerte.

### **1.4.1. Synthèse géologique du substratum de l'estuaire de la Gironde entre Ambès et Blaye**

L'étude géologique a été fondée sur :

- la réinterprétation des levés géologiques en rive droite et gauche de l'estuaire, entre le PK 11 (St-Louis de Montferrand / Parempuyre) et le PK 45 (aux portes méridionales de Pauillac)
- le dépouillement des sondages en BSS avec recherche des forages disponibles permettant de dresser des coupes de références de la série éocène locale
- des études de caractérisation des formations sur le terrain,
- la réalisation d'une cartographie détaillée sur l'emprise de la zone de la crête, comprenant la géologie du substratum ante-quadernaire en écorché et la position des zones à risques en fond de l'estuaire - (zone de contact éventuel de l'Eocène avec les eaux de l'estuaire)
- des cartes interprétatives de la géométrie actuelle du toit des principaux réservoirs éocènes
- la réalisation de coupes géologiques transversales sériées et longitudinales entre le Sud du bec d'Ambès et le secteur de Blaye / Cussac pour visualiser la complexité de l'aquifère multicouche.

### **1.4.2. Etat des connaissances hydrogéologiques**

Pour faire le point sur l'état des connaissances sur la nappe aquifère de l'Eocène moyen (système 214) dans ce secteur de l'Estuaire, cette étude comprend :

- la localisation des forages exploités et non exploités accessibles.
- l'acquisition des données de la piézométrie du secteur.
- le point sur les données de l'hydrochimie de la nappe.

### **1.4.3. Réalisation des premiers doublets de piézomètres**

Selon le principe de réaliser des doublets de piézomètres pour surveiller en plusieurs points les 2 nappes superposées de l'Eocène moyen, il a été prévu pour cette première phase de commencer par forer un piézomètre court à Cussac, complétant le dispositif existant, puis de réaliser un site de doublet à implanter sur un territoire communal défini à la fin de la synthèse hydrogéologique et de la compilation des données hydrogéologiques.

#### **1.4.4. Poursuite de la surveillance des pressions de la nappe de l'Eocène en rive médocaine**

Grâce aux 5 piézomètres PZEM 1 à 5, réalisés durant le programme précédent de 1997 à 1999 et équipés d'enregistreurs numériques depuis le début, la surveillance des pressions de la nappe est suivie en permanence. Elle est restituée sur des diagrammes pluriannuels qui permettent de visualiser les évolutions des niveaux de la nappe le long de la rive occidentale, et particulièrement à proximité des cinq zones considérées comme les plus vulnérables vis-à-vis d'invasions salines en provenance directe des eaux de l'estuaire actuel.

#### **1.4.5. Poursuite de la surveillance de la qualité des eaux de l'Eocène en rive médocaine**

Les piézomètres PZEM 1 à 5 permettent également la surveillance hydrochimique habituelle de la qualité des eaux, qui a été poursuivie semestriellement suivant le protocole de prélèvement mis en oeuvre depuis 1999 et amélioré en 2000 (prise d'échantillons à plusieurs niveaux de chaque piézomètre, lors de la crue et de l'étiage et en période de fortes marées).

Par ailleurs, des enregistrements en continu de la conductivité et de la température ont été réalisés dans les piézomètres de Saint-Christoly et de Saint-Yzans. Ces suivis ont été effectués à l'aide d'une sonde immergée de type OMS 902, fabriquée par IRIS INSTRUMENTS. Cette sonde, munie d'un câble de 100 mètres, permet la réalisation de diagraphies de conductivité-température et l'enregistrement en continu de l'évolution de ces paramètres par intervalles de temps et niveaux sélectionnés.

Pour les deux forages considérés, les enregistrements de la conductivité et de la température ont été effectués toutes les 62 minutes, en même temps que l'enregistrement du niveau d'eau par la centrale MADOFIL.

La conductivité et la température ont ainsi été suivies dans le piézomètre de Saint-Christoly à trois profondeurs (Schnebelen *et al.*, 2002) :

- à 30 m de profondeur, en face de l'arrivée d'eau du membre 8 du réservoir calcaire de l'Eocène moyen, pour l'intervalle de temps du 22/12/00 au 30/01/01 ;
- à 48 m de profondeur, en face de l'arrivée d'eau du membre 6 du réservoir calcaire de l'Eocène moyen, pour l'intervalle du 31/01/01 au 09/03/01 ;
- à 80 m de profondeur, en face d'une arrivée d'eau du membre 3 du réservoir sablo-gréseux de l'Eocène moyen, pour l'intervalle du 10/03/01 au 08/06/01.

Dans le piézomètre de Saint-Yzans, deux profondeurs ont été sélectionnées (Schnebelen *et al.*, 2002) :

- à 20 m de profondeur, en face de l'arrivée d'eau du membre 10 du réservoir calcaire de l'Eocène moyen, pour l'intervalle de temps du 08/06/01 au 18/09/01 ;
- à 38 m de profondeur, en face d'une arrivée d'eau du membre 7 du réservoir calcaire de l'Eocène moyen, à partir du 19/09/01.

Ces données ont été utilisées et interprétées dans le cadre d'un mémoire du D.E.S.S. « *Risques géologiques, imagerie de surface et de subsurface et cartographie* » de

l'Université de Montpellier 2 (Brel, 2002). Les principaux résultats de cette étude sont présentés dans le chapitre 6.4. de ce rapport.

#### **1.4.6. Synthèse des connaissances**

Dès cette phase 1 devaient notamment être abordées :

- la localisation des problèmes de charges piézométriques et/ou de minéralisation.
- la localisation des zones non ou mal renseignées qui pourront être les objectifs prioritaires des sondages de la phase 2.
- l'évolution et les tendances prévisibles sur la qualité des eaux éocènes le long de l'estuaire.

## **2. Synthèse géologique du substratum de l'estuaire de la Gironde entre Blaye et Ambès**

La phase 1 du projet a pour principal objectif l'amélioration des connaissances géologiques le long et sous l'estuaire de la Gironde, ainsi que sous les plaines alluviales des cours inférieurs de la Garonne et de la Dordogne, pour aboutir à une géométrie la plus précise possible des réservoirs éocènes. La structuration du substratum, la répartition verticale et horizontale des faciès de la série tertiaire et l'extension des terrains quaternaires ont donc été étudiées.

Pour ce faire plusieurs axes d'étude ont été suivis, dont les principaux sont d'une part une **réinterprétation géologique moderne de subsurface** du secteur au moyen de la compilation des données de forages et des levés sur le terrain et d'autre part la réalisation de **sondages de reconnaissance** peu profonds le long de l'estuaire dans les secteurs délimités comme intéressants par l'étude géologique. Ces sondages complètent le réseau de surveillance *PZEM* qui existe depuis 1998.

### **2.1. DEMARCHE SUIVIE ET REPRESENTATION DES RESULTATS**

Un certain nombre d'inconnues existaient encore sur la nature et la géométrie des couches géologiques cénozoïques entre les affleurements des rives droite et gauche et les accidents tectoniques qui les affectent. Une représentation en trois dimensions a donc été tentée pour connaître la géométrie des terrains éocènes, évaluer les éventuelles relations entre les réservoirs aquifères et les eaux de surface, optimiser les études hydrogéologiques et préciser l'implantation des piézomètres envisagés.

L'étude géologique a comporté les points suivants :

- Réinterprétation des levés géologiques en rive droite et gauche de l'estuaire
- Dépouillement, compilation et réinterprétation de plus de 175 sondages archivés en BSS (y compris ceux effectués pour le PAB au fond de l'estuaire en 1968-1969 et les vibrocarottages de 1986), recueil de nouveaux sondages
- Réalisation d'une cartographie à 1/50 000 sur l'emprise de l'estuaire, comprenant la géologie du substratum ante-quaternaire et la position des zones à risques en fond de l'estuaire (zone de contact éventuel de l'Eocène avec les eaux saumâtres)
- Réalisation de coupes géologiques transversales entre la presqu'île d'Ambès et le secteur de Blaye / Listrac

Les documents synthétisant l'étude géologique sont:

- Une carte géologique à une échelle proche de 1/100 000 représentant en écorché ante-quaternaire les formations du substratum tertiaire sous l'estuaire et sur ses deux rives depuis le Sud de la presqu'île d'Ambès jusqu'au secteur de l'anticlinal de Blaye / Listrac (fig. 3)
- Une carte structurale à même échelle, en isohypses, du toit du réservoir calcaire de l'Eocène moyen (fig. 4)
- Une carte structurale à même échelle, en isohypses, du toit du réservoir grésosableux de l'Eocène moyen (fig. 5)
- 2 coupes géologiques longitudinales le long de l'estuaire à une échelle proche de 1/40 000, sur chacune des deux rives et traversant totalement la presqu'île d'Ambès, indiquant plus particulièrement la géométrie des réservoirs de l'Eocène moyen, déduite de l'interprétation de près de 30 sondages profonds, sélectionnés parmi les quelques 175 sondages examinés (fig. 6 et 7)
- 7 coupes géologiques transversales sériées à même échelle, régulièrement espacées dans le secteur étudié, indiquant la géométrie des réservoirs de l'Eocène moyen déduite de l'interprétation de près de 70 sondages profonds, sélectionnés parmi les 175 sondages examinés (fig. 8 à 14)

## **2.2. DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

Seuls les terrains affleurants dans la zone étudiée sont présentés ici dans l'ordre stratigraphique. Déjà décrite dans le premier rapport BRGM sur l'étude des relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène moyen (Platel *et al.*, 1997), la lithostratigraphie des dépôts sera cependant détaillée en insistant sur les connaissances acquises par les sondages du *réseau de surveillance PZEM* et à l'occasion du commentaire des coupes.

### **2.2.1. Crétacé**

Dans le secteur entre Bordeaux et Blaye, les terrains calcaires du Crétacé ne sont pas concernés par l'étude car trop profonds et séparés des réservoirs éocènes par une épaisse série marneuse de la base de l'Eocène. Il affleure en rive droite de la Gironde au Nord de St-Bonnet. A son sommet sur 60 m d'épaisseur, le Campanien supérieur élevé est fait de calcaires bioclastiques jaunes très fossilifères (huîtres, rudistes, *Orbitoides*, etc...) qui constituent les falaises vives depuis Talmont jusqu'à St-Palais au Nord de Royan.

Seule cette partie du Campanien correspond à un réservoir calcaire fissuré et plus ou moins karstifié et l'aquifère a été capté par les forages profonds du CPN du Blayais (07555x0030, x0070, x0071, x0095) et de la commune de Lamarque (07791x0006). Pour mémoire il se trouve entre 150 et 180 m de profondeur au droit de l'anticlinal de Blaye (07791x0004 et x0006).

### 2.2.2. Paléocène - Eocène inférieur

De manière générale, une sédimentation beaucoup plus littorale qu'à la fin du Crétacé s'est installée dans cette région pendant le Tertiaire ; les faciès sont souvent détritiques, les plates-formes étant envahies régulièrement par les produits d'érosion du continent (Dubreuilh, 1987). Généralement très épaisse (150 à 200 m), la série assez complexe du Paléocène - Eocène inférieur peut être subdivisée en trois unités :

- **L'unité détritique inférieure** composée d'argiles sableuses bariolées à la base (Paléocène), de sables plus ou moins moyens avec quelques niveaux gréseux gris-foncé (environnement continental), rendant compte de l'émersion de la région à la fin du Crétacé. Peu épaisse vers l'Ouest (10 à 30 m), elle augmente de puissance vers l'Est en arrivant dans le domaine continental deltaïque de cette époque *yprésienne*, dont les faciès affleurent largement à l'Est de St-Ciers-sur-Gironde.

- **L'unité argilo-carbonaté et détritique** (100 à 150 m) à nombreux bancs de calcaires blancs microcristallins à glauconie et de grès calcaires dans une série d'argiles silteuses vertes à brunes (à caractère nettement transgressif). *Miliolites* et *Nummulites* y sont fréquentes par niveaux, les *Discocyclines* plus rares.

- **L'unité détritique supérieure** (60 à 80 m) correspondant à des argiles silteuses verdâtres foncées assez peu carbonatées, caractérisée par l'abondance de la glauconie et la fréquence des *Nummulites*.

### 2.2.3. Eocène moyen

Dans toute la Gironde occidentale et le Médoc, les couches de l'Eocène moyen, de lithologie assez variée, compte-tenu des évolutions paléogéographiques rapides, peuvent être subdivisées en deux unités lithostratigraphiques dont les caractéristiques de réservoir sont variables, mais les meilleures de tout l'Eocène. Précédemment dénommées *membres* dans les premiers rapports de l'étude BRGM sur l'Eocène du Médoc, elles sont désormais élevées au rang de *formation*, suite à la subdivision fine qui en a été effectuée grâce à la réalisation des sondages piézométriques du *réseau PZEM* (Platel *et al.*, 1997, 1998 et 1999).

**Ces terrains constituent l'aquifère multicouche de l'Eocène moyen, objet de l'étude**, que les études citées ont permis de subdiviser en 10 membres regroupés en 3 réservoirs superposés, qui sont parfois en continuité hydraulique, mais localement séparés par des épontes faiblement perméables. C'est ce qui explique les différences de pressions constatées dans la zone de la crête piézométrique (Platel *et al.*, 1999, Schnebelen *et al.*, 2000, 2001).

Les corrélations entre les coupes géologiques montrent bien la géométrie en réservoir-multicouche des formations de l'Eocène moyen. Les membres 1 à 6 (partie basale) constituent l'Eocène moyen "détritique", alors que les membres 6 (partie sommitale) à 10 composent l'Eocène moyen "calcaire". Au centre du *réseau PZEM*, seuls les deux sondages PZEM 3 et PZEM 4 ont atteint les argiles sableuses de l'Eocène inférieur, alors que ceux du Nord (PZEM 1 et PZEM 2) et celui du Sud (PZEM 5) ont été arrêtés dans les sables de la partie inférieure de l'Eocène moyen. Le sondage de St-Estèphe (PZEM 4-07548x0234), le plus profond et dont la coupe est suffisamment détaillée, a été pris comme représentatif des formations de l'Eocène moyen (fig. 2).

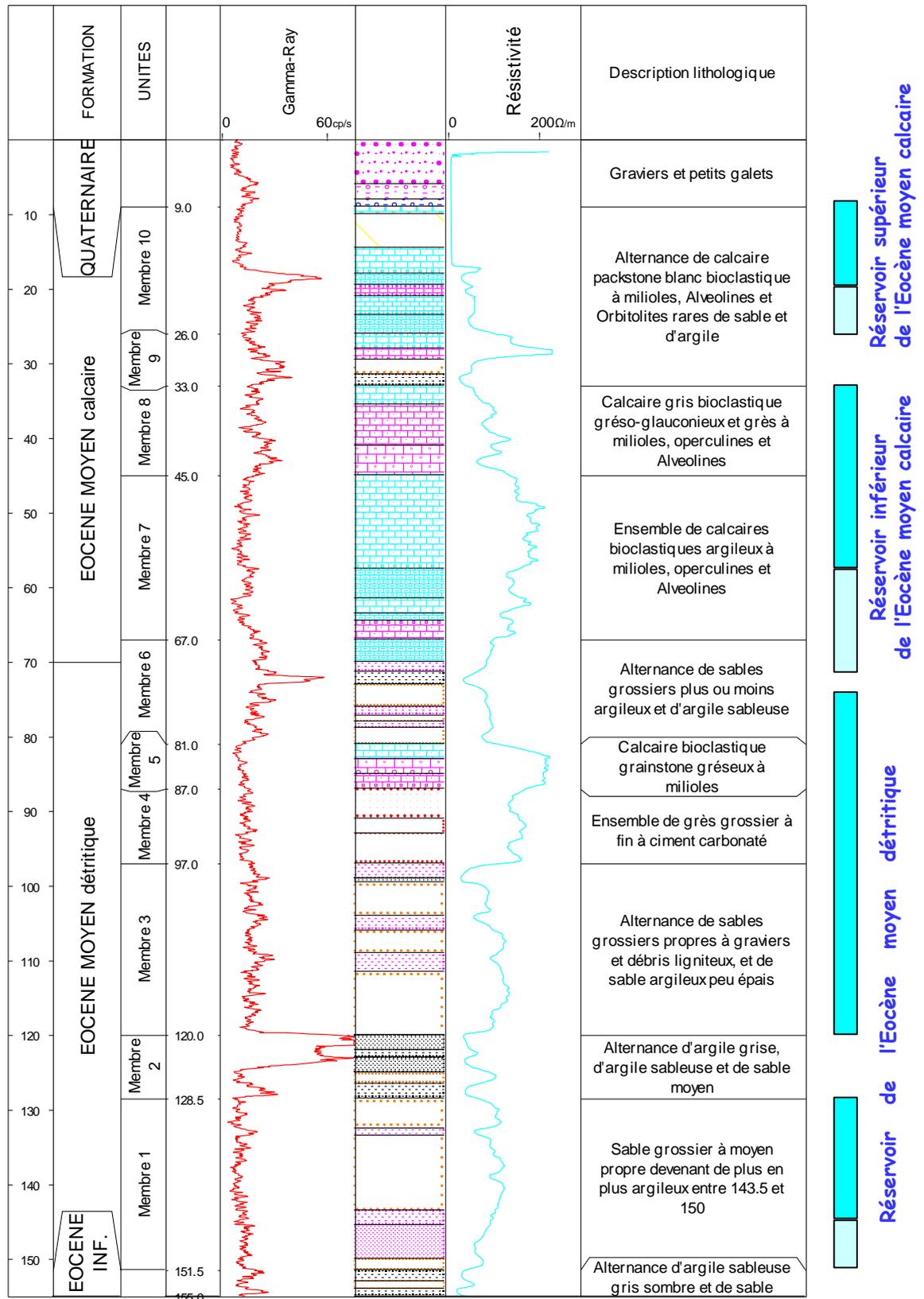


Fig. 2 : Superposition des terrains de l'Eocène moyen dans le secteur de l'estuaire de la Gironde (piézomètre PZEM 4 de St-Estèphe)

**- Eocène moyen détritique (membres 1 à 6 - 50 à 250 m)**

Autrefois appelée "**Sables inférieurs**" (du Bordelais), "**Sables éocènes**", "**Sables verts**" dans la littérature et les études anciennes, cette formation est essentiellement constituée de grès plus ou moins friables, par suite d'une cimentation très variable, mais souvent faible, par les carbonates. La glauconie, parfois présente, est généralement beaucoup moins abondante que dans l'Eocène inférieur. La granulométrie est moyenne à grossière. La base est souvent très grossière (taille des grains de quartz atteignant 4 à 5 mm de diamètre, présence de petits galets) et parfois riche en débris ligniteux. Au-dessus, quelques niveaux plus calcaires y existent. Les *Nummulites*, seulement présentes à la base, se raréfient par rapport à la série de l'Eocène inférieur.

Le long de la rive médocaine de l'estuaire, cette **partie inférieure**, correspondant aux membres 1 à 6, est constituée par **deux à trois réservoirs** grésosableux de 10 à 20 m d'épaisseur unitaire (semblant s'amincir vers le Nord), qui constituent la partie la plus productive de l'aquifère éocène à St-Estèphe. Elle se poursuit en s'épaississant dans le synclinal de Pauillac, mais n'a pas été complètement reconnue par le sondage de Cussac à cause de sa faible profondeur (arrêt dans le sommet du membre 3).

Vers le Sud, ce sont les membres 4, 3 et 1 qui constituent les meilleurs aquifères. Au Nord de St-Estèphe, le sommet du membre 3 et le membre 2, constitués par des assises continues d'argiles plus ou moins silteuses (s'épaississant au Nord-Ouest), forment toujours des imperméables qui, au moins dans la moitié nord du réseau PZEM, isolent de ce fait la base sableuse du réservoir éocène moyen, qui n'est jamais en contact avec les eaux de l'estuaire.

Le membre 5, seul niveau calcaire de l'Eocène moyen "détritique" est toujours bien identifié et constitue un réservoir souvent très productif, bien que peu épais (65 % du débit à Port-de-Goulée et 30 % du débit à Queyzans).

Des communications entre les réservoirs supérieurs et le réservoir médian existeraient dans le secteur de Saint-Estèphe-Pauillac.

**- Eocène moyen carbonaté (membres 7 à 10 - 30 à 150 m)**

L'importante formation carbonatée d'âge *lutétien* du "**Calcaire de Blaye**" (avec pour équivalent le "Calcaire de Couquèques" du Nord-Médoc) s'est ensuite déposée. Correspondant aux membres 7 à 10, elle est constituée par des calcaires blancs à gris bioclastiques très fossilifères (lamellibranches, échinodermes, bryozoaires, *Alveolina elongata*, *Orbitolites*, *Discocyclines*, *Operculines*, *Miliolites*), entre lesquels s'intercalent localement de nombreux niveaux détritiques : calcaires gréseux et marnes grisâtres.

Il faut noter que la limite entre les deux formations de l'Eocène moyen est diachrone, car les faciès carbonatés remplacent progressivement les faciès gréseux en allant d'Est en Ouest, au fur et à mesure de l'éloignement du littoral de l'époque. Dans une frange de quelques kilomètres de largeur, des faciès alternants verticalement existent notamment en bordure occidentale de l'estuaire entre les PK 80 et PK 63 et entre les PK 30 et PK 23. Ils s'étendent de part et d'autre de l'estuaire entre les PK 55 et PK 40.

Du point de vue hydrogéologique, l'Eocène moyen carbonaté correspond à **deux réservoirs** : l'**inférieur** dans les **membres 7 et 8** aux assises calcaires assez puissantes et le **supérieur** dans les **membres 9 et 10** à la lithologie plus alternante et variable avec niveaux marneux. Une assise sablo-gréseuse sépare les deux réservoirs.

Le membre 7, très calcaire et plus puissant, est un réservoir très productif (32 % du débit à Port-de-By, 20 % du débit à Queyzans et dans une moindre mesure à Port-de-la-Chapelle). Il est en relation plus ou moins directe avec les "affleurements" de l'estuaire dans tous les secteurs à risque, sauf à St-Estèphe, car trop profond.

Il a été démontré que c'étaient **les membres 7, 8, 9 et 10 qui se trouvaient en contact direct avec les eaux du fond de l'estuaire et avec les lambeaux de terrasses alluviales pléistocènes**. Ainsi, les risques de pénétration d'eau saumâtre, (plus importants au Nord du Médoc), entraînent une contamination de tout le réservoir supérieur au moins jusqu'à Saint-Christoly vers le Sud, que le sel vienne de la nappe fossile du Pléistocène ou des eaux actuelles de l'estuaire.

Il faut préciser par ailleurs que le long de la rive médocaine de l'estuaire depuis Jau jusqu'à St-Christoly, la **partie supérieure** de l'Eocène moyen (membres 4 à 10) se présente comme un **réservoir unique**, englobant le sommet de la formation grésosableuse et toute la formation carbonatée, puissant de plus de 60 m mais avec des niveaux plus ou moins productifs.

Vers le Sud, à partir du secteur de Queyzans, elle se subdivise en plusieurs petits réservoirs de 10 m à 20 m d'épaisseur environ, qui se poursuivent vers St-Estèphe-Pauillac et jusqu'au secteur de Cussac-Lamarque, où les réservoirs bien séparés qui se trouvent au sommet (membre 8) et à la base (membres 4 à 6) ont des pressions nettement différentes (+ 2 et + 4 m en moyenne).

#### **2.2.4. Eocène supérieur**

La série éocène est ensuite constituée par des dépôts d'une grande variabilité de faciès tant du point de vue vertical que latéral. La base de l'Eocène supérieur est généralement constituée par des faciès argilo-marneux, peu épais, mais presque toujours présents dans les sondages (même imprécisément décrits).

Ces faciès correspondent aux "**Argiles à *Ostrea cucullaris***", vers l'Ouest et aux "**Calcaire et argiles de Plassac**", dépôts continentaux marquant un environnement palustre à lacustre, surtout développés à l'Est de l'estuaire. Leur épaisseur est de l'ordre de 5 à 10 m généralement, s'amincissant vers l'Ouest à moins de 3 m. Ces couches, déposées au début du *Priabonien* constituent un **niveau imperméable** correspondant au toit du réservoir Eocène moyen captif.

La suite de la série lithostratigraphique de l'Eocène supérieur du Blayais et du Médoc est très alternante, faite de séquences peu épaisses de marnes et argiles vertes à grises passant à des calcaires bioclastiques très fossilifères de plateforme très proximale. Ce sont de bas en haut les formations dénommées : "**Calcaire de Bégadan**", "**Calcaire de Saint-Yzans**", "**Marnes à *Ostrea bersonensis***", "**Calcaire de Saint-Estèphe**", "**Calcaire argileux à *Sismondia***".

L'ensemble de cette série marine, déposée dans **un environnement de baie plus ou moins lagunaire** assez confinée, a une puissance de 25 à 60 m en Médoc oriental et dans le Blayais. Dans ce dernier secteur, les seules argiles vertes à *Ostrea bersonensis* sont puissantes de 20 m environ en Plassac et Villeneuve (Bois de Barbe). En termes d'hydrogéologie ces terrains très plastiques sont totalement imperméables. Isolant naturellement les réservoirs les uns des autres, et ce d'autant plus que leur puissance est plus grande, elles font partie de l'épaisse série qui sépare dans tout le Bordelais-Blayais la formation aquifère de l'Eocène moyen de celle de l'Oligocène.

Dans le Blayais et le Bourgeais, des faciès continentaux s'intercalent ou remplacent certaines formations littorales. C'est le cas notamment de la base des "**Molasses du Fronsadais**" et des faciès fluviatiles des "**Sables du Périgord**" et des "**Sables du Libournais**". Localement des nappes perchées épisodiques contenues dans des chenaux gréseux au sein des Molasses du Fronsadais et supportées par des argiles peuvent s'écouler à leur sommet en suintements linéaires ou en sources localisées. Les Sables du Libournais constituent le réservoir le plus important dans l'extrême Est du secteur étudié.

### **2.2.5. Oligocène**

La base des terrains de l'Oligocène est constituée, dans le domaine marin qui occupe la majorité de la région, par quelques mètres de marnes gris-bleues à petits foraminifères passant latéralement dans le Bourgeais à la partie supérieure grésosableuse des "**Molasses du Fronsadais**".

Au-dessus, s'est déposée sur 60 m environ, la formation du "**Calcaire à astéries**" datant du *Rupélien* (ex "*Stampien*"), principalement constituée par des calcarénites (calcaires granulaires) bioclastiques peu gréseuses dans ce secteur de Gironde, riches en débris d'échinodermes (dont les astérides et les scutelles), lamellibranches, bryozoaires, coraux etc... Elles sont caractéristiques des environnements de plateforme marine proximale à littorale qui existaient pendant la dernière grande transgression qui a recouvert le Nord du bassin. Il y régnait de forts courants sur les fonds (mégarides à stratifications très inclinées). Des cavités plus ou moins grandes ont été ensuite creusées par la dissolution des calcaires (*karstification*). Une assise de marnes grises coupe cette série calcaire en deux dans tout le secteur de Bayon.

Au sommet de l'étage oligocène (*Chattien*), quelques mètres d'argiles silteuses verdâtres à brun-sombre, terminent la série marine dans le secteur étudié.

### **2.2.6. Quaternaire**

Après le retrait de la mer au début du Miocène, les cycles d'érosion/sédimentation ont façonné le substratum de la région pendant tout le Pliocène et le Quaternaire. Deux périodes principales caractérisées par des dépôts spécifiques se sont succédées.

Après la période Pliocène (-5 / -2 millions d'années), dont les témoins alluviaux sont très rarement conservés, le système alluvial du delta landais a commencé à se déplacer vers le Nord pendant tout le Pléistocène (Dubreuilh *et al*, 1995).

### **- Pléistocène**

A partir de -1,5 million d'années environ, la région médocaine, et dans une moindre mesure la région Sud-Saintonge - Blayais - Bourgeais, ont été activement creusées par de vastes plaines alluviales dont les cours divaguaient largement.

Ainsi la zone d'alluvionnement de la **Formation de Belin** recouvre tout le Nord de la Gironde depuis la vallée de l'Eyre jusqu'aux hauteurs du Bourgeais et du centre de l'Entre-Deux-Mers où elle passe à la **Formation de Sadirac**. Partout des graviers à petits galets se sont déposés sur 5 à 10 m le plus souvent, mais ces formations atteignent localement 20 m de puissance dans l'axe des principaux chenaux de ce delta, large de 60 km environ au niveau du littoral atlantique actuel, qui préfigure l'exutoire du système Garonne-Dordogne.

Au cours des glaciations du Pléistocène, les lits majeurs se sont encaissés progressivement en réduisant corrélativement leur emprise et en continuant à se déplacer vers le Nord-Est, balayant ainsi les terrains tendres tertiaires de tout le Médoc jusqu'aux reliefs plus résistants des calcaires crétacés de la rive droite (Dubreuilh *et al.*, 1995). Il en résulte un ensemble de terrasses constituées de galets plus ou moins grossiers, de sables et de graviers qui s'étagent sur 7 à 8 niveaux entre +8 NGF pour les plus anciennes et -45 NGF pour les plus récentes de l'époque würmienne, cotes établies selon un transect pris au niveau du bas-estuaire - PK 90 environ (Platel *et al.*, 1997). Les cotes des différents niveaux s'élèvent progressivement vers l'amont du système Gironde -Garonne d'environ 1 pour mille (Dubreuilh, 1976).

Tous ces cours alluvionnaires se sont recoupés en fonction de la progression latérale des méandres pour ne laisser à l'heure actuelle que des lambeaux discontinus de terrasses formant des "poissons". Seules les trois plus anciennes terrasses du Pléistocène inférieur et moyen affleurent dans le Médoc (*niveau de Listrac, niveau d'Arsac-Margaux-Pauillac-St-Estèphe, niveau de Jau-Dignac-Loirac*). Les autres sont enfouies, recouvertes par les sédiments holocènes.

### **- Holocène (Flandrien)**

A la fin de l'époque würmienne (11 500 BP environ), le niveau des mers s'était abaissé de façon considérable en Europe. Tous les auteurs estiment qu'il était situé entre -60 et -100 m NGF. Il en a résulté un très grand pouvoir érosif du cours inférieur des rivières et une topographie très accidentée des anses côtières.

**Morphologie** - Les coupes sériées de l'étude précédente ont permis de reconstruire la morphologie de la paléo-Gironde ou "*estuaire ancien*" pendant le Flandrien.

Après le creusement pré-flandrien, il faut imaginer le cours de l'actuel estuaire de la Gironde comme une vallée assez encaissée, large de 2 à 3 km entre Blaye et Lamarque (PK 37) et profonde de 60 m environ par rapport aux flancs les plus proches du Bourgeais et Blayais. Un peu plus en aval, la vallée se rétrécit à 1 km seulement. A partir du PK 42, si le lit majeur ne change pas de largeur, le paléocours se déporte vers l'Ouest et longe continuellement le bord occidental de la large incision pléistocène ; l'encaissement se réduit à 40 m environ par rapport aux coteaux les plus proches du Médoc. Sur la rive droite, s'étend une vaste plaine alluviale perchée à 20 m environ au-dessus de la vallée et large de 8 km au plus sous l'actuel marais de St-Ciers.

A l'aval du PK 68, entre St-Christoly et le Port de By, le paléocours de la Gironde se dédouble, le cours oriental se bloquant contre les falaises du Crétacé qui le dominent de plus de 70 m près de Meschers, alors que le cours oriental coulait en contrebas d'une longue surface étagée sur 4 à 5 niveaux entre -25 NGF et +5 NGF. Près de l'embouchure, les deux bras de la Gironde coulaient à la fin du Würm, il y a 9 500 ans, à -45 NGF environ séparés par un interfluve d'ampleur kilométrique de 10 à 15 m environ de hauteur.

**Dépôts flandriens** - Puis la transgression flandrienne a permis à la mer de regagner sur la côte et c'est probablement aux époques *Boréale* et *Atlantique*, vers 8000 à 6000 BP, qu'un bras de mer a commencé à envahir le substratum de l'estuaire ancien, s'infiltrant d'abord dans les paléocours, puis submergeant les unes après les autres, les alluvions des terrasses pléistocènes. Toutes les zones basses des rives charentaises et médocaines sont alors comblées peu à peu par le **bri** ("**Argile à scrobiculaires**"), vase argilo-silteuse constituée par les limons apportés par la Garonne et la Dordogne et par des produits d'érosion des falaises côtières, le tout redéposé par la mer sur les zones intertidales (**slikkes**) qui se sont lentement surélevées suivant la montée du niveau de la mer. Il ressort des renseignements archéologiques que la fin de la transgression flandrienne depuis 5000 BP s'est effectuée de façon très régulière, avec une **montée relative du niveau de la mer** d'environ **6 m** en moyenne **par millénaire** (soit 0,6 cm/an).

Une confirmation de cette valeur vient d'être récemment donnée par la mise en évidence d'un nouveau jalon du niveau atteint par le plan d'eau estuarien. Il s'agit d'une nappe d'eaux saumâtres fossiles très salées, piégée à la **cote -11 NGF** environ dans le sommet des calcaires sous le marais de St-Yzans (piézomètre BRGM de *Petite Vignale*). Par datation absolue réalisée par la méthode au  $^{14}\text{C}$ , l'âge conventionnel de ces eaux est estimé à **5250 BP +/- 50** (Schnebelen *et al.*, 2002), âge à comparer avec celui de la base des argiles flandriennes prises en carotte à la cote -15 NGF environ, un peu plus à l'Est dans l'estuaire actuel, et datées de 5900 BP +/- 100 par la même méthode (Feral, 1970). Toutefois, il est probable que le niveau se soit stabilisé plusieurs fois pendant quelques siècles pour reprendre ensuite sa montée. Témoins de ces arrêts, des cordons littoraux existent dans le Nord du Médoc, dont le plus important est le cordon coquillier de Richard daté de 2500 à 1500 BP. Il domine de 1 à 2 mètres les marais récents (**mattes**). L'optimum de la transgression a été atteint vers le II<sup>ème</sup> siècle avant J.C. (2150 à 2050 BP) comme l'attestent les nombreux sites à sel protohistoriques découverts à la limite des marais girondins et dans les marais de l'Aunis.

Ainsi plus de 30 m d'argile se sont par endroit sédimentés dans le bas-estuaire, alors que l'on n'en trouve que 10 à 20 m généralement dans l'estuaire amont et parfois moins de 10 m au niveau du Bec d'Ambès. Leurs plus grandes étendues affleurantes sont le marais de St-Ciers avec 5 à 10 m d'épaisseur et les marais de St-Vivien.

La régression finale de la mer vers 200 ans avant J.C. jusqu'aux rivages actuels de l'estuaire a peu à peu asséchée les vases des slikkes colonisées par les **schorres**, pour donner les **mattes** et **palus** actuellement couverts de prairies.

## **2.3. CONTEXTE STRUCTURAL**

Seuls sont évoqués ici les grands traits structuraux du secteur étudié, les détails étant donnés plus loin dans les commentaires sur la géométrie des formations.

### **2.3.1. Pendages**

Le pendage régional des couches vers le Sud-Ouest est extrêmement faible mais non négligeable, les plus forts pendages (0,5 %) étant constatés dans le secteur central de la presqu'île d'Ambès et Ludon.

Dans le Nord de la zone étudiée, l'anticlinal de Blaye-Listrac induit des pendages opposés vers le NNW et vers le SSE. Ainsi, entre Blaye et le centre de la presqu'île d'Ambès, les formations s'enfoncent vers le Sud-Est avec un pendage moyen de 1,8 % ; il s'adoucit pour s'inverser sous St-Louis de Montferrand.

### **2.3.2. Failles**

De rares failles de direction armoricaine NW-SE (N130°/150°E) sont connues dans les terrains tertiaires de la rive droite (fig. 4). La plus importante est une longue faille probable qui est supposée exister pour expliquer l'abaissement des terrains oligocènes du Bourgeais (sondage 07796x0001 du Pain de Sucre) par rapport aux séries de la rive gauche (sondage 07795x0018 de Labarde) et affleurements de l'Eocène supérieur de Margaux. Un élément de cet accident, dont le rejet a été estimé à 10 à 15 m, est connu à l'affleurement à Roque-de-Thau.

D'après la carte géologique de Blaye (Mouline, 1979), sa prolongation vers le Nord est supposée jusque devant St-Julien de Beychevelle, et vers le Sud elle se situerait sous la Dordogne jusque sous l'île d'Ambès. Une faille du même faisceau passerait dans le coteau de St-André de Cubzac.

Un accident conjugué N45°E a été décelé entre Mazion et St-Genès, supposé se poursuivre sous la ville de Blaye. Deux petites failles recoupent les terrains oligocènes près de la vallée du Moron à Prignac, mais se perdent sous le marais.

### **2.3.3. Structuration souple**

#### **- Anticlinal de Blaye-Listrac**

Quelques anticlinaux existent dans le Médoc ; dans la zone étudiée, celui de Blaye-Listrac présente un axe orienté N 60° E ; il s'étend sur 15 km de long en traversant l'estuaire amont au niveau de l'île Paté et du Fort-Médoc (PK 36,5). La coupe 7 parallèle à cet axe montre qu'un léger ensellement orthogonal existe entre Lamarque et Moulis. C'est pourquoi le cœur lutétien affleure principalement à Blaye (falaise de la Citadelle) mais aussi à Listrac (carrière de Peyrelebadé). La structure est plus fortement marquée en rive droite au niveau de la Citadelle qu'en rive occidentale près de Fort-Médoc. Une deuxième petite structure anticlinale existe entre Cantenac et Margaux (coupes B, 5 et 6).

#### **- Synclinal d'Ambès**

Dans le Sud-Est du secteur étudié les couches s'enfoncent régulièrement sous la presqu'île d'Ambès pour y dessiner un synclinal assez évasé à flancs peu pentés.

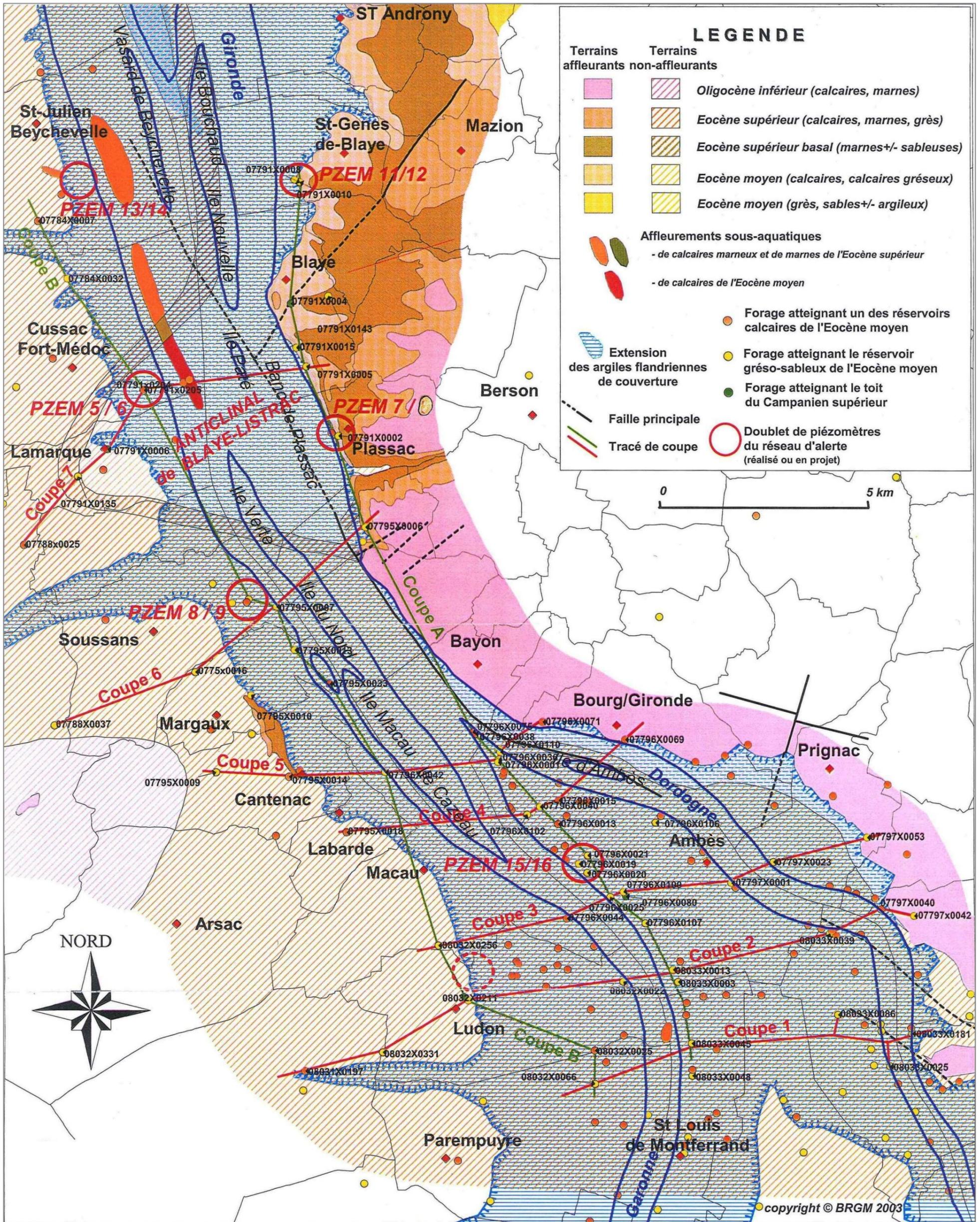


Fig. 3 : Carte géologique du secteur de l'Estuaire de la Gironde dans la zone de la crête piézométrique de l'Eocène entre Bordeaux et Blaye (en écorché sous les alluvions quaternaires)



## **2.4. GEOMETRIE DES FORMATIONS**

Les commentaires s'appuient sur les cartes du toit du réservoir supérieur de la formation du Calcaire de Blaye (fig. 4) et du toit du réservoir supérieur de la formation gréso-sableuse (fig. 5), ainsi que sur les coupes longitudinales A et B (fig. 6 et 7) et séries transversales 11 à 7 (fig. 8 à 14) pour préciser le détail des superpositions lithologiques des terrains de l'Eocène et du Quaternaire.

De façon synthétique, il faut remarquer une assez grande régularité structurale (très faible pendage vers le Sud-Est à partir du secteur de Blaye-Cussac), une tendance à l'épaississement des dépôts dans le secteur d'Ambès et une plus forte érosion quaternaire au Nord-Ouest, notamment autour de l'axe de l'anticlinal Blaye-Listrac. Par ailleurs, depuis le Nord vers le Sud, les réservoirs qui constituent l'aquifère éocène présentent une évolution générale vers une subdivision souvent plus grande ; mais peut être est-ce dû à la plus grande abondance de sondages profonds mieux décrits dans la presqu'île ?

### **2.4.1. Substratum crétacé**

Le toit des calcaires bioclastiques du Campanien supérieur n'a été que rarement atteint dans le secteur d'étude. Il se trouve généralement à plus de 180 m de profondeur sous l'anticlinal de Blaye-Listrac (07791x0004) et s'enfonce à près de 400 m sous le synclinal d'Ambès (Ludon - 08032x00211 - coupe 2).

### **2.4.2. Eponte imperméable de l'Eocène inférieur**

Les marnes silto-sableuses et glauconieuses, riches en nummulites, de l'Eocène inférieur ont été atteintes par les sondages les plus profonds vers -100 à -120 NGF au droit de l'anticlinal de Blaye-Listrac et jusque vers -250 NGF dans le synclinal d'Ambès. Localement plus puissantes que 120 m (coupe 3), elles constituent l'éponte imperméable du système aquifère éocène 214 dans le Bordelais-Blayais. Des sables argileux peuvent s'y intercaler au Sud de Blaye.

### **2.4.3. Géométrie du réservoir supérieur des calcaires de l'Eocène moyen**

Sur la carte de la figure 4, les ondulations du toit du réservoir supérieur des calcaires de l'Eocène moyen (*Formation de Blaye*) se marquent bien avec un toit qui culmine vers +30 NGF sur l'axe de l'anticlinal, s'enfonce vers -30 NGF près de Soussans, remonte légèrement au Sud de Margaux pour plonger autour de -65 NGF sous l'ancienne raffinerie Esso, puis s'élever vers -20 NGF au Nord de St-Louis de Monferrand pour plonger finalement vers Bordeaux.

Les coupes séries montrent que les assises calcaires des deux réservoirs carbonatés sont relativement séparées à l'Est d'une ligne Arzac-Cantenac-Margaux-Cussac, soit par des niveaux marneux (coupes A, 3 et 6), soit le plus souvent sableux ou gréseux (base du membre 9). A l'Ouest elles sont par contre en communication, le réservoir devenant plutôt continu.



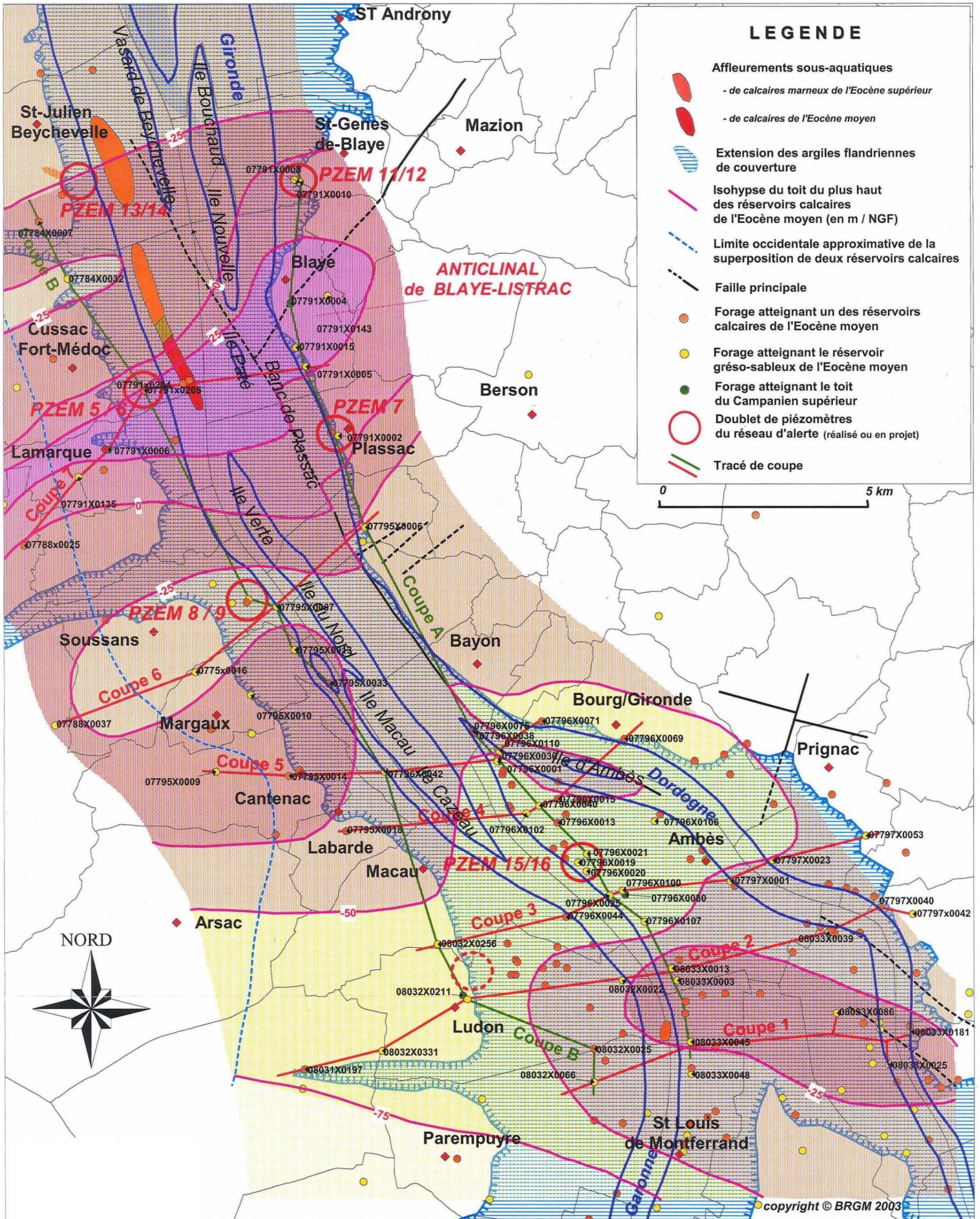


Fig. 4 : Géométrie du toit du réservoir supérieur des calcaires de l'Eocène moyen dans la zone de la crête piézométrique entre Bordeaux et Blaye

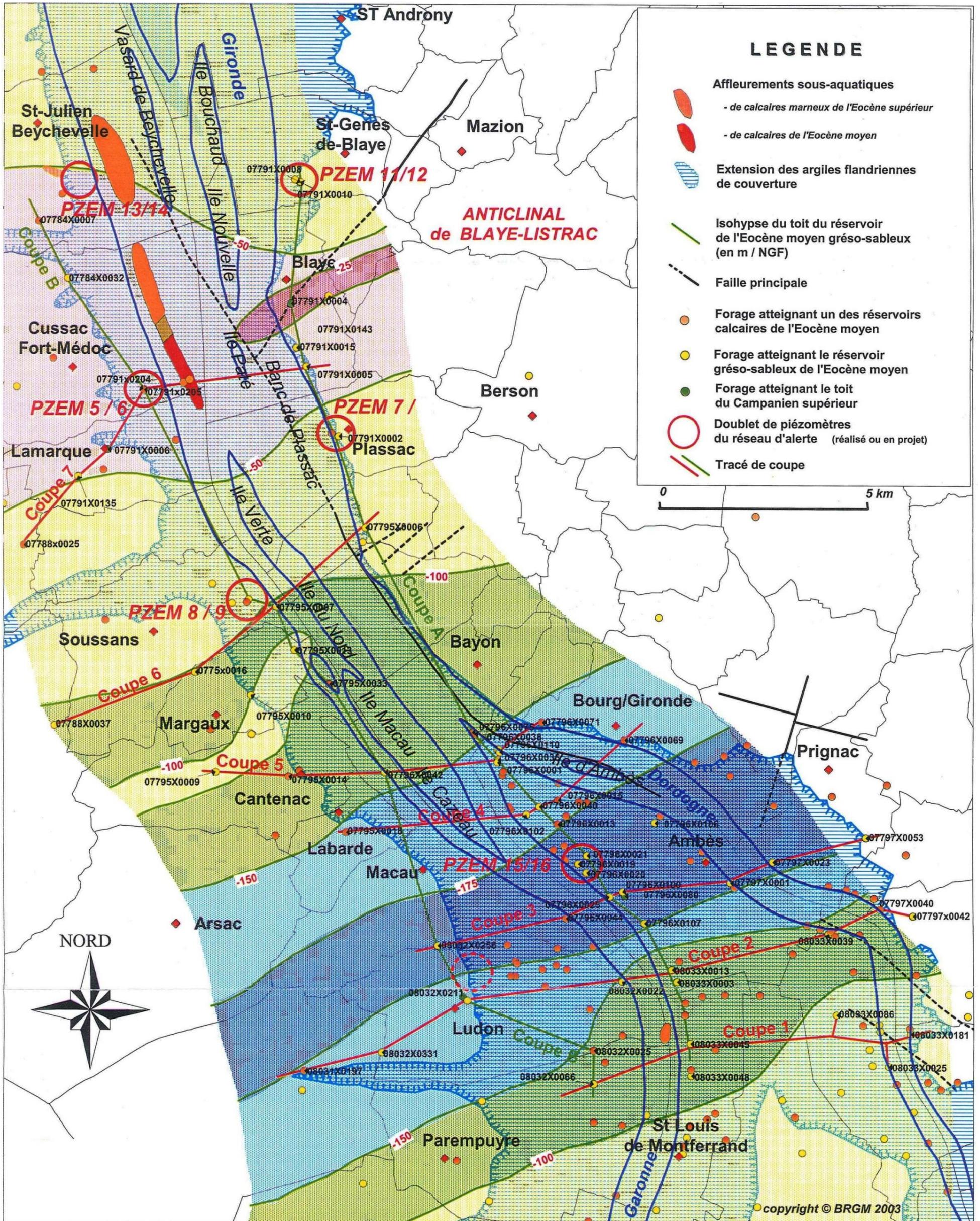


Fig. 5 : Géométrie du toit du réservoir supérieur des grès et sables de l'Eocène moyen dans la zone de la crête piézométrique entre Bordeaux et Blaye

Les puissances des deux réservoirs sont respectivement comprises entre 25 et 60 m pour le supérieur et 40 et 100 m pour l'inférieur, les plus fortes puissances se trouvant généralement dans l'Ouest de la zone synclinale d'Ambès (coupe 3 et B) et les plus faibles près de l'anticlinal (coupes 6, 7 et A).

Partout les calcaires passent progressivement vers l'Est à des calcaires gréseux puis à des sables, notamment dans les secteurs de Bourg-sur-Gironde (coupe 5) et de Prignac (coupe 3). Dans ce dernier, il devient impossible de séparer, à l'Est de la Dordogne, le réservoir inférieur de l'Eocène moyen calcaire du réservoir supérieur de l'Eocène moyen détritique ; les sables grossiers à moyens continentaux à niveaux gréseux à silteux, traversés près du Château Grissac (07797x0053), correspondent ainsi à l'extrémité nord-occidentale de la Formation des *Sables Fluviatiles du Libournais*.

#### **2.4.4. Géométrie du réservoir supérieur des grès et des sables**

La carte de la figure 5 montre que cette formation sous-jacente de l'Eocène moyen présente une géométrie très simple avec une surface de toit beaucoup plus régulière : la zone anticlinale est bien marquée au Nord avec un toit culminant entre -20 NGF sous la ville de Blaye (sondage 07791x0004) et se tenant généralement vers -50 NGF, la surface sommitale plongeant régulièrement vers le SSE dans le cœur du synclinal d'Ambès jusque vers -180 NGF (sondages 07796x0021 et 0025 - coupes A et 3). Une très légère ondulation anticlinale au-dessus de -80 NGF existe entre Margaux et Cantenac, image de la surface du toit des calcaires (château Brown - 07795x0009).

La puissance de cette formation des *Sables inférieurs* est comprise entre 75 et 125 m, cette dernière épaisseur étant attestée sous Ludon-Médoc (coupe 2 et B). Une surépaisseur atteignant 240 m existe dans le Bourgeois (Prignac et Marcamps) comme indiqué plus haut par passage latéral progressif de faciès entre les carbonates des membres 7 et 8 et des sables continentaux (cf.2.4.1).

La majorité des terrains sont sableux à gréseux, avec des niveaux argileux dont la continuité, difficile à cerner vu l'espacement des sondages, est peu probable dans ces paléoenvironnements margino-littoraux. Cependant dans tout le secteur de Ludon et jusqu'à Parempuyre, au moins, le sommet de la formation est constitué par une assise d'argiles sableuses pouvant dépasser 70 m de puissance séparant les deux parties de l'aquifère.

#### **2.4.5. Géométrie des terrains de recouvrement tertiaires et quaternaires**

##### **- Eocène supérieur**

Au-dessus des réservoirs calcaires de l'Eocène moyen s'étendent partout des terrains à dominante marneuse ou argileuse, correspondant selon les niveaux et les localisations aux Argiles à *Ostrea cucullaris*, aux Calcaires et argiles de Plassac, aux Marnes à *Ostrea bersonensis* et aux Calcaires argileux à *Sismondia*. Ces terrains, déposés au *Priabonien* constituent un ensemble imperméable, parfois épais de plus de 50 m, correspondant à l'éponte sommitale du réservoir Eocène moyen captif 214.

Cet ensemble compact isole totalement l'aquifère des communications avec les terrains quaternaires de l'estuaire ancien, à l'exception de l'axe de l'anticlinal de Blaye-

Listrac (où existe l'exutoire de la Passe de Cussac au fond de l'estuaire actuel - coupe 7), ainsi que de rares petites zones dans le secteur de l'île Margaux, Fumadelle, Soussans (où les faciès sont sablo-gréseux ou les alluvions graveleuses reposeraient sur les calcaires de Blaye - coupes B et 6) et dans certaines zones du Sud de la presqu'île d'Ambès (où les terrains de l'Eocène supérieur sont très peu épais par suite de l'érosion - coupes 1 et 2).

#### **- Pléistocène**

Les terrasses graveleuses de l'estuaire ancien sont partout présentes dans le secteur étudié. Au moins 4 niveaux ont été identifiés dans le secteur de la presqu'île d'Ambès entre 0 et -25 NGF (cotes de base). Ils reposent presque toujours sur des marnes, mais sont quelquefois superposés à des calcaires de l'Eocène supérieur (07797x0001 et 07796x0042).

#### **- Flandrien**

L'emprise des argiles flandriennes correspond à l'étendue du bras de mer qui a formé l'estuaire ancien pendant tout l'Holocène. La carte de la figure 3 représente l'extension de ces dépôts superposée aux terrains imperméables de l'Eocène supérieur généralement et localement aux calcaires oligocènes en bordure des marais de Bourg / Gironde et Prignac. C'est donc dans cette emprise que des nappes d'eaux saumâtres fossiles peuvent exister dans les alluvions plus ou moins grossières pléistocènes ; elles sont cependant isolées des réservoirs de l'Eocène moyen.

L'épaisseur des argiles et siltites argileuses peut dépasser 20 m tant en rive orientale (coupe 3, Lagrange) qu'en rive occidentale (coupe 5, Grangeneuve). Dans certaines zones au Sud du Bec d'Ambès, cette formation se réduit à moins de 10 m. Les deux fleuves coulent toujours sur au moins quelques mètres d'argiles flandriennes, sauf au niveau de l'axe de l'anticlinal de Blaye-Listrac et jusqu'à St-Julien-de-Beychevelle (PK 36,5 / PK 44) où des affleurements calcaires ou marneux pointent au fond du chenal de grande navigation.



Fig. 6 : Coupe géologique longitudinale à l'Estuaire de la Gironde passant par la presqu'île d'Ambès et la rive orientale entre Saint-Louis-de-Montferrand et Saint-Genès-de-Blaye

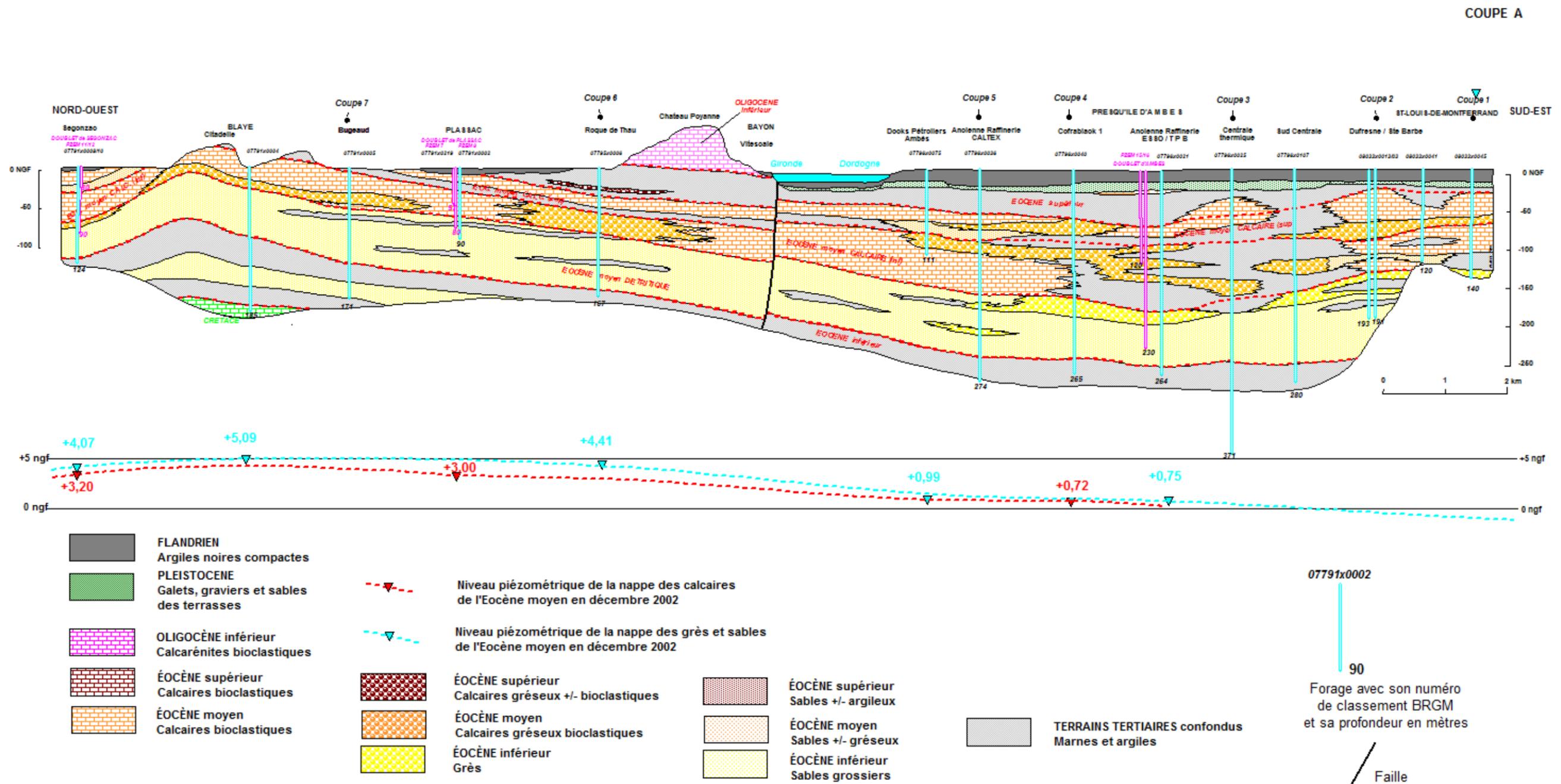
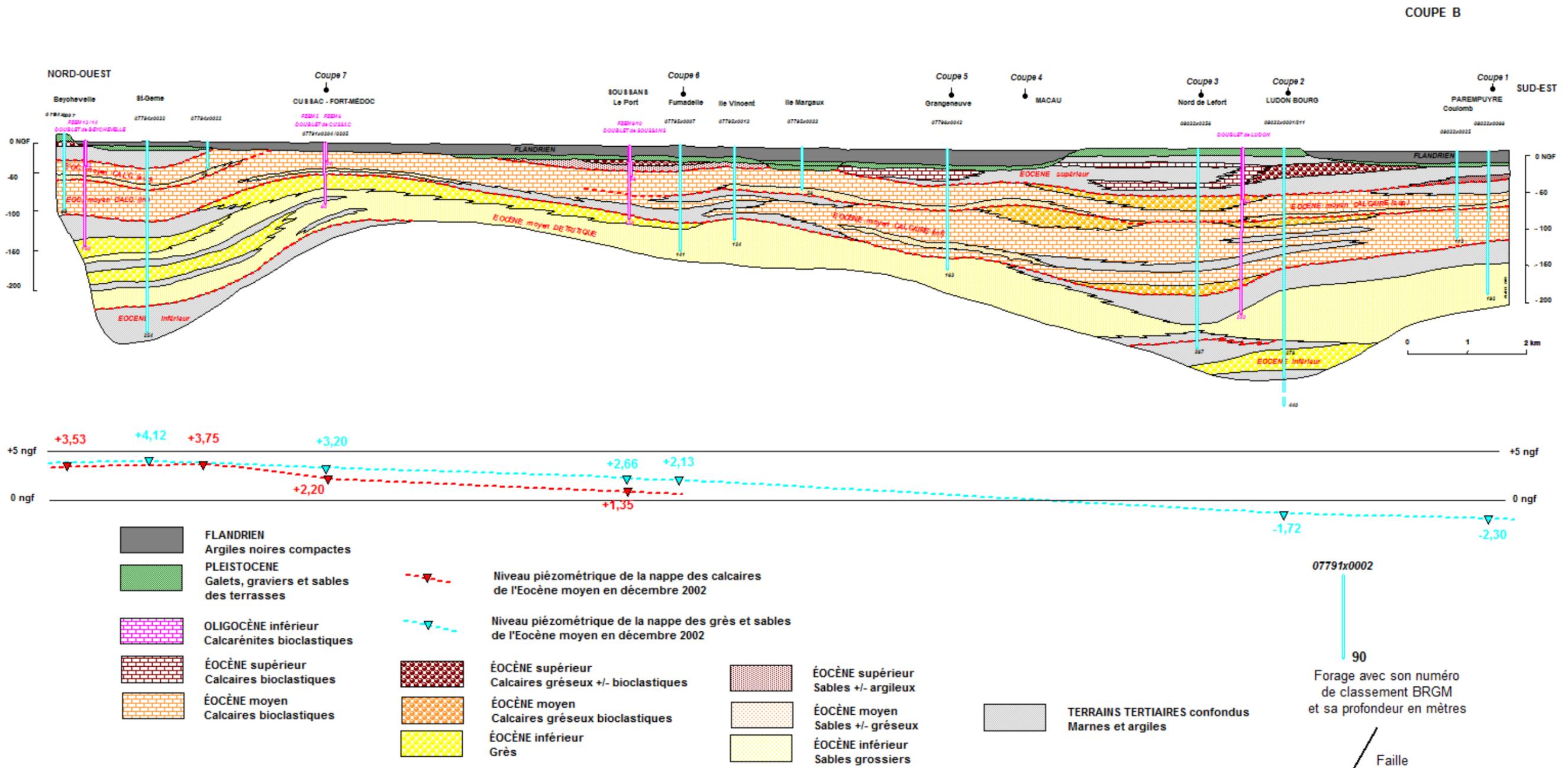




Fig. 7 : Coupe géologique longitudinale à l'Estuaire de la Gironde passant par la rive occidentale entre Parempuyre et Saint-Julien-de-Beycheville





# COUPE 1

Fig.8 : Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le sud de la presqu'île d'Ambès entre Saint-André-de-Cubzac et Parempuyre

SUD-OUEST

NORD-EST

Coupe B

Coupe A

PAREMPUYRE

ST-LOUIS DE MONTFERRAND

ST-ANDRÉ DE-CUBZAC

08032x0025/66

08033x0045

08033x0086

Lisotte

08033x0025

08033x0181

0 NGF

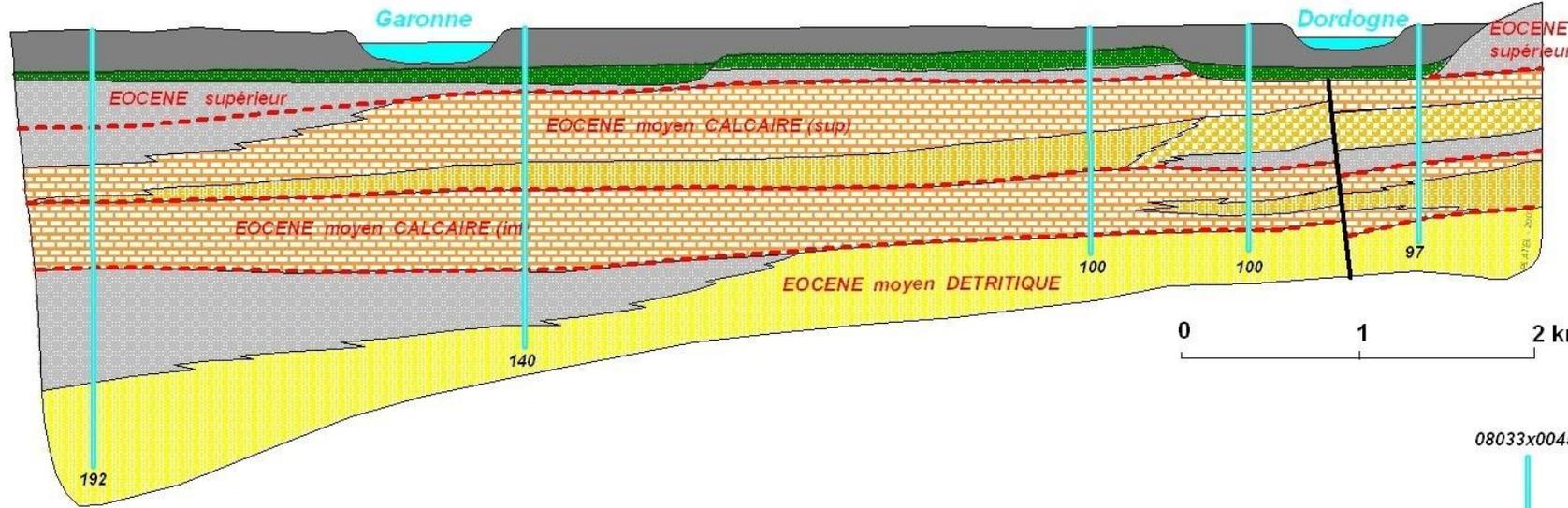
0 NGF

-50

-50

-100

-100



0 1 2 km

- ÉOCÈNE supérieur Calcaires bioclastiques
- ÉOCÈNE moyen carbonaté Calcaires bioclastiques

- ÉOCÈNE supérieur Calcaires gréseux +/- bioclastiques
- ÉOCÈNE moyen carbonaté Calcaires gréseux bioclastiques
- ÉOCÈNE moyen détritique ÉOCÈNE inférieur Grès

- ÉOCÈNE supérieur Sables +/- argileux
- ÉOCÈNE moyen carbonaté Sables +/- gréseux
- ÉOCÈNE moyen détritique ÉOCÈNE inférieur Sables grossiers

- FLANDRIEN Argiles noires compactes
- PLEISTOCÈNE Galets, graviers et sables des terrasses

- TERRAINS TERTIAIRES confondus Marnes et argiles

08033x0045  
 140  
 Forage avec son numéro de classement BRGM et sa profondeur en mètres

Faille

Copyright BRGM - 2003





Fig. 9 : Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le sud de la presqu'île d'Ambès entre Saint-Gervais et Le Pian-Médoc

COUPE 2

SUD-OUEST

NORD-EST

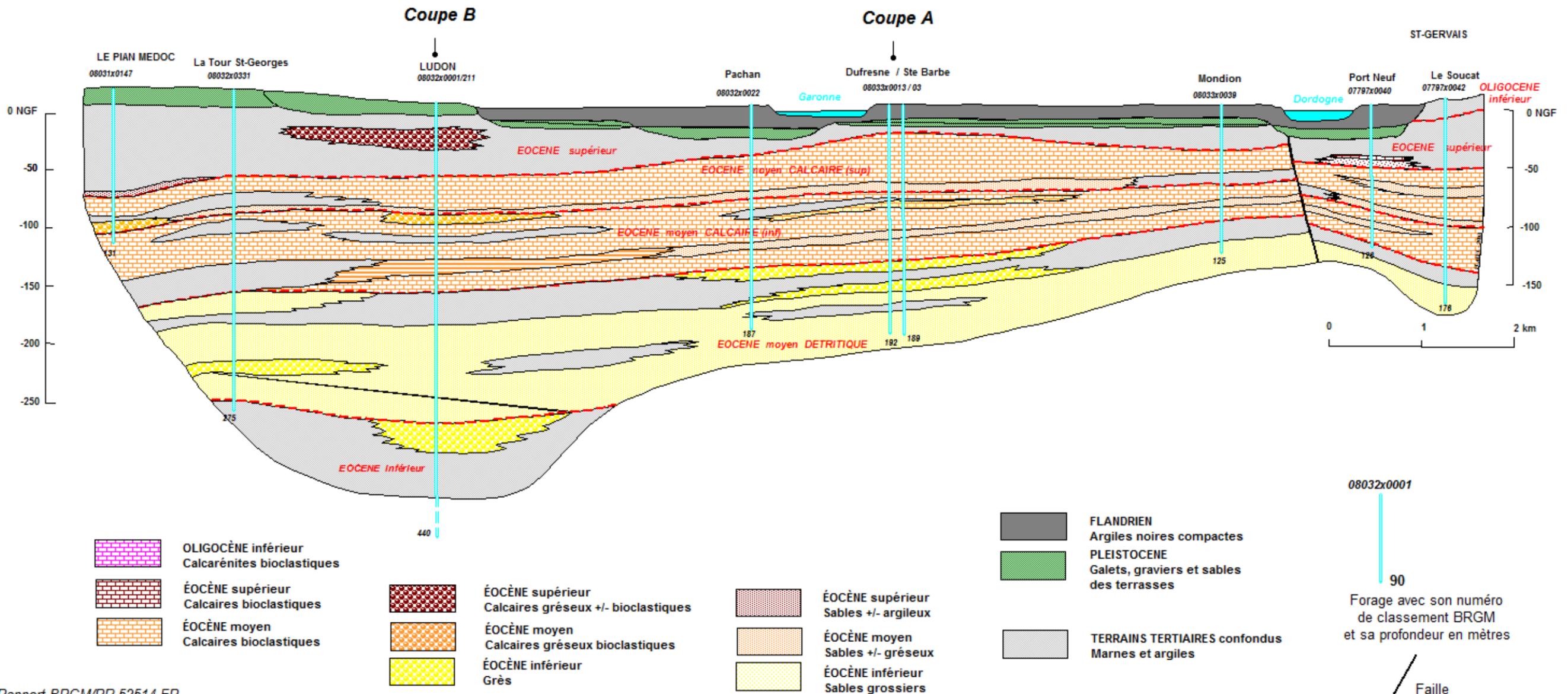


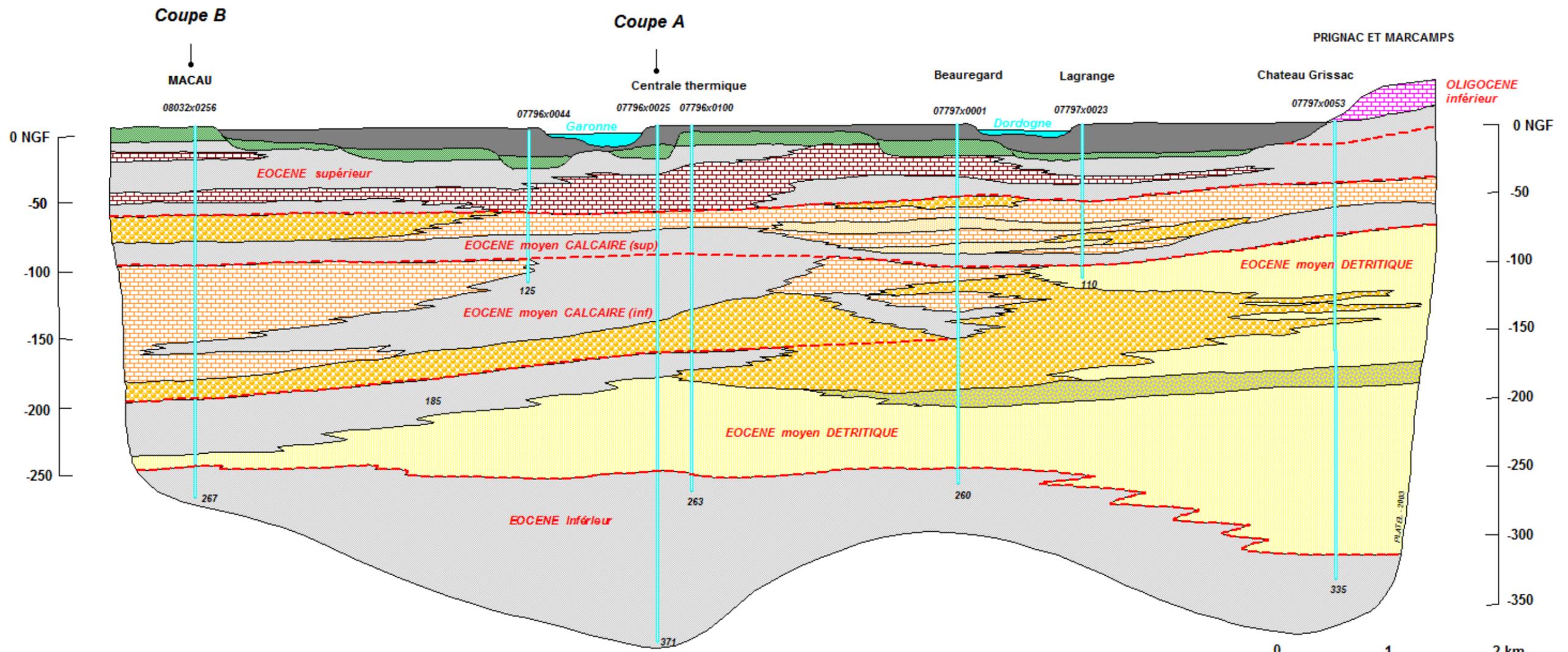


Fig. 10 : Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le centre de la presqu'île d'Ambès entre Prignac-et-Marcamps et Macau

COUPE 3

SUD-OUEST

NORD-EST



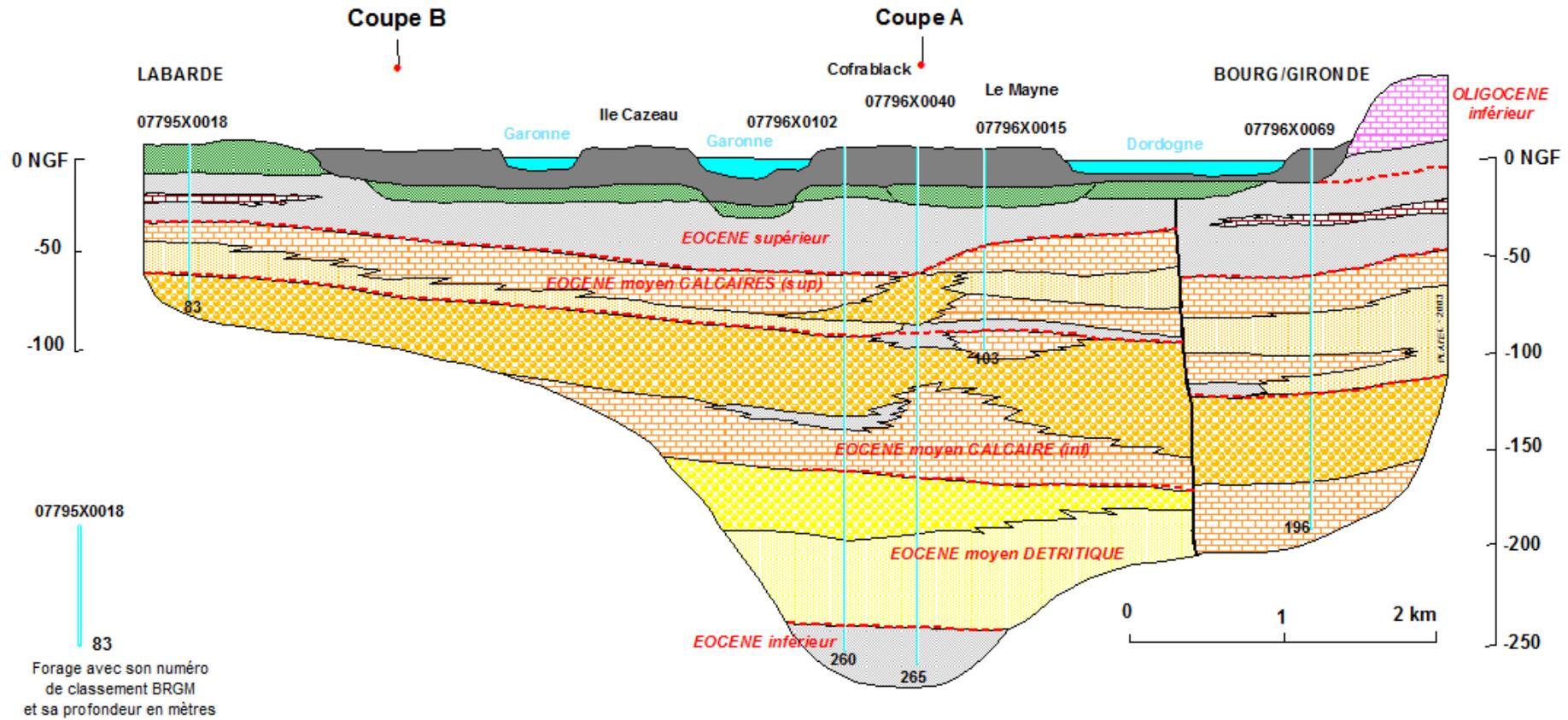
- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| OLIGOCÈNE inférieur<br>Calcarénites bioclastiques | ÉOCÈNE supérieur<br>Calcaires bioclastiques     | ÉOCÈNE supérieur<br>Calcaires gréseux +/- bioclastiques | FLANDRIEN<br>Argiles noires compactes                      |
| ÉOCÈNE moyen<br>Calcaires bioclastiques           | ÉOCÈNE moyen<br>Calcaires gréseux bioclastiques | ÉOCÈNE moyen<br>Sables +/- gréseux                      | PLEISTOCÈNE<br>Galets, graviers et sables<br>des terrasses |
| ÉOCÈNE inférieur<br>Grès                          | ÉOCÈNE inférieur<br>Sables grossiers            | TERRAINS TERTIAIRES confondus<br>Marnes et argiles      |  |

08032x0256  
 90  
 Forage avec son numéro  
 de classement BRGM  
 et sa profondeur en mètres

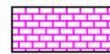
**Fig. 11 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde  
 passant par le nord de la presqu'île d'Ambès  
 entre Bourg-sur-Gironde et Labarde**

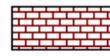
SUD-OUEST

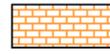
NORD-EST



07795X0018  
 83  
 Forage avec son numéro  
 de classement BRGM  
 et sa profondeur en mètres

 OLIGOCÈNE inférieur  
 Calcarénites bioclastiques

 ÉOCÈNE supérieur  
 Calcaires bioclastiques

 ÉOCÈNE moyen  
 Calcaires bioclastiques

 ÉOCÈNE supérieur  
 Calcaires gréseux +/- bioclastiques

 ÉOCÈNE moyen  
 Calcaires gréseux bioclastiques

 ÉOCÈNE inférieur  
 Grès

 ÉOCÈNE supérieur  
 Sables +/- argileux

 ÉOCÈNE moyen  
 Sables +/- gréseux

 ÉOCÈNE inférieur  
 Sables grossiers

 FLANDRIEN  
 Argiles noires compactes

 PLEISTOCÈNE  
 Galets, graviers et sables  
 des terrasses

 TERRAINS TERTIAIRES confondus  
 Marnes et argiles

Faille



Fig. 12 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par le nord de la presqu'île d'Ambès entre Bourg-sur-Gironde et Margaux

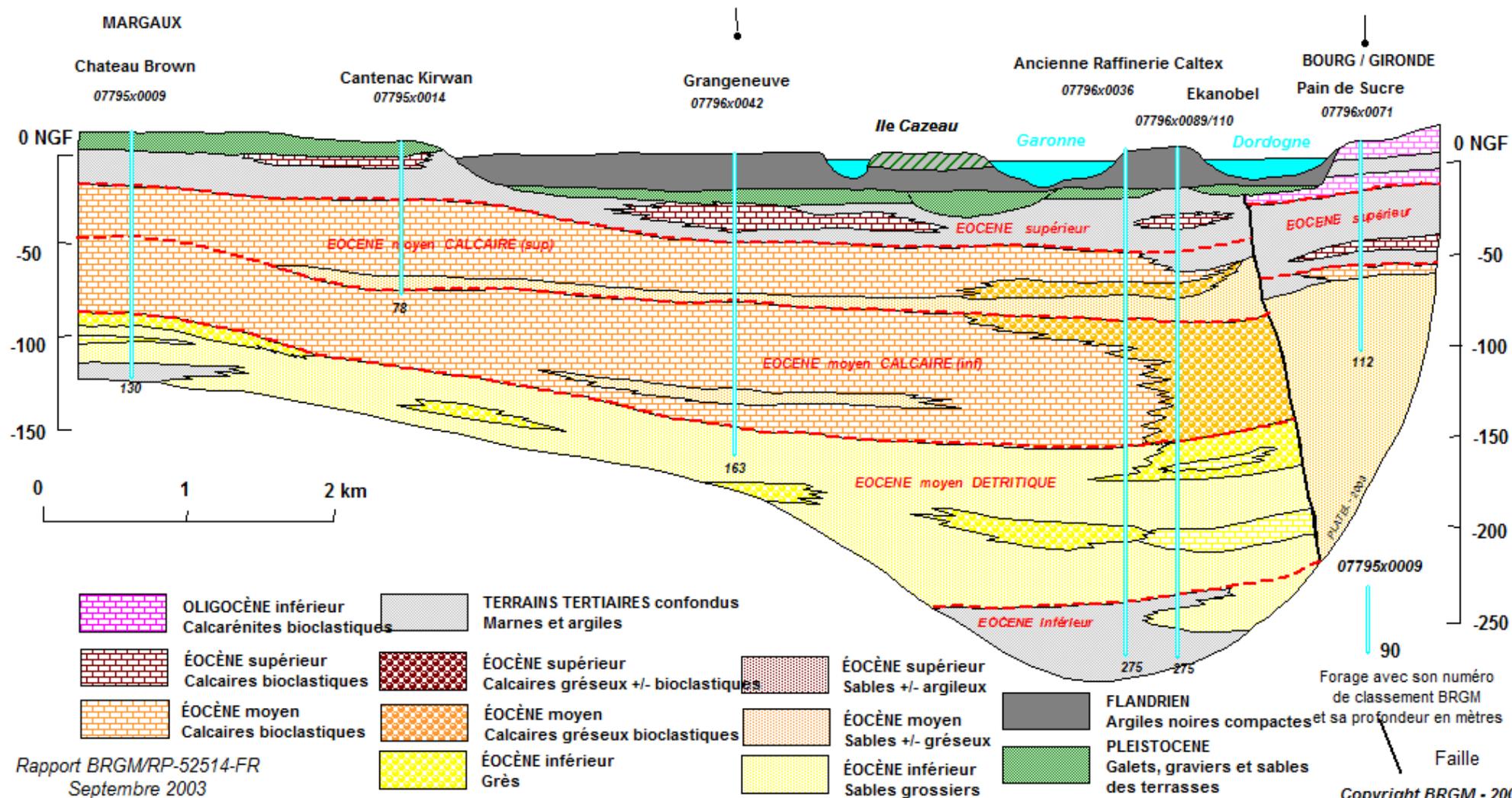
COUPE 5

SUD-OUEST

NORD-EST

Coupe B

Coupe A



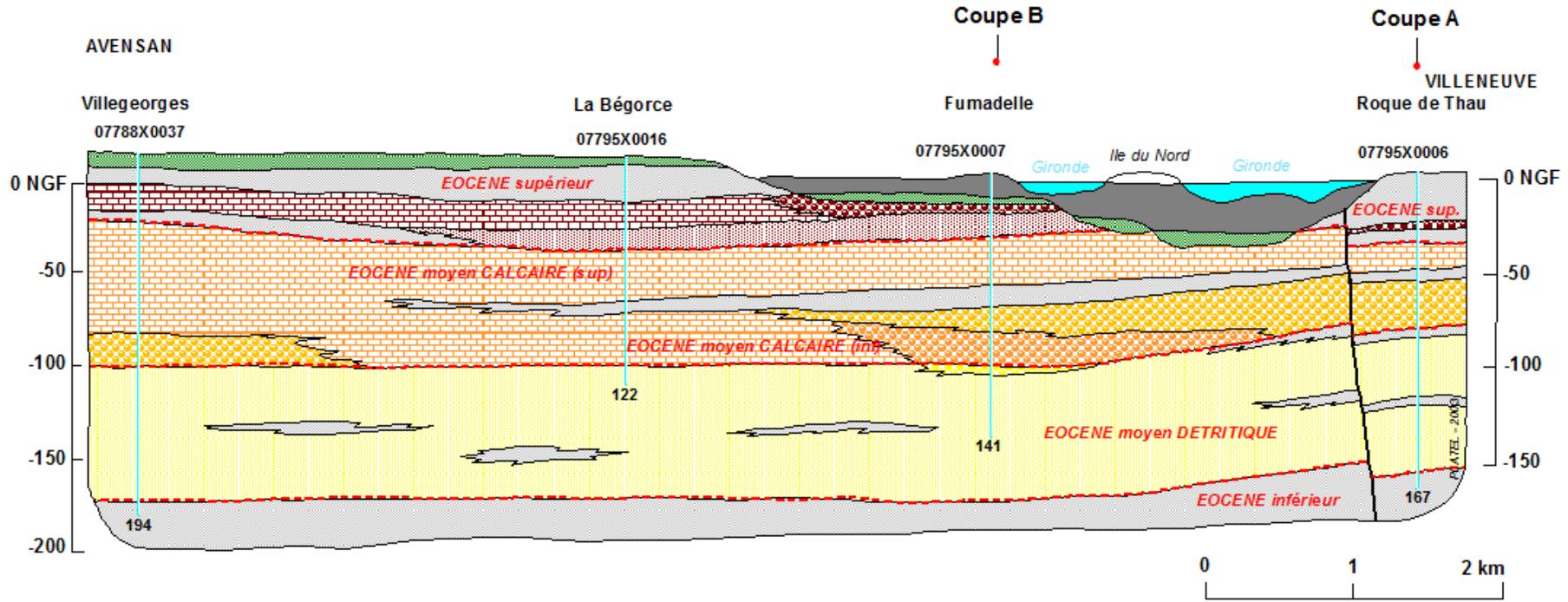
Rapport BRGM/RP-52514-FR  
 Septembre 2003

**COUPE 6**

**Fig. 13 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par Villeneuve et Avensan**

SUD-OUEST

NORD-EST



-  ÉOCÈNE supérieur Calcaires bioclastiques
-  ÉOCÈNE moyen Calcaires bioclastiques

-  ÉOCÈNE supérieur Calcaires gréseux +/- bioclastiques
-  ÉOCÈNE moyen Calcaires gréseux bioclastiques
-  ÉOCÈNE inférieur Grès

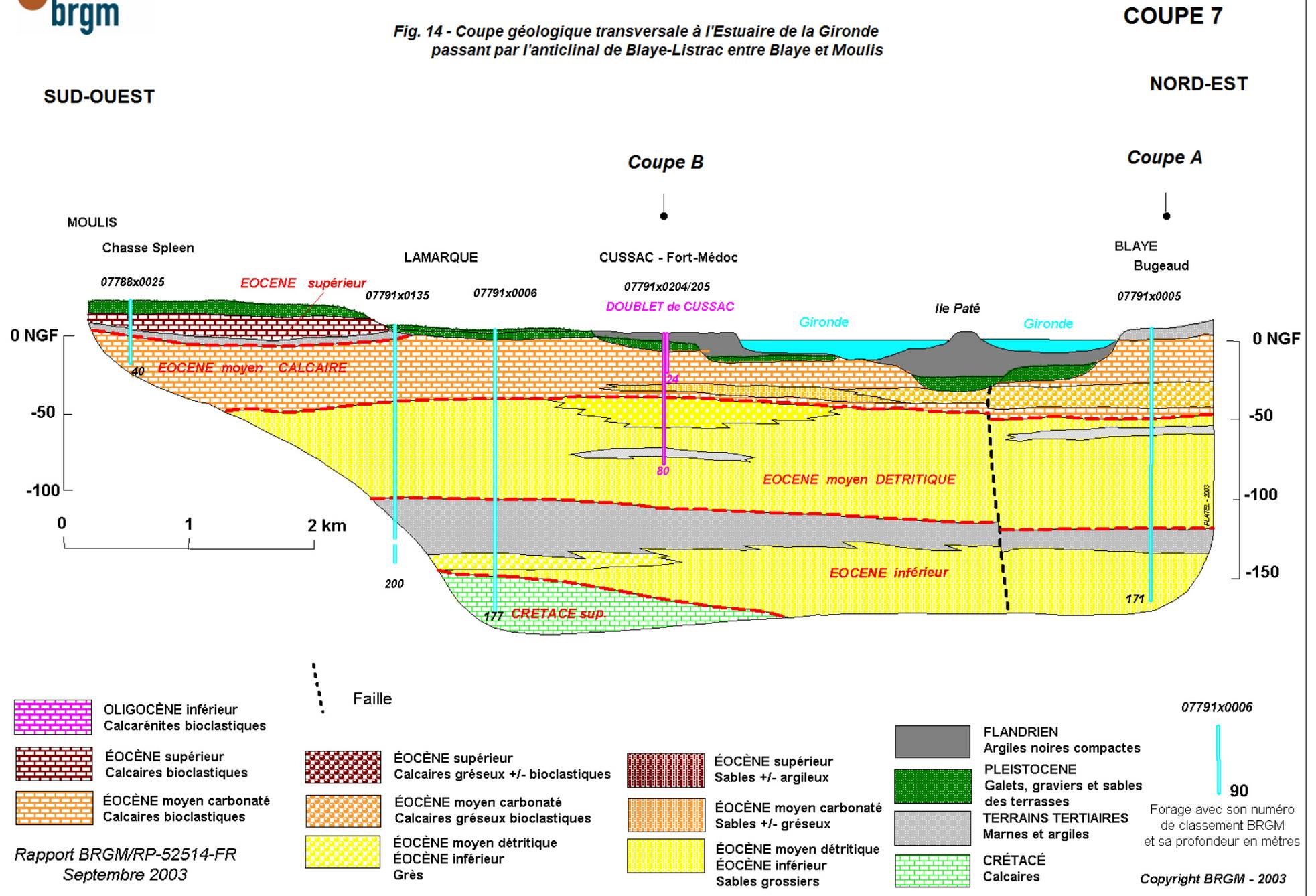
-  ÉOCÈNE supérieur Sables +/- argileux
-  ÉOCÈNE moyen Sables +/- gréseux
-  ÉOCÈNE inférieur Sables grossiers

-  Faille
-  FLANDRIEN Argiles noires compactes
-  PLEISTOCENE Galets, graviers et sables des terrasses
-  TERRAINS TERTIAIRES confondus Marnes et argiles

07788X0037  
  
 194  
 Forage avec son numéro de classement BRGM et sa profondeur en mètres



Fig. 14 - Coupe géologique transversale à l'Estuaire de la Gironde passant par l'anticlinal de Blaye-Listrac entre Blaye et Moulis



## **2.5. IMPLANTATION DES DOUBLETS DE PIEZOMETRES**

A la suite de la synthèse géologique, les 6 sites sélectionnés pour implanter les piézomètres ont été choisis en fonction de différents critères qui découlent non seulement de l'interprétation des géométries des formations réservoirs, mais aussi des superpositions reconnues ou probables, ainsi que de l'éloignement des ouvrages exploitant la nappe éocène et des disponibilités foncières communales.

En effet, une fois les secteurs délimités sur des critères d'objectifs hydrogéologiques, et comme pour les 5 premiers piézomètres du réseau *PZEM*, une implantation plus ciblée sur le domaine public a été privilégiée pour assurer la pérennité de la mission de surveillance de l'extension du réseau. Des conventions ont été (ou sont en cours d'être) passées avec les différentes communes concernées (annexes 1 et 2).

La numérotation des sondages est théorique, faite dans l'ordre prévisionnel de leur réalisation. Elle sera sujette à modification au cours de l'étude.

### **2.5.1. Site de Cussac-Fort-Médoc ( piézomètres PZEM 5 et 6)**

Ce site a été choisi lors de l'étude précédente (Platel *et al.*, 1999) pour caractériser la nappe au droit de l'axe anticlinal à proximité de son exutoire estuarien le plus au Sud et pour préciser pour la première fois, par un sondage non exploité et bien décrit, la pression sur la crête piézométrique (fig. 7). Le sondage PZEM 5 foré en 1999 est crépiné devant le réservoir inférieur grésosableux (membres 4, 5 et 6 principalement).

Le piézomètre court PZEM 6 qui le jouxtera dans le même enclos devra être crépiné au droit du réservoir calcaire inférieur (membre 8). Sa profondeur ne doit pas excéder 25 m. Il a été effectué et équipé dans cette phase 1.

### **2.5.2. Site de Plassac ( piézomètres PZEM 7 et X)**

Le choix de ce site a été décidé pour avoir un point de surveillance en rive droite de l'estuaire, juste au Sud de l'axe supposé de la crête piézométrique (fig. 6). Comme les terrains oligocènes affleurent en falaise à partir de Roque-de-Thau, la seule zone possible était la bande de terrains de marais au Nord de la petite vallée du Brouillon, à cause notamment de son éloignement du sondage exploité de Villeneuve (07795x0006). Ce site avait aussi pour intérêt la proximité de l'ancien sondage communal (07791x0002), éventuellement récupérable, après diagnostic par inspection à la caméra numérique et diagraphies, pour surveiller le réservoir inférieur grésosableux à 90 m de profondeur (*dénommé PZEM X en attendant son éventuelle récupération*).

Il a donc été décidé de réaliser le piézomètre court PZEM 7 pour capter le réservoir calcaire (membres 9 et 10 et éventuellement 7 et 8). Une profondeur de 40 à 50 m était prévue pour ce sondage qui a été effectué et équipé dans cette phase 1.

### **2.5.3. Site de Soussans ( piézomètres PZEM 8 et 9)**

Le secteur de Soussans a été retenu pour surveiller la crête en rive occidentale (fig. 7) à cause, d'une part de la superposition plus ou moins directe des alluvions

pléistocènes de l'estuaire ancien sur les calcaires du réservoir supérieur (ce qui peut entraîner la présence d'eaux légèrement saumâtres dans le sommet de l'Eocène), mais aussi parce que les toits des différents réservoirs sont moins profonds et qu'une assise marneuse séparerait la formation grésosableuse de celle carbonatée de Blaye (d'après la coupe du vieux forage de Fumadelle - 07795x0007).

Le piézomètre court PZEM 8 sera réalisé pour capter le réservoir calcaire supérieur (membres 9 et 10). Une profondeur de 50 à 58 m est prévue pour ce sondage.

Le piézomètre profond PZEM 9 sera réalisé pour capter le réservoir grésosableux supérieur (membres 4 à 6). Une profondeur de 115 m est prévue pour ce sondage.

#### **2.5.4. Site de St-Genès-de-Blaye ( piézomètres PZEM 11 et 12)**

Le choix de ce site a été décidé pour disposer d'un point de surveillance en rive droite de l'estuaire, juste au Nord de l'axe supposé de la crête piézométrique (fig. 6). Ce site a pour intérêt principal la proximité de deux sondages actuellement inexploités (07791x0008 et 0010), dont l'un des deux serait éventuellement récupérable pour permettre de surveiller le réservoir inférieur grésosableux à partir de 95 m de profondeur environ. On ne sait cependant pas si ce dernier est ou non en communication avec le réservoir calcaire. C'est pourquoi il sera d'abord réalisé un diagnostic par inspection à la caméra numérique et des diagraphies.

Il a donc été décidé de réaliser le piézomètre court PZEM 11 pour capter le réservoir calcaire (membres 9 et 10 et éventuellement 7 et 8). Une profondeur de 30 m est prévue pour ce sondage.

#### **2.5.5. Site de Beychevelle ( piézomètres PZEM 13 et 14)**

Le secteur de St-Julien de Beychevelle a été retenu pour surveiller la nappe dans la partie nord de la crête en rive occidentale (fig. 7) parce que les toits des différents réservoirs sont légèrement moins profonds qu'ailleurs et qu'une importante assise marneuse séparerait la formation grésosableuse de celle carbonatée de Blaye (d'après la coupe du récent forage AEP de St-Geme - 07784x0032, situé à plus d'un kilomètre du site envisagé).

Le piézomètre court PZEM 13 sera réalisé pour capter le réservoir calcaire supérieur (membres 9 et 10). Une profondeur de 30 m environ est prévue pour ce sondage.

Le piézomètre profond PZEM 14 sera réalisé pour capter le réservoir grésosableux supérieur (membres 4 à 6). Une profondeur de 150 m est prévue pour ce sondage.

#### **2.5.6. Site d'Ambès ( piézomètres PZEM 15 et 16)**

La surveillance de la nappe sous la presqu'île d'Ambès nécessite d'avoir à disposition des sondages profonds (plus de 200 m). Le site de TPB a été momentanément retenu car de grands forages industriels sont en cours de bouchage ou de réhabilitation (fig. 6). L'opportunité de récupérer à cette occasion un ouvrage en cours d'abandon ou peu utilisé, qui capte la nappe de l'Eocène moyen détritique très isolé de celle de

l'Eocène moyen calcaire, a été retenue et le BRGM. Cette option est actuellement en discussion avec la direction de TPB pour examiner les possibilités de réalisation.

Il ne resterait alors plus qu'à forer un piézomètre plus court au droit de la nappe de l'Eocène moyen calcaire pour disposer d'un doublet de surveillance piézométrique véritable, jugé nécessaire par le Comité de Pilotage du projet. En effet les industriels du secteur doivent bientôt se raccorder sur un réseau collectif d'eau superficielle traitée, prévu en substitution de celle provenant de la nappe captive, et la remontée de la pression devrait alors être très nette dans ce secteur.

Le piézomètre profond PZEM 16 sera d'abord récupéré à partir d'un des sondages qui captent actuellement le réservoir grésosableux (membres 4 à 6). Une profondeur de 230 à 250 m est prévue pour cet ouvrage.

Le piézomètre "court" PZEM 15 sera ensuite foré pour capter le sommet du réservoir calcaire supérieur (membres 10 et 9). Une profondeur de 120 m environ est prévue pour ce nouveau sondage.

#### **2.5.7. Site optionnel de Ludon**

Dans la mesure où l'opération projetée à Ambès ne pourrait pas se faire, sur le site TPB ou ailleurs, un site optionnel est retenu dans le secteur de Ludon-Médoc, dont la configuration géologique est proche et le contexte hydrogéologique assez semblable, bien que faisant déjà partie du creux piézométrique bordelais (fig. 7).

Un piézomètre profond PZEM 16 sera d'abord équipé à partir d'un des sondages qui captent actuellement le réservoir grésosableux dans ce secteur. Une profondeur de 200 à 250 m est prévue pour cet ouvrage.

Le piézomètre "court" PZEM 15 sera ensuite foré pour capter le sommet du réservoir calcaire supérieur (membres 10 et 9). Une profondeur de 60 m environ est prévue pour ce nouveau sondage.

## **3. Etat des connaissances hydrogéologiques**

### **3.1. DENSITE DES FORAGES, UTILISATION DE L'EAU ET VOLUMES PRELEVES.**

Plus d'une centaine de forages captant l'Eocène moyen à inférieur se situe à proximité de l'estuaire. La figure 15 présente l'implantation de ces forages, ainsi que l'usage de l'eau des captages et le volume prélevé en 2001. Il apparaît que les forages utilisés pour l'A.E.P. sont les plus nombreux dans ce secteur, avec des volumes prélevés variables suivant les points (de moins de 50 000 à plus d'un million de m<sup>3</sup> par an et par forage).

Mis à part quelques points situés au Nord, les forages à usage industriel se situent plutôt au Sud de la zone considérée, au niveau de la presqu'île d'Ambès et un peu plus au Sud. Les prélèvements sur ces points sont variables (jusqu'à 1 million de m<sup>3</sup> par an et par forage). Leur utilisation est appelée à disparaître avec la mise en service de l'alimentation industrielle par les eaux de surface.

Les ouvrages agricoles quant à eux se situent principalement au Nord du secteur et en rive droite. Les volumes prélevés sur ces ouvrages sont plus modestes que pour les usages précédents, avec des volumes ne dépassant pas 200 000 m<sup>3</sup> par an et par forage (estimation).

### **3.2. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE EOCENE DANS LE SECTEUR DE L'ESTUAIRE**

Une carte piézométrique de la nappe Eocène le long de l'estuaire a été réalisée (fig. 16). Elle présente l'état de la piézométrie à la fin de l'année 2002 (mesures piézométriques des mois de novembre et décembre 2002). Une distinction a été faite entre les points captant la base de l'aquifère éocène (étiquettes bleues), ceux captant le sommet de l'aquifère (étiquettes roses) et enfin celui captant la totalité de l'aquifère (étiquette violette). Compte tenu du faible nombre de forages captant le sommet de l'aquifère Eocène moyen (6 forages concernés), la carte piézométrique est le reflet de la piézométrie de la base de l'aquifère de l'Eocène moyen.

Le niveau piézométrique de la nappe varie entre 0 et +10 m NGF. D'une façon générale, l'écoulement des eaux se fait vers le Nord et vers le Sud. Vers le Nord, il s'agit d'un écoulement naturel vers la mer, alors qu'au Sud, l'écoulement se fait vers le creux piézométrique situé sous Bordeaux, dont la courbe 0 m NGF marque la limite nord. Ces deux directions d'écoulement sont individualisées par l'existence d'une crête piézométrique centrée sur l'estuaire entre Pauillac et Lamarque, avec des piézométries de l'ordre de 3 à 5 m NGF (fig. 6, 7 et 16).

Il semble que les niveaux des deux réservoirs de l'aquifère de l'Eocène moyen soient légèrement plus haut en rive droite de l'estuaire avec les pressions plus fortes centrées sur l'axe de l'anticlinal de Blaye-Listrac (+5,09 NGF au 07791x0004), par rapport à la rive gauche où les plus hauts niveaux sont décalés au Nord de l'axe structural, tant pour l'aquifère inférieur que l'aquifère supérieur (respectivement +4,12 NGF au 07784x0032 et +3,75 NGF au 07784x0022). Dans l'état actuel des connaissances, **l'allongement de la crête piézométrique apparaît donc comme oblique par rapport à l'axe de la structure géologique.**

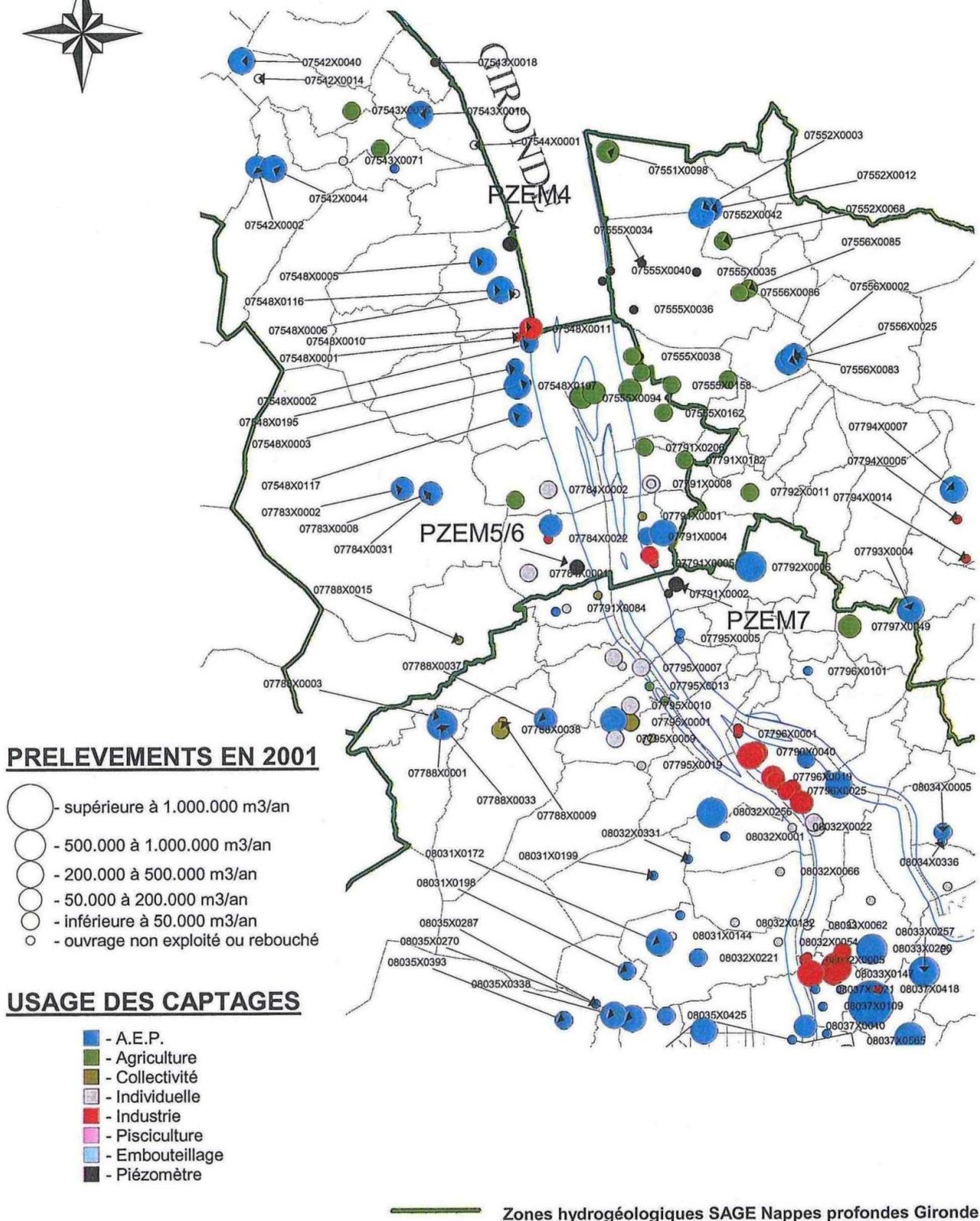


Fig 15 : Carte de répartition des ouvrages et des prélèvements nappe de l'Eocène moyen

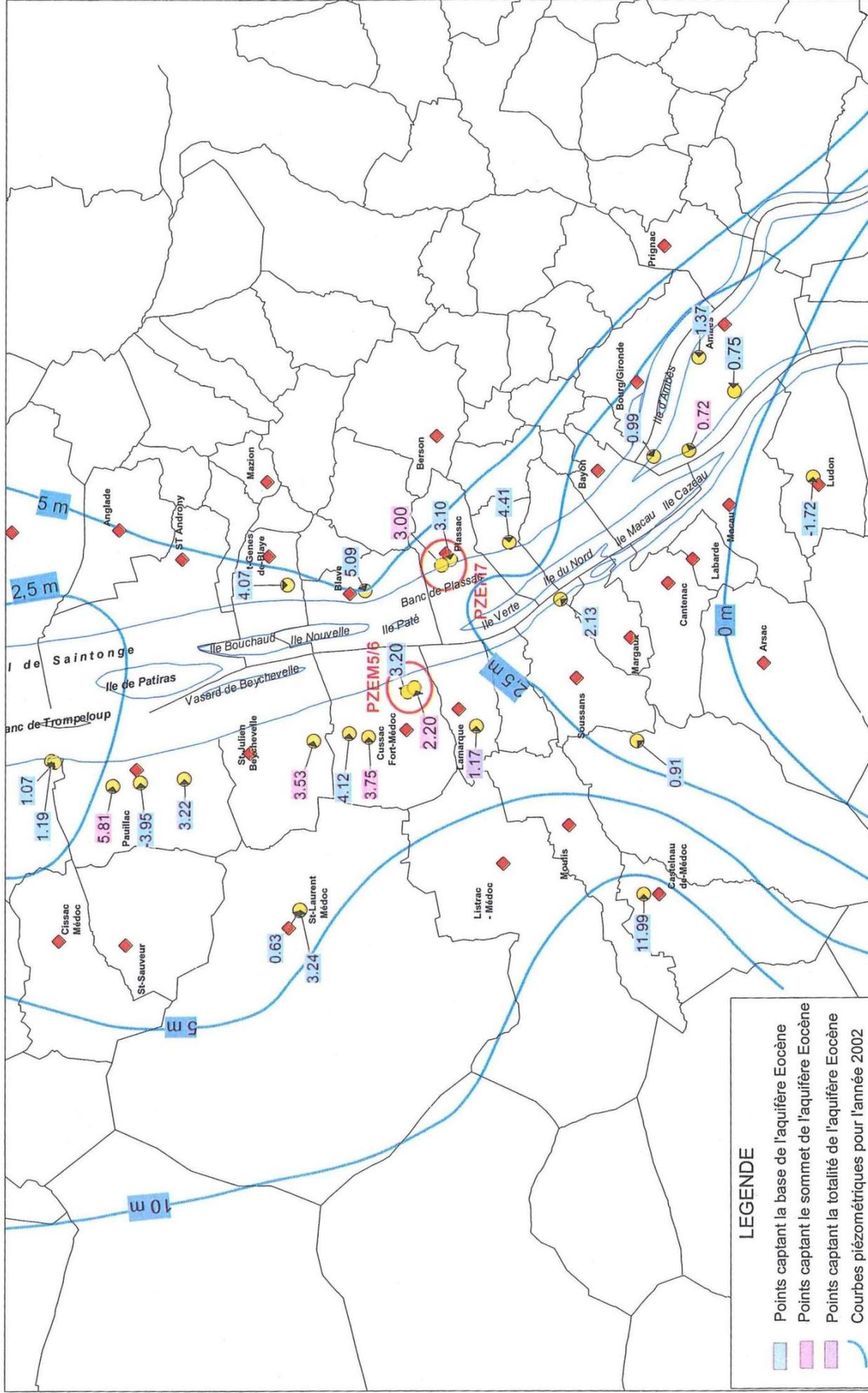


Fig. 16 : Carte piézométrique de la nappe Eocène - Etat à fin 2002

### **3.3. HYDROCHIMIE DE LA NAPPE EOCENE AUTOUR DE L'ESTUAIRE**

La salinité des eaux varie de façon très importante dans l'estuaire en fonction du coefficient de marée, du moment de la marée et du débit fluvial. De plus, trois paramètres géométriques rentrent en considération : il s'agit des gradients longitudinal, transversal et vertical.

Les *deux principaux paramètres* conditionnant ces variations sont le *débit fluvial* et le *gradient longitudinal*. Les fourchettes de salinité à considérer dans les comparaisons entre les eaux d'invasion de la nappe et celles de l'estuaire sont d'autant plus grandes que le point de mesure se trouve vers l'aval (données du Port Autonome de Bordeaux – Platel *et al.*, 1997, 1998 et 1999).

#### **3.3.1 Historique**

La compilation des données des analyses chimiques archivées au BRGM, ajoutées aux données récentes obtenues par les piézomètres du projet et par les compagnies de distribution d'eau potable ou les services de la DDASS, a permis d'atteindre un assez bon niveau de connaissance.

Dans la presqu'île de la Pointe de Grave, les eaux salées de la transgression flandrienne (fin du Quaternaire) ont envahi la totalité des terrains éocènes qui affleurent sur la côte atlantique au Rocher Saint-Nicolas et sur les Battures de Cordouan, ainsi que les dépôts alluviaux pléistocènes qui constituent la presqu'île, à l'exception du massif dunaire. Toutes les nappes ont un potentiel supérieur au niveau de la mer. Les salinités mesurées peuvent y atteindre 6,0 à 31,5 g/l. En l'absence de gradient piézométrique, ce qui est confirmé par les faciès hydrochimiques indiquant d'importants confinements (azote, fer, matière organique), il est peu probable que ces eaux puissent migrer vers le Sud.

Dès 1963, des eaux salées ont été identifiées dans le forage de Phare de Richard captant l'Eocène moyen sableux, mais des doutes subsistent car ce forage réalisé en 1930 semble comblé et peut avoir fourni des eaux de la nappe alluviale.

En 1979, les analyses d'eau du forage de Noailac (07305X0036) sur la commune de Jau-Dignac-et-Loirac, montrent une teneur en chlorures de 330 mg/l. Cette teneur a progressivement augmenté jusqu'à atteindre 368 mg/l début 1998. Cet ouvrage drainerait la nappe alluviale, car lors des essais de débit de 1972, la teneur en chlorures était inférieure à 200 mg/l.

Plus au Sud, le long de l'estuaire, les puits expérimentaux du BRGM à Saint-Christoly (1965-1966) et le forage de Port de Laména (1962) avaient montré une salinité totale de 1,7 à plus de 17 g/l pour les eaux de la nappe alluviale, pouvant contaminer le toit de l'Eocène. Néanmoins, à cette époque, la nappe de l'Eocène contenait 0,32 g/l. Les piézomètres PZEM 2 et PZEM 3 confirment donc une **contamination de la nappe de l'Eocène postérieure à 1966** dans tout le secteur situé entre Port-de-By et Laména-Queyzans. Il est donc très probable que le site expérimental de 1965 à Saint-Christoly, situé à mi-distance entre les PZEM 2 et PZEM 3, soit aujourd'hui minéralisé à 3 g/l environ (Platel *et al.*, 1999).

Les piézomètres PZEM 4 et 5 et tous les sondages du secteur indiquent que la salinisation fossile de la Pointe de Grave et l'invasion saline au nord de Laména n'ont pas atteint le secteur central, en particulier dans la dépression structurale de Pauillac.

Dans l'extrême sud de la zone d'étude, les minéralisations des eaux sont concentrées dans le "domaine minéralisé" de la nappe éocène, qui se termine sur la remontée structurale de l'anticlinal de Blaye-Listrac. Ces eaux sont riches en sulfates et en fluor, dont l'origine est minérale (répartition des faciès sédimentaires de l'Eocène).

Deux familles de faciès hydrochimiques ont été reconnues.

La première, composée entre autre par les eaux des piézomètres de St-Estèphe et de Cussac (PZEM 4 et 5), est de type bicarbonaté-calcique. Ces eaux sont presque totalement dépourvues de chlorure de sodium et leur faciès est celui habituel des eaux de la nappe éocène.

Les analyses isotopiques ont montré que ce sont des eaux souterraines (origine météorique ancienne) non modifiées par un éventuel mélange avec un fluide d'une autre origine. La salinité peut être expliquée uniquement par circulation des eaux de pluie au contact de l'aquifère éocène. Les teneurs en chlorures témoignent de valeurs identiques à celles mesurées dans les pluies de la zone de recharge. Les eaux de PZM5 (et vraisemblablement PZM4) sont dépourvues de tritium, et donc témoignent d'une recharge ante-1952 (Schnebelen *et al.*, 2002).

La seconde famille, regroupant les eaux des piézomètres PZEM 1 à PZEM 3, situés en bordure de la partie septentrionale de l'estuaire, est de type chloruré-sodique et témoignent d'un mélange des eaux de la nappe éocène avec des eaux d'origine marine (Platel *et al.*, 1998, 1999 ; Schnebelen *et al.*, 2002).

Les eaux des piézomètres de Jau et de St-Christoly (PZM1, PZM2) reflètent un mélange entre des eaux présentes au sein de l'aquifère éocène, une eau issue de l'estuaire et une contribution d'une eau de type marine probablement ancienne.

Il est difficile de connaître précisément la part de chaque type d'eau dans le mélange. Cependant la composition en isotopes stables, les teneurs en tritium et les compositions isotopiques du Sr sont en faveur d'une proportion d'eau à caractère marin peu élevée. De plus les isotopes des sulfates laissent penser à un mélange entre une eau de mer (actuelle ou ancienne?) et un pôle éocène, dont la signature isotopique en  $^{34}\text{S}(\text{SO}_4)$ , résulte de l'oxydation de pyrites et de la dissolution d'évaporites (Schnebelen *et al.*, 2002).

Au sein du piézomètre de St-Yzans (PZM3), le mélange avec l'estuaire actuel est moins évident. L'échantillon s'aligne sur une ligne de mélange Eocène - eau de mer, dont l'âge serait flandrien. La présence de tritium indique cependant une influence sub-actuelle ou bien encore un mélange entre une eau de l'Eocène récemment rechargée et une eau marine. Cette dernière possibilité est la plus pertinente compte tenu de la grande proximité des affleurements de calcaires éocènes du secteur de Couquèques-Bégadan (Schnebelen *et al.*, 2002).

### **3.1.2 Hydrochimie de la zone d'étude**

Les figures 17 et 18 présentent la répartition de la conductivité électrique, des teneurs en chlorures et sulfates des eaux de l'aquifère de l'Eocène moyen dans le Nord du département de la Gironde, et donc le long de l'estuaire. Il s'agit des données issues de l'analyse chimique la plus récente existante entre 1990 et 2001 pour chaque ouvrage (Mazurier *et al.*, 2002).

#### **3.1.2.1. Conductivité électrique**

Les eaux de la nappe de l'Eocène moyen sont généralement moyennement minéralisées (200 à 600  $\mu\text{S/cm}$ ) et caractérisées par un faciès hydrochimique de type bicarbonaté calcique (en dehors du domaine minéralisé).

Le long de l'estuaire, la conductivité électrique est assez forte et évolue entre 200 et 800  $\mu\text{S/cm}$  (fig. 17). Des forages présentant des conductivités supérieures à 800  $\mu\text{S/cm}$  sont fréquents dans cette zone et peuvent même localement atteindre des valeurs supérieures à 1500  $\mu\text{S/cm}$ . Ceci est observé sur 4 forages situés au Nord et en rive gauche :

- le forage PZEM 1 (Jau-Dignac),
- le forage PZEM 2 (Saint-Christoly),
- le forage PZEM 3 (Saint-Yzans-de-Médoc),
- le forage 07301X0165 du Verdon-sur-Mer.

La fig. 17 montre que tous les forages situés en rive droite présentent des minéralisations faibles.

#### **3.1.2.2. Teneurs en chlorures**

Les teneurs en chlorures sont généralement comprises entre 20 et 50 mg/l le long de l'estuaire. Néanmoins, un point présente une teneur comprise entre 100 et 200 mg/l et cinq autres une teneur supérieure à 200 mg/l. Ces cinq points sont les quatre sondages cités précédemment comme ayant une forte conductivité électrique, ainsi que le forage 07305X0001 de Saint-Vivien-de-Médoc. De même que pour la minéralisation, les teneurs en chlorures sont faibles en rive droite et ne dépassent pas 50 mg/l.

#### **3.1.2.3. Teneurs en sulfates**

Les teneurs en sulfates varient généralement de 20 à 50 mg/l. Toutefois, plusieurs points présentent une teneur comprise entre 100 et 250 mg/l et deux points du Nord-Médoc une teneur supérieure à 250 mg/l. Il s'agit des forages 07301X0165 et PZEM 2. Les teneurs en sulfates ne dépassent pas 50 mg/l en rive droite, les eaux à teneurs élevées étant uniquement observées en rive gauche, notamment dans le secteur de Soussans-Margaux-Lamarque et jusqu'à Cussac. C'est l'extrémité nord du "domaine minéralisé" de l'Eocène qui traverse la Gironde.

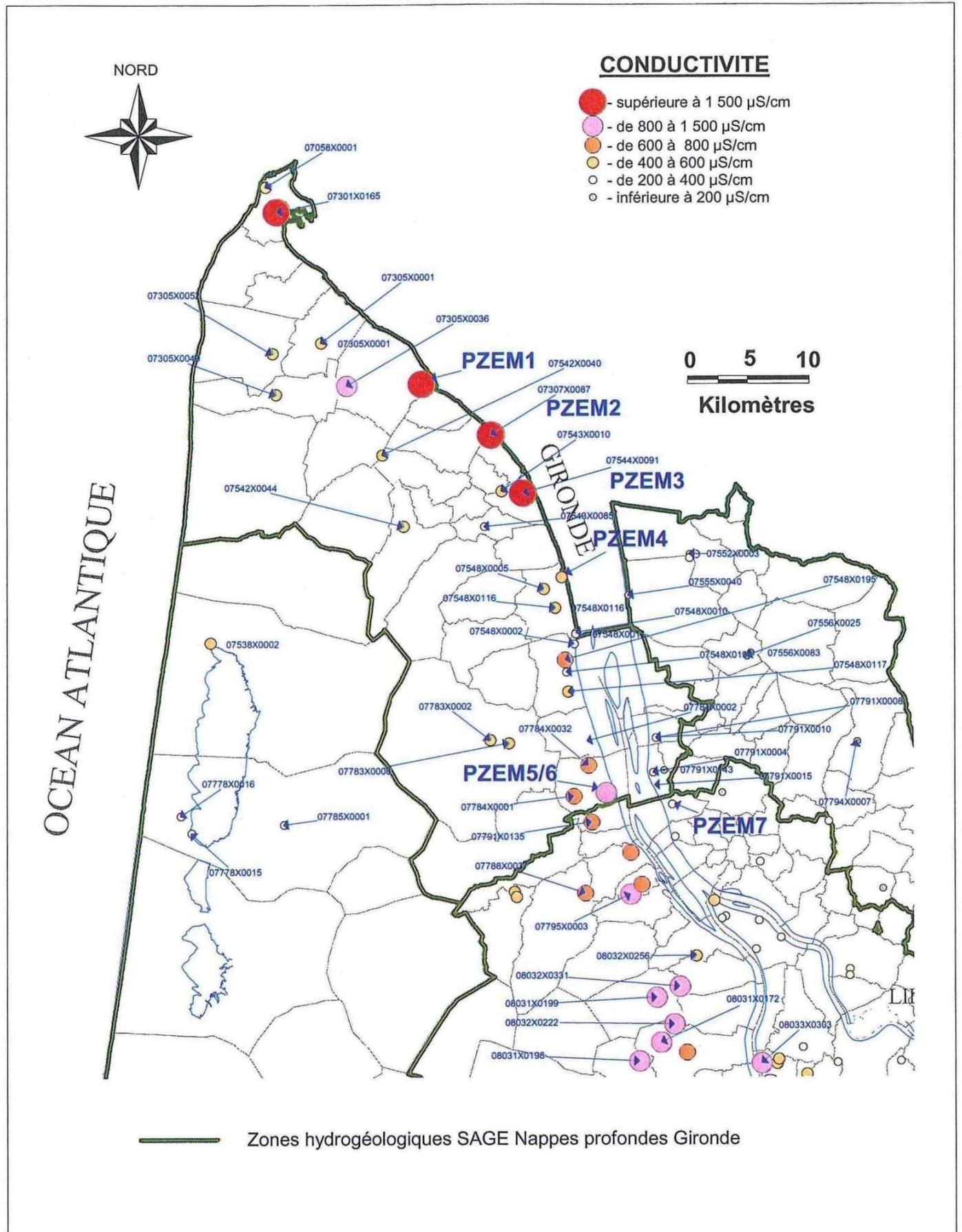
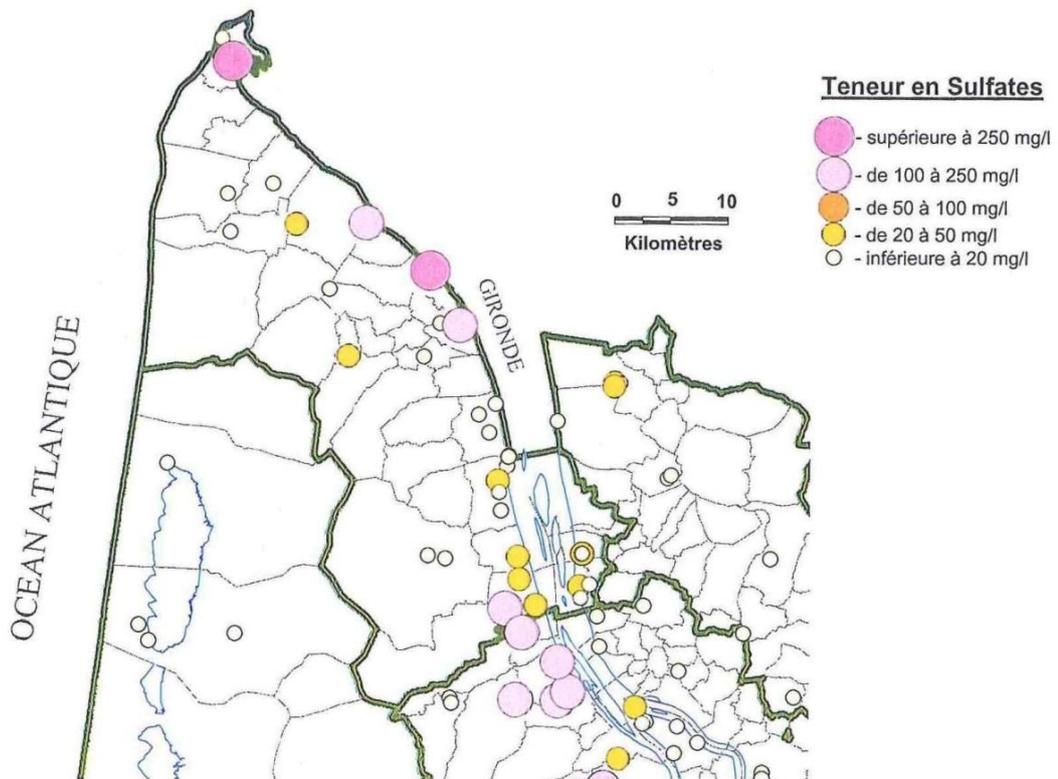
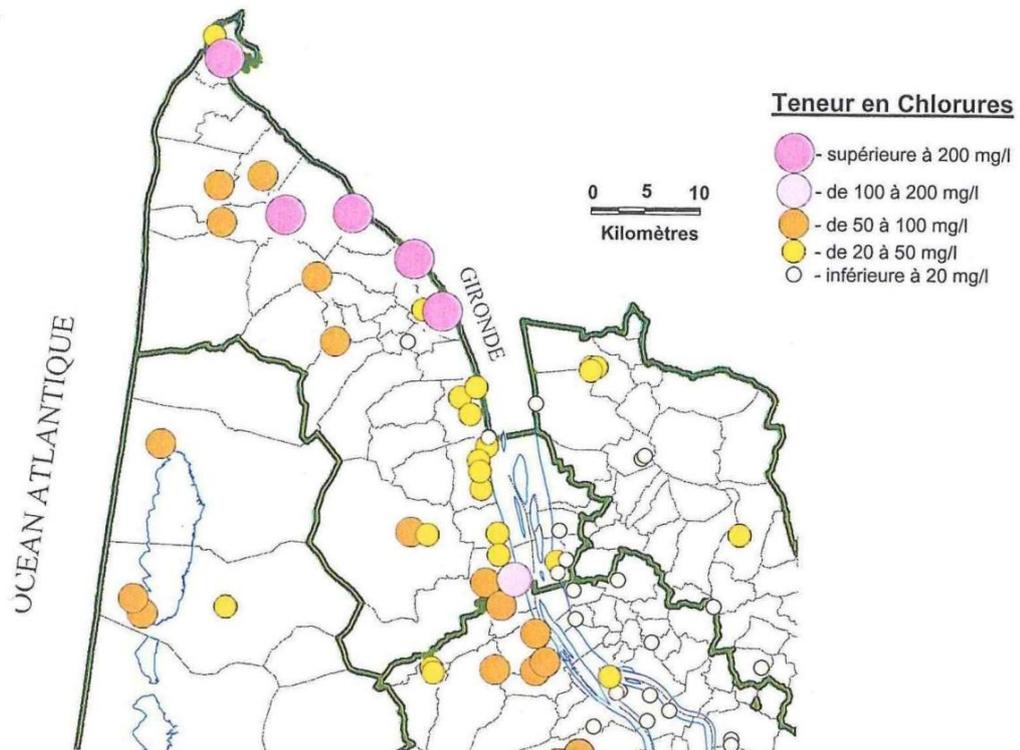


Fig 17 : carte de répartition des conductivités des eaux de la nappe de l'Eocène moyen



Zones hydrogéologiques SAGE Nappes profondes Gironde

## **4. Réalisation des premiers doublets de piézomètres**

Le principe retenu est la réalisation de doublets de sondages sur un même site pour avoir des piézomètres crépinés au droit des deux réservoirs superposés et ainsi connaître les différences éventuelles de pressions qui y règnent localement et les différences de qualité des eaux. Lors de la phase 1, deux sites ont été reconnus, celui de Cussac -Fort-Médoc et celui de Plassac. Le diagnostic de l'état de l'ancien forage communal de Plassac a aussi été effectué.

### **4.1. SITE DE CUSSAC - SONDAGE PZEM 6**

En 1999, avait été réalisé le piézomètre PZEM 5 de Fort-Médoc pour surveiller, d'une part, le niveau de la nappe éocène dans le secteur du "bourrelet" piézométrique et, d'autre part, le risque d'invasion saline dans ce secteur situé en face des affleurements calcaires les plus méridionaux de l'Eocène moyen qui existent dans le chenal de Grande Navigation (Passe de Cussac).

Lors de sa foration, des pertes totales de circulation dans la partie supérieure calcaire de l'Eocène moyen ont nécessité une isolation de ce réservoir très fissuré et karstifié. Le niveau artésien, normalement attendu, a été retrouvé dans la partie profonde grésosableuse. On en a donc profité pour tenter de mener une surveillance dans chacun des réservoirs, en construisant un piézomètre double par utilisation de l'espace annulaire.

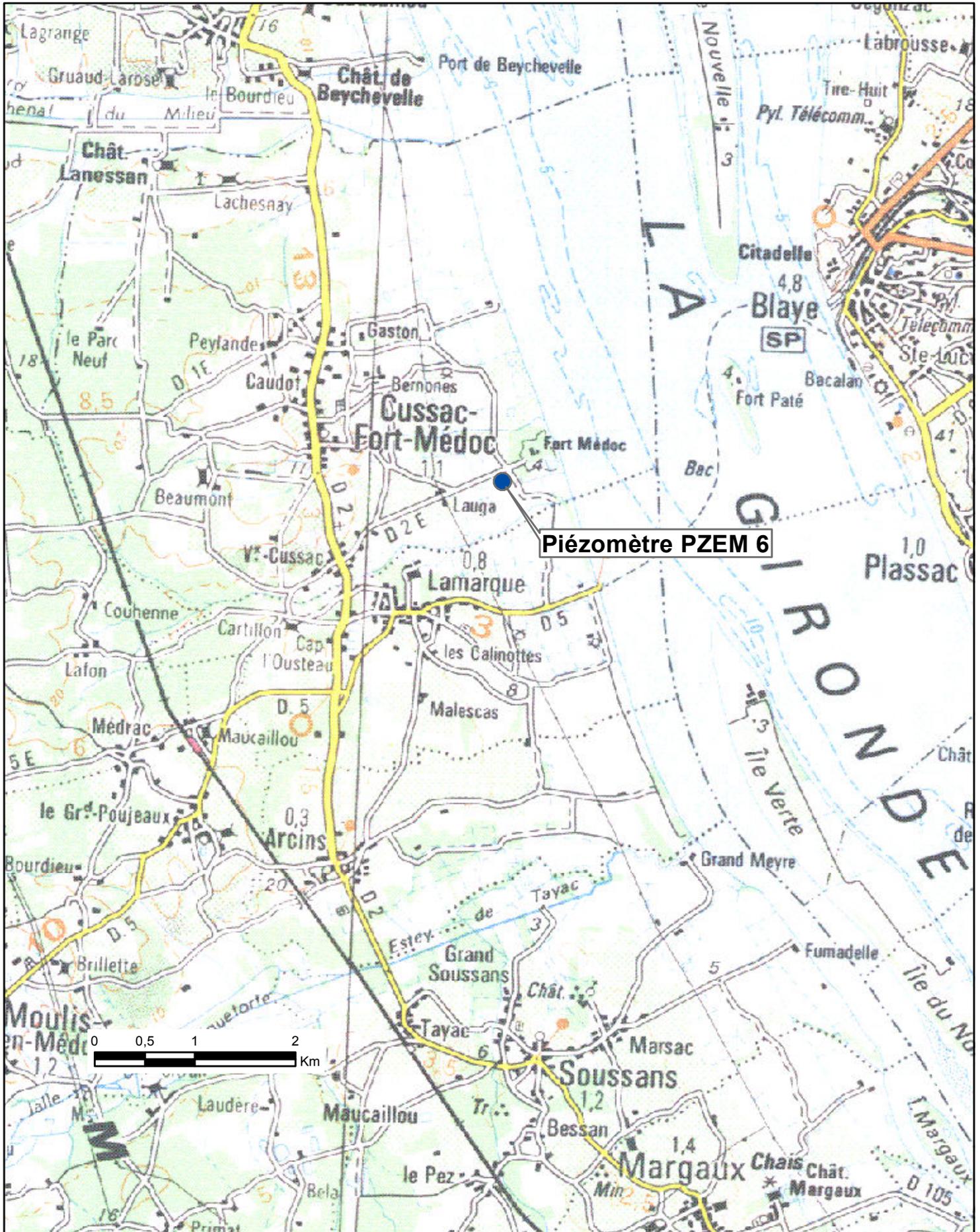
Le niveau de la nappe des grès et sables est suivi en continu depuis la fin de la phase de test en septembre 1999. Le niveau de la nappe des calcaires éocènes a été suivi de façon manuelle pendant cette phase. Il avait ainsi été constaté que le niveau piézométrique la nappe des calcaires était étonnamment stable par rapport à la marée, fluctuant autour de la valeur moyenne de +2,00 m NGF. Ce niveau semblait légèrement plus élevé entre les mois de janvier et de juin (+2,07 m NGF) et plus bas entre les mois de juillet à fin décembre (+1,90 m NGF) : le niveau du plan d'eau de l'estuaire à marée haute semblait supérieur à celui de la nappe des calcaires lors des marées moyennes et des marées de vives-eaux et ce, pendant toute l'année.

Malheureusement lors de la grande tempête de fin décembre 1999, la base de l'ouvrage a été entièrement recouverte par l'inondation du fleuve et le massif de graviers de l'espace annulaire (captant le réservoir calcaire) a été envahi par des eaux très chargés en MES. Comme il était impossible de nettoyer cette partie de l'ouvrage et que les différences piézométriques devaient être confirmées, la décision a été prise de compléter le site de surveillance par un second sondage réalisé dans le cadre de ce projet.

#### **4.1.1 Localisation**

Le site est éloigné de 2,5 km environ du plus proche forage exploité dans cette nappe (Lamarque - 779-1-135). Ce piézomètre PZEM 6 est situé à moins de 2 m du PZEM 5, sur le même socle en béton et donc à la même altitude (nivelée par un géomètre, rattachée au réseau NGF).

Il a donc été réalisé sur la parcelle communale référencée 7, section ZR du plan cadastral et afin d'assurer une pérennité de sa mission de surveillance, un avenant de la convention de 1999 a été passé entre la municipalité et le BRGM (cf. annexe 1).



**Fig.19 : Situation du piézomètre PZEM 6 de Fort-Médoc  
(commune de Cussac-Fort-Médoc)  
(Données présentées sur fond IGN : SCAN 100 IGN 1999)**



### 4.1.3 Interprétation géologique

Le suivi géologique par observation des déblais tous les mètres a permis de dresser la coupe géologique suivante, dont l'établissement et l'interprétation ont été étayés par l'examen de la diagraphie gamma-ray (fig. 20)

#### Quaternaire (10,10 m d'épaisseur)

0 à 3,0 m :	Argile brune compacte
3 à 4,5 m :	Tourbe noire
4,5 à 8,8 m :	Argile gris-bleu
8,8 à 10,1 m :	Graviers à matrice argileuse puis graviers peu argileux à petits galets

#### Eocène moyen (> 14 m d'épaisseur)

10,1 à 22,0 m :	<i>Membre 8</i> – Alternance de calcaires bioclastiques granulaires (packstone à grainstone) à nombreux grands foraminifères ( <i>Alveolina elongata</i> , <i>Orbitolites complanatus</i> , operculines, discocyclines) et milioles,
11,5 à 14,5 m :	<i>Membre 8</i> – Alternance de marnes grises et de niveaux de calcaires bioclastiques gréseux .
14,5 à 16,2 m :	<i>Membre 8</i> – Calcaires tendres très bioclastiques à bryozoaires bivalves et milioles - <b>Zone de pertes partielles</b>
16,2 à 19,5 m :	<i>Membre 8</i> - Marnes silteuses surmontant un calcaire beige plus ou moins marneux
19,5 à 24,0 m :	<i>Membre 8</i> - Calcaires grainstones très bioclastiques beiges à bruns à <i>Alveolina</i> , <i>Orbitolites</i> et milioles abondantes, avec un niveau de marnes silteuses vers 21 m. <b>Zone de pertes totales.</b>

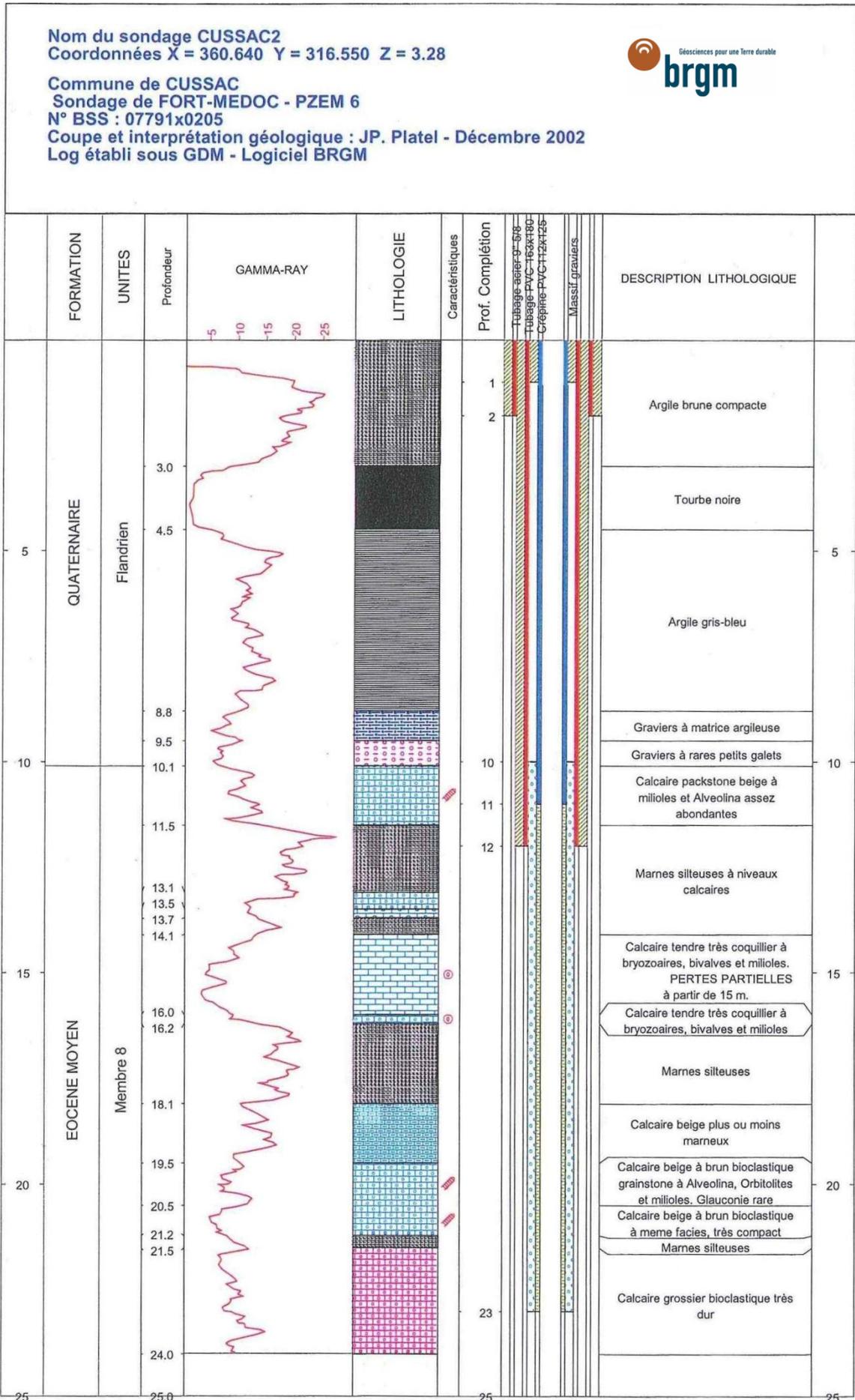


Fig. 20 - Coupe géologique et technique du piézomètre PZEM 6 de Cussac

#### **4.1.4 Complétion-Equipement**

L'ensemble du piézomètre est équipé, comme les cinq précédents piézomètres du réseau, de façon mixte par une alternance de crépine PVC de 4" environ (115 /125 mm), avec des fentes horizontales au laser de slot 0,75 mm, et de tubes lisses de mêmes diamètre et épaisseur devant les assises argileuses (fig. 20). Les profondeurs des éléments sont :

+0,90 à 11,00 m :	tube lisse
11,00 à 23,00 m :	crépine
23,00 à 24,00 m :	tube lisse de décantation

Un massif de graviers siliceux SIFRACO de granulométrie 1/2,5 mm a été mis en place depuis le fond jusqu'à 10 m du sol. En surface, l'espace est obturé par un anneau de ciment de 100 cm pour prévenir toute pollution lors de grande inondation.

#### **4.1.5 Essai de débit**

Un essai de débit a été effectué dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac afin de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques indicatives de la nappe contenue dans les calcaires de l'Eocène moyen.

L'essai de débit a été réalisé le 21 mars 2003 au cours d'un pompage de 2,5 heures, avec une pompe immergée dont le débit nominal est de 3 m<sup>3</sup>/h. Le niveau piézométrique a été suivi à la descente et à la remontée ; cette dernière ayant été perturbée par l'effet de la marée, seules les mesures en pompage ont été exploitées.

Au début de l'essai, le niveau piézométrique initial de la nappe des calcaires se situait à -2.17 m par rapport au sommet du tube PVC (repère). Le rabattement de la nappe, observé après 2,5 heures de pompage, était de 0,34 m (légèrement perturbé par la marée montante - fig. 21). L'interprétation des mesures réalisées en pompage a permis de calculer la transmissivité (T) de l'aquifère à l'aide de la formule de Jacob, soit  $T = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . La perméabilité, obtenue en divisant la transmissivité par l'épaisseur d'aquifère captée (12 m) est évaluée à  $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ .

La transmissivité est environ deux fois supérieure à celle observée dans le PZEM 5 qui capte la nappe contenue dans l'Eocène moyen détritique ( $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  contre  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ). Ce rapport passe à sept si on considère la perméabilité. Cette bonne productivité de la partie supérieure de l'Eocène moyen s'explique par une fracturation importante des calcaires ; les pertes totales de boues observées au moment de la foration des deux piézomètres PZEM 5 et 6 en attestent.

Durant le pompage d'essai dans le PZEM 6, le niveau piézométrique du PZEM 5 a été mesuré régulièrement afin de voir l'impact éventuel sur celui-ci. Aucune interaction entre les deux ouvrages n'a été observée confirmant bien une individualisation des deux aquifères.

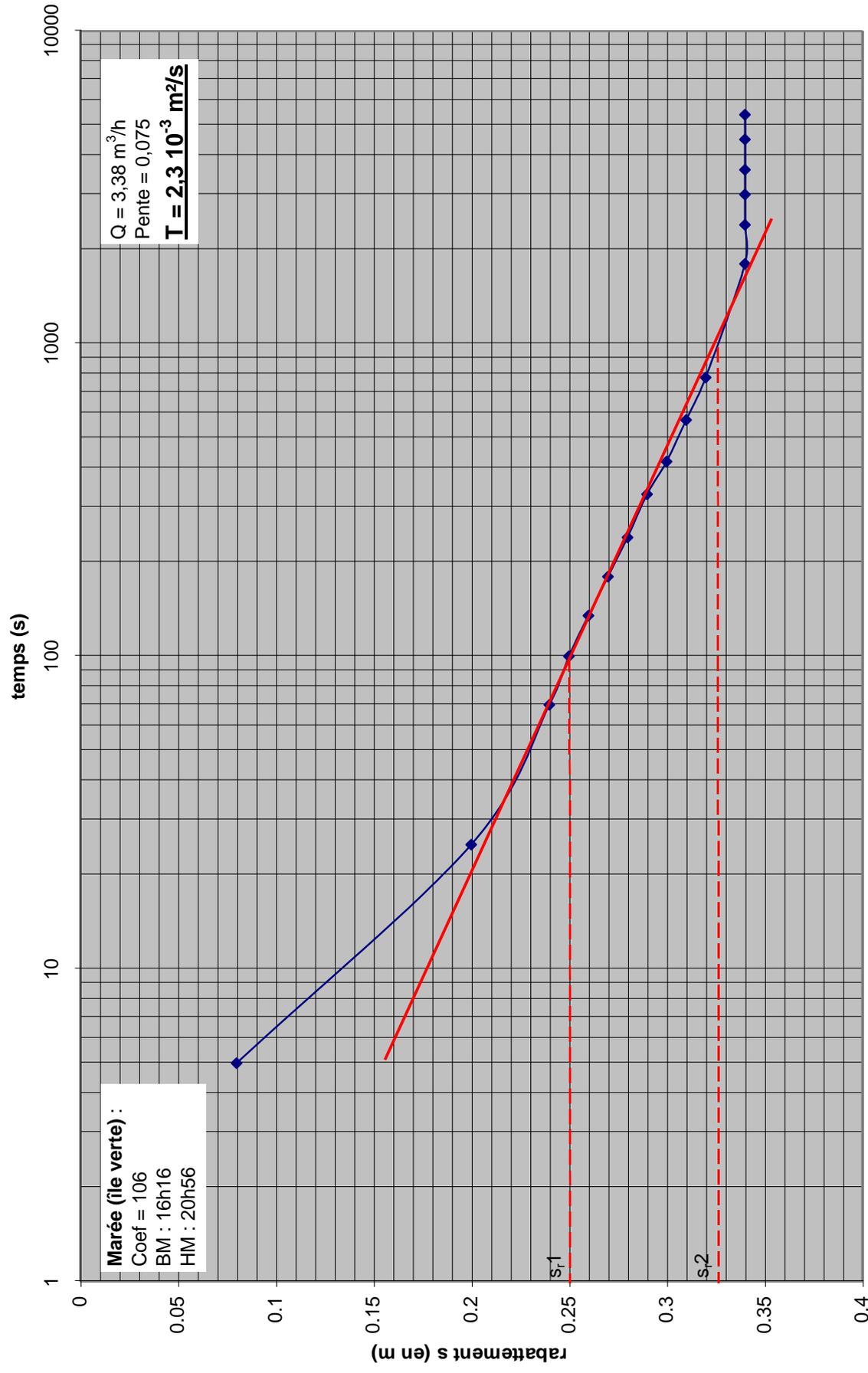


Fig. 21 : Graphique d'évolution du niveau d'eau lors du pompage d'essai réalisé sur le piézomètre PZEM 6 de Cussac  
 mesures réalisées le 21/03/03 de 17h19 à 19h49  
 droite représentative de la descente

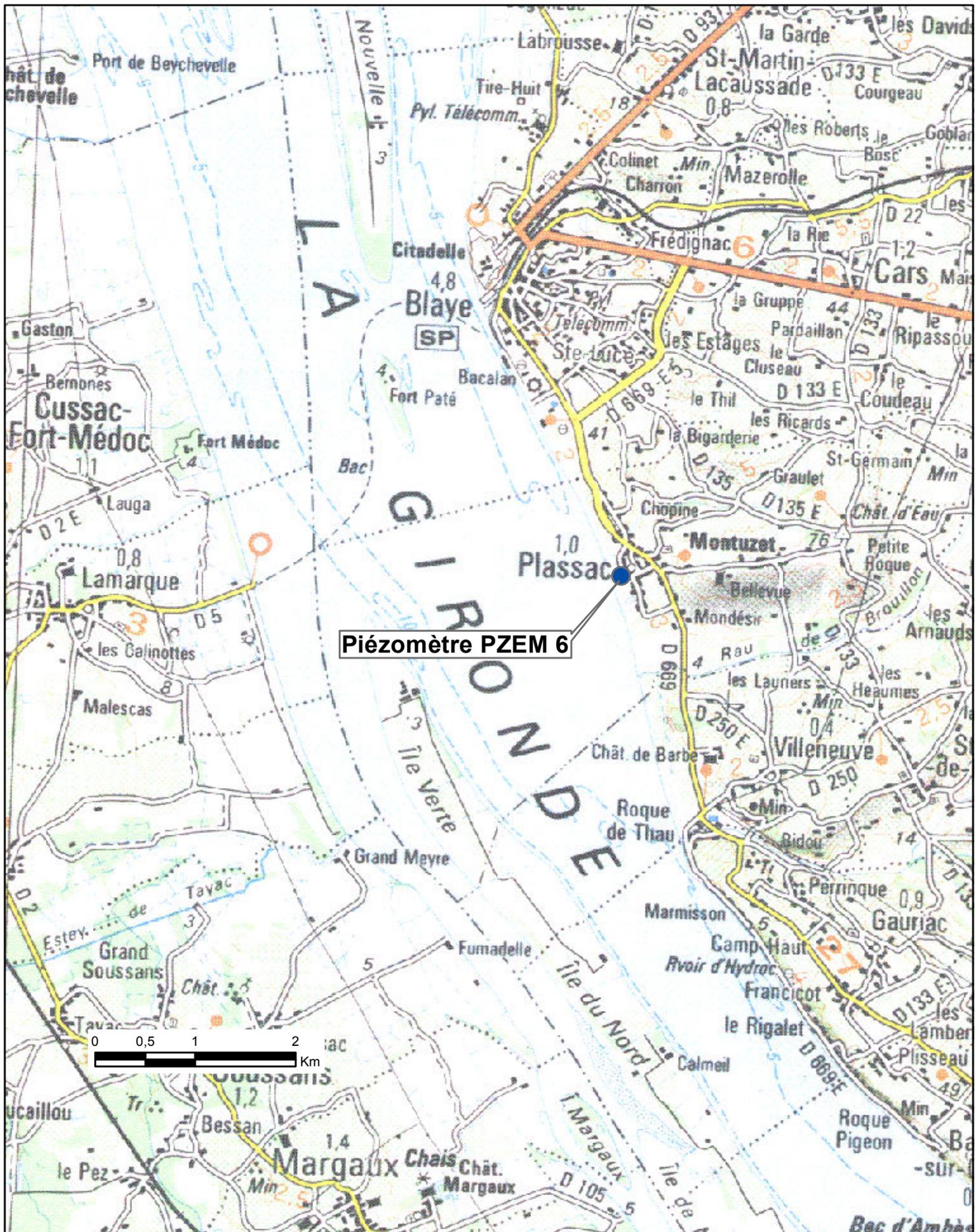
#### **4.1.6 Qualité chimique de l'eau**

Une analyse chimique de l'eau prélevée en fin d'essai de productivité révèle une teneur en NaCl de **0,27 g/l** pour un résidu sec total de 0,87 g/l. La conductivité électrique de cette eau, mesurée in situ, est de **1200 µS/cm**. Ces valeurs sont supérieures à celles du sondage PZEM 5 de Cussac, qui capte le réservoir grésosableux, qui sont respectivement de 0,05 g/l et de 510 µS/cm.

Le faciès hydrochimique des eaux est de type bicarbonaté calci-sodique, tout comme dans le piézomètre PZEM 5, avec néanmoins une minéralisation plus forte. Ce type de faciès est caractéristique d'une eau de pluie ayant circulé au contact des formations calcaires éocènes. Néanmoins, les teneurs en chlorures et sodium mettent en évidence un contact avec des eaux salées.

La plupart des éléments chimiques présente des teneurs inférieures aux normes de potabilité, à l'exception des teneurs en calcium, ammonium, fer et manganèse. Des commentaires sur les caractéristiques chimiques de l'eau sont faits au chapitre 6 : *Surveillance hydrochimique de la qualité des eaux de la nappe éocène en rive médocaine*.





**Fig.22 : Situation du piézomètre PZEM 7 du terrain de boules (commune de Plassac)**  
(Données présentées sur fond IGN : SCAN 100 IGN 1999)

annulaire depuis le fond jusqu'à -20,0 m de la surface ; en surface, cet espace est obturé par un anneau de ciment de 100 cm pour prévenir toute pollution lors de grande inondation.

- Un essai de débit de 2 heures a suivi une phase de développement à la pompe pendant 2 heures.
- Un busage en béton de diamètre extérieur 0,8 m, haut de 1 m, posé sur le socle en béton et fermé par un couvercle béton avec trappe de visite cadénassée, assure la sécurité du sondage et de l'enregistreur.

#### **4.2.3 Interprétation géologique**

Le suivi géologique par observation des déblais tous les mètres a permis de dresser la coupe géologique suivante, dont l'établissement et l'interprétation ont été étayés par l'examen de la diagraphie gamma-ray (fig. 23)

##### **Quaternaire** (11 m d'épaisseur)

- 0 à 7,0 m : Argile brune, puis noirâtre compacte à Scrobiculaires
- 4,5 à 8,8 m : Argile gris-bleu plus ou moins silteuse micacée

##### **Eocène moyen** (> 46 m d'épaisseur)

- 11,0 à 13,4 m : *Membre 11* – Sable argileux verdâtre
- 13,4 à 21,8 m : *Membre 10* – Calcaire gréseux à miliolites alternant avec niveaux de microconglomérats, surmontant une alternance de grès fins plus ou moins sableux.
- 21,8 à 28,1 m : *Membre 10* – Alternance de marnes vertes et de calcaires argileux à *Alveolina elongata* abondantes, bryozoaires et bivalves.
- 28,1 à 38,3 m : *Membre 9* - Alternance de calcaires gréseux bioclastiques granulaires (packstone à grainstone) à nombreux foraminifères (*Orbitolites complanatus* et miliolites, surmontant des calcaires gréseux puis une assise de sable grossier à la base.
- 38,3 à 51,3 m : *Membre 8* - Calcaire grainstone plus ou moins gréseux et calcaire dur wackestone blanc glauconieux à niveau de marnes silteuses avec rotaliformes à la base.
- 51,3 à 57,0 m : *Membre 7* - Calcaires wackestone gréseux et grès calcaires à intraclastes noirs, à *Alveolina*, *Orbitolites* et miliolites très abondantes.

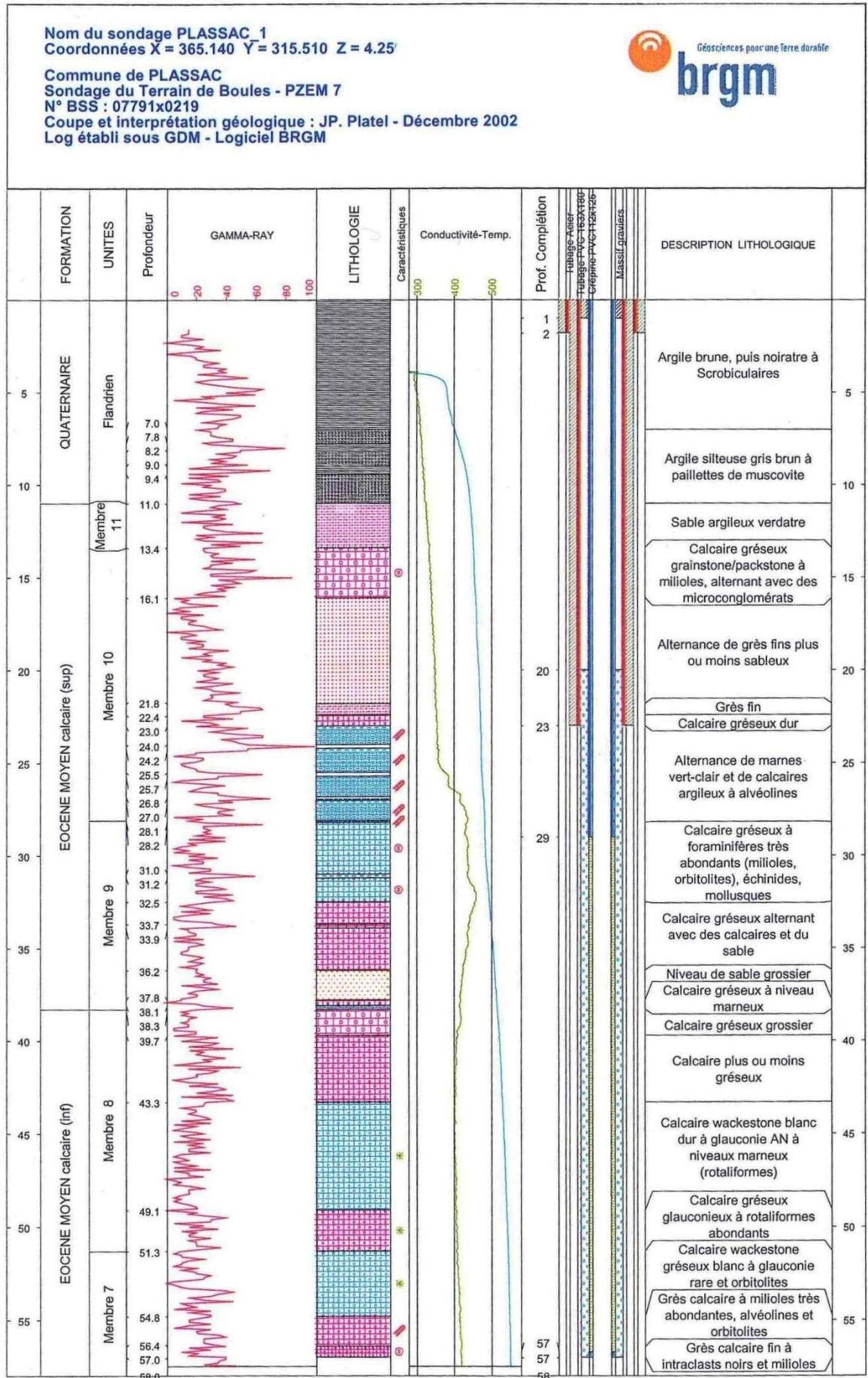


Fig. 23 - Coupe géologique et technique du piézomètre PZEM 7 de Plassac

#### **4.2.4 Complétion-Equipement**

L'ensemble du piézomètre est équipé, comme les autres piézomètres du réseau, de façon mixte par une alternance de crépine PVC de 4" environ (115 /125 mm) à raccords vissés, avec des fentes horizontales au laser de slot 0,75 mm, et de tubes lisses de mêmes diamètre et épaisseur devant les assises argileuses (fig. 23). Les profondeurs des éléments sont :

+1,17 à 29,00 m :	tube lisse
29,00 à 57,00 m :	crépine
57,00 à 57,5,00 m :	tube lisse de décantation

Un massif de graviers siliceux SIFRACO de granulométrie 1/2,5 mm a été mis en place depuis le fond jusqu'à 20 m du sol. En surface, l'espace est obturé par un anneau de ciment de 100 cm pour prévenir toute pollution lors de grande inondation.

#### **4.2.5 Essai de débit**

L'essai de débit a été réalisé le 24 février 2003 au cours d'un pompage de 2 heures, avec une pompe immergée dont le débit nominal est de 3 m<sup>3</sup>/h. Le niveau piézométrique a été suivi à la descente et à la remontée (après arrêt de la pompe). L'interprétation du pompage d'essai a été effectuée à partir de la courbe de remontée afin de s'affranchir des pertes de charges liées au pompage.

Au début de l'essai, le niveau piézométrique initial de la nappe des calcaires se situait à -2,00 m par rapport au sommet du tube PVC (repère). Le rabattement de la nappe, observé après 2 heures de pompage, était de 4,45 m (fig. 24). La transmissivité (T) de l'aquifère, obtenue à l'aide de la formule de Jacob, est évaluée à  $3,5 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, ce qui correspond à une perméabilité de  $1,25 \cdot 10^{-5}$  m/s (l'épaisseur captée est de 28 m).

Ce secteur apparaît moins productif que celui de Cussac en ce qui concerne l'Eocène moyen calcaire. La perméabilité est en effet 15 fois plus faible que celle observée pour le PZEM6 alors que les deux ouvrages ne sont distants que de 5 kilomètres.

Durant le pompage d'essai dans le PZEM 7, le niveau piézométrique du forage communal de Plassac (07791X0002), situé à une centaine de mètres de celui-ci, a été mesuré en continu à l'aide d'un enregistreur de niveau. Aucune variation de niveau, autre que celle liée à la marée, n'a été observée.

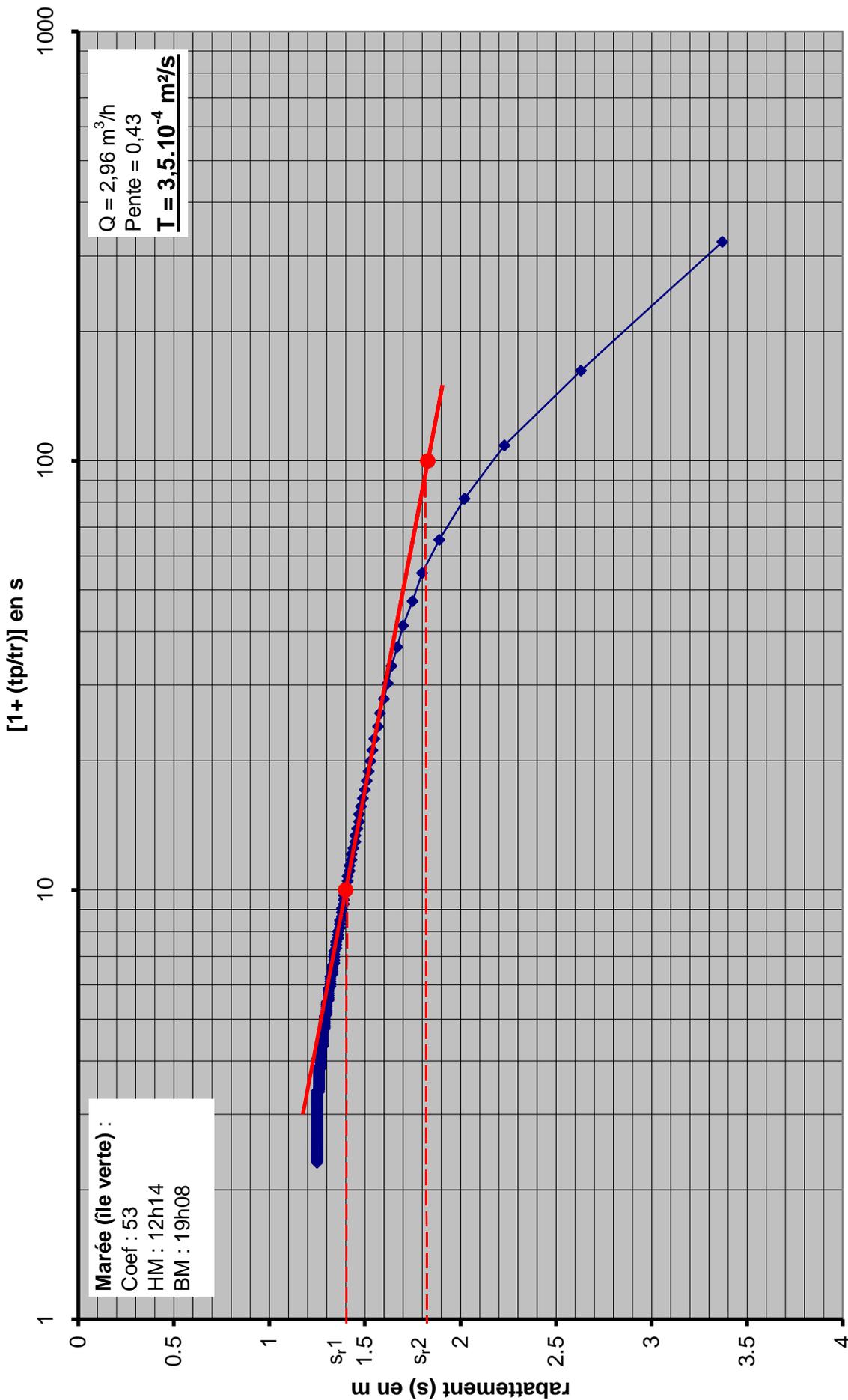


Fig. 24 : Graphique d'évolution du niveau d'eau lors du pompage d'essai réalisé sur le piézomètre PZEM 7 de Plassac -  
 mesures réalisées le 24/02/03 de 17h05 à 18h26  
 droite représentative de la remontée

#### **4.2.6 Qualité chimique de l'eau**

Une analyse chimique de l'eau prélevée à la fin de l'essai de productivité montre une teneur en NaCl de **0,03 g/l** pour un résidu sec total de 0,32 g/l. La conductivité électrique de cette eau, mesurée in situ, est de **390 µS/cm**. Le faciès hydrochimique des eaux est de type bicarbonaté calcique.

La plupart des éléments chimiques présente des teneurs très inférieures aux normes de potabilité, mis à part les teneurs en fer et manganèse. Le faciès des eaux et la faible minéralisation de celles-ci prouvent qu'il s'agit d'eaux de pluie ayant circulé au contact des formations carbonatées éocènes. Les teneurs en chlorures (de l'ordre de 20 mg/l) sont voisines de celles mesurées dans les eaux de pluie de la zone de recharge (Schnebelen *et al.*, 2000).

Des commentaires sur les caractéristiques de l'eau sont faits chapitre 6 - *Surveillance hydrochimique de la qualité des eaux de la nappe éocène en rive médocaine*.

#### **4.3. FORAGE COMMUNAL DE PLASSAC (07791X0002)**

Afin de limiter le coût de réalisation du doublet de piézomètres de Plassac, la récupération d'un ouvrage profond inexploité, captant la partie détritique de l'Eocène moyen, a été envisagée.

Après analyse des coupes géologiques et techniques de plusieurs forages non exploités, le forage communal destiné à l'AEP de Plassac a été retenu. Cet ouvrage, situé à une centaine de mètres du piézomètre PZEM7, a une profondeur de 89 m et ne capte que la partie détritique de l'Eocène moyen (Fig. 25). Etant inexploité depuis plusieurs dizaines d'années, une inspection de l'ouvrage par caméra vidéo a été décidée afin de s'assurer de sa représentativité et du bon état du tubage.

Le BRGM a confié au bureau d'études ANTEA la réalisation du diagnostic de l'ouvrage. L'inspection a été réalisée les 18 et 20 décembre 2002 par l'atelier de la société ANTEA. La première intervention a été effectuée en statique et la seconde en pompage afin de tenter d'éclaircir les eaux et améliorer les résultats de la caméra.

Les observations sont consignées sur le compte rendu d'inspection en annexe 3. Il en ressort les principaux points suivants :

- l'ouvrage est globalement en mauvais état. La chambre de pompage, pour sa partie visible, est en très mauvais état (Fig. 26), avec une importante corrosion et des perforations du tubage sont suspectées. L'ouvrage est comblé par un dépôt non identifié à partir de 54 m de profondeur, soit sur plus de 30 m.
- par ailleurs, l'inspection de la colonne captante n'a pas été possible, l'eau étant trop chargée en particules en suspension, probablement en raison du comblement (mobilisation des matériaux par l'eau produite).

Compte tenu de ces observations, il ressort que l'ouvrage ne peut être considéré comme représentatif. Une réhabilitation n'étant pas envisageable compte tenu du coût, le forage n'a pas été retenu par le BRGM pour doubler le PZEM 7. Il a cependant été équipé d'un enregistreur de pression fin février 2003 pour connaître les variations de niveaux d'eau. Ces dernières ont pu être comparées à celles relevées dans le PZEM 7 (cf. 5.3 – Suivi piézométrique des forages de Plassac).

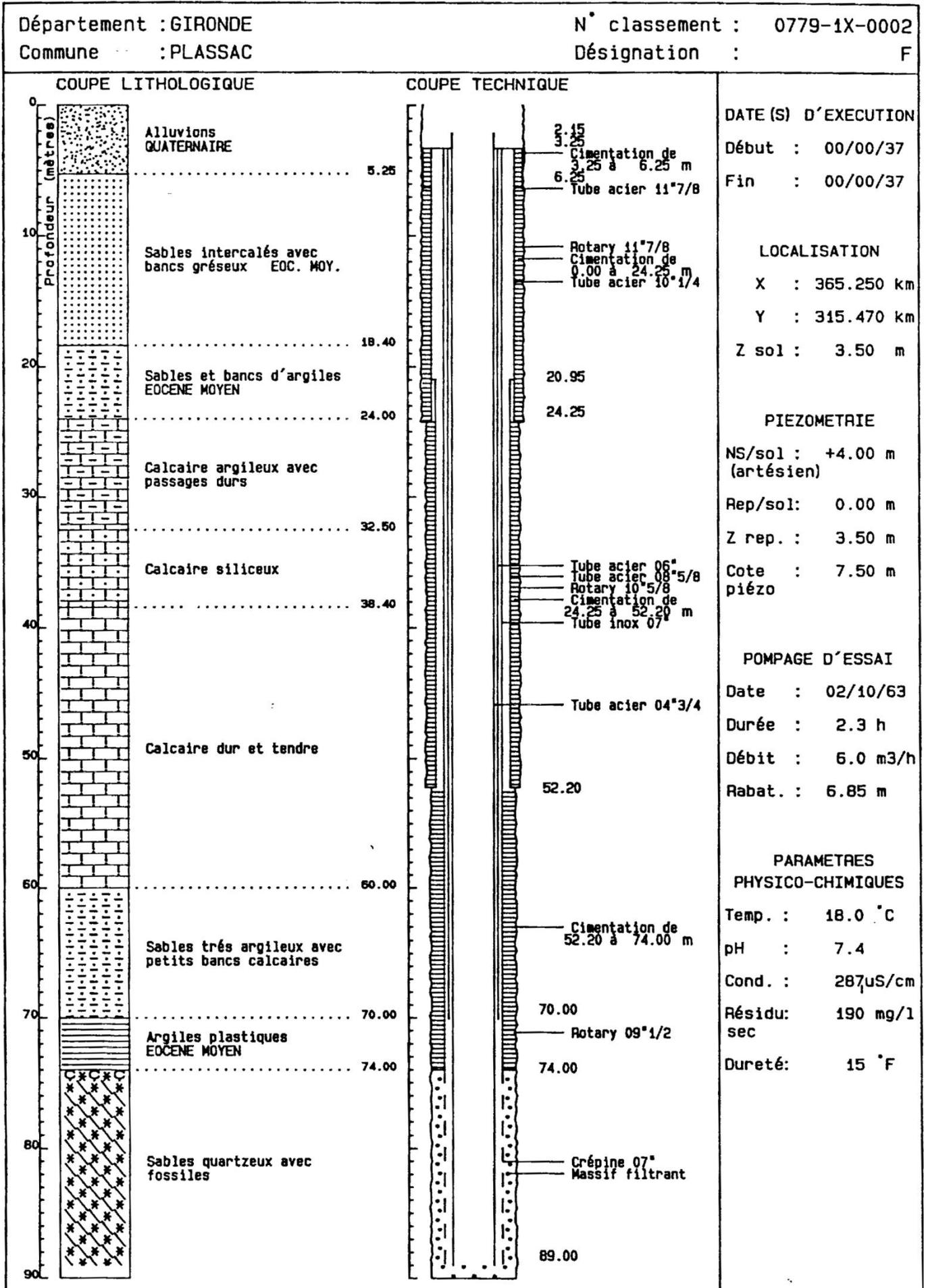
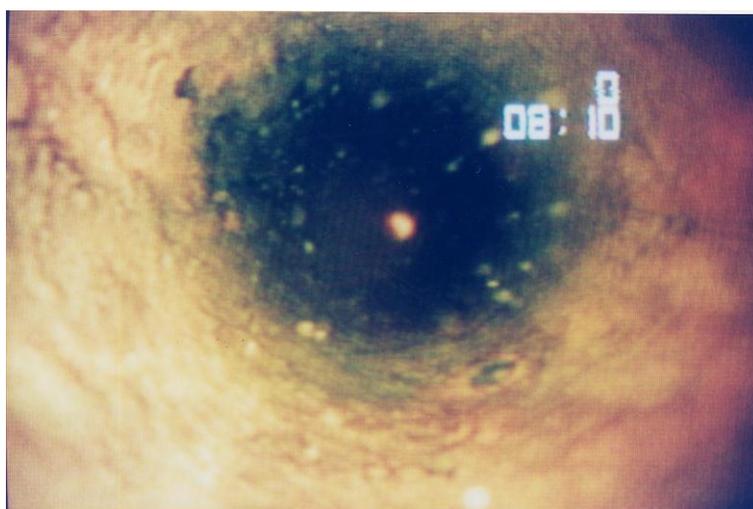
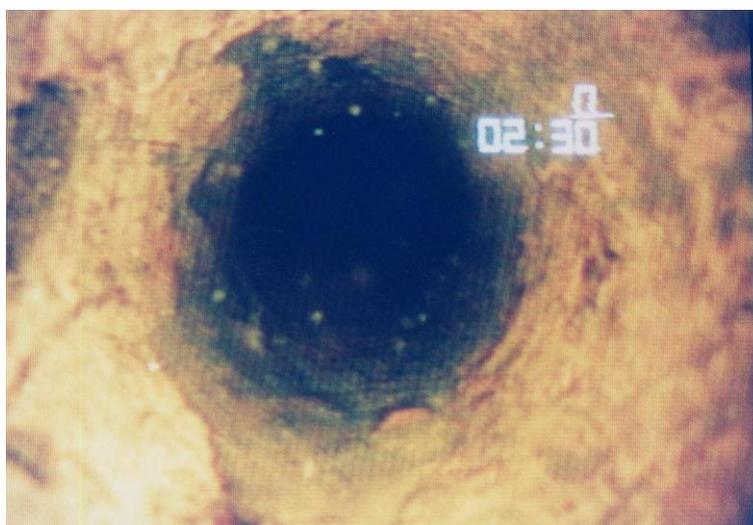


Fig. 25 : Coupe géologique et technique de l'ancien forage AEP de Plassac



**Fig. 26 : Exemples de l'état du tube intérieur de l'ancien forage AEP de Plassac (07791X0002)**

## **5. Surveillance de la pression de la nappe éocène en rive médocaine et dans le secteur de la crête**

Le réseau de surveillance piézométrique de l'Eocène moyen dans le secteur estuarien de la Gironde est composé de 7 piézomètres. 5 d'entre eux (PZEM 1 à PZEM 5) ont été réalisés lors de l'opération sectorielle "relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène" du précédent contrat de plan Etat-Région. Les deux autres (PZEM 6 et PZEM 7) ont été réalisés cette année pour permettre de caractériser la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde.

Deux ouvrages supplémentaires sont actuellement suivi de manière temporaire et viennent renforcé le dispositif en attendant la création de nouveaux doublets. Il s'agit du forage communal de Plassac (07791X0002 temporairement appelé "PZEM X") et du forage TPB (Terminal Pétrolier de Bordeaux) d'Ambès.

Tous les ouvrages sont équipés d'enregistreurs de pression en continu de type Madofil (matériel Iris Instruments). les 5 piézomètres du réseau d'alerte de l'estuaire (PZEM 1 à 5) sont équipés en plus de modems GSM permettant une interrogation à distance. Les enregistrements ont lieu toutes les 62 minutes et sont régulièrement recalés sur la marée haute pour rester en phase avec la marée. Des mesures de contrôle manuelles sont effectuées sur tous les ouvrages chaque mois.

Tous les repères de mesures ont fait l'objet d'un nivellement permettant d'avoir toutes les mesures dans un même repère pour pouvoir les comparer les unes par rapport aux autres.

L'enregistrement brut est traité selon la méthodologie déjà exposée dans les rapports BRGM R 40113 et R 40729. Ceci permet d'isoler le signal de la marée haute et de la marée basse pour chaque marée et ainsi rendre les courbes piézométriques plus lisibles.

Pour toutes les figures exposées dans ce chapitre, les niveaux piézométriques de la nappe de l'Eocène moyen à marée haute, après correction des marées et exprimés en cote NGF, sont à comparer avec les niveaux du plan d'eau de l'estuaire à marée haute. De même, les niveaux piézométriques de la nappe Eocène à marée basse sont à comparer avec les niveaux du plan d'eau de l'estuaire à marée basse.

### **5.1. SUIVI PIEZOMETRIQUE DES OUVRAGES EN RIVE MEDOCAINE**

Les chroniques piézométriques des piézomètres PZEM 1 à 4 ont fait l'objet d'une description détaillée jusque fin 2001 dans le rapport BRGM/RP-51177-FR. Il en ressort que pour les 4 ouvrages le niveau piézométrique moyen est stable sur la période de mesures (Fig. 27, 28, 29 et 30). Les fluctuations saisonnières sont toutefois bien marquées avec des basses eaux de juillet à octobre et des hautes eaux qui s'étalent généralement de novembre à juin. La différence de niveau observée entre les hautes et basses eaux est variable selon les ouvrages et les années. Elle est de 0,5 à 1 m pour les PZEM 1 et 2, et de 1 à 1,5 m pour les PZEM 3 et 4.

L'hiver 2000-2001, particulièrement pluvieux, a été marqué par des hautes eaux plus importantes, de 0,2 à 0,5 m suivant les ouvrages, qu'habituellement. Sur tous les

piézomètres, on constate que la recharge hivernale 2001-2002 a été un peu plus faible que les années antérieures. En revanche la recharge 2002-2003 a été tout à fait normale mais le manque de précipitations printanières s'est traduit par des prélèvements plus conséquents, notamment dans les secteurs de St-Yzans et St-Estèphe, induisant une amorce plus précoce de la baisse des niveaux piézométriques.

Pour les piézomètres PZEM 1, 2 et 3, à marée basse, le niveau des eaux de l'estuaire est inférieur de 1 à 2 m à celui de la nappe de l'Eocène moyen. Pour le PZEM 4, des inversions de charge peuvent se produire à l'étiage de la nappe pendant les marées de vives-eaux.

A marée haute, le niveau du plan d'eau de l'estuaire est presque systématiquement au dessus du niveau de la nappe. Cette situation est plus nuancée pour les PZEM 3 et 4, situés plus au sud, pour lesquels seules les basses eaux constituent des périodes longues où le niveau de la nappe est inférieur à celui des eaux de l'estuaire.

Concernant les fluctuations de niveaux d'eau entre les marées basses et hautes, elles sont de l'ordre de 0,5 m pour les PZEM 1 et 2, de quelques centimètres pour le PZEM 3, et de 1 m pour le PZEM 4. Le piézomètre de St-Yzans est le plus éloigné (1000 m) de la rive gauche de l'estuaire, ce qui explique qu'il soit moins influencé par la marée. Inversement, le piézomètre de Saint Estèphe n'est qu'à 200 mètres de la rive.

## **5.2. SUIVI PIEZOMETRIQUE DU DOUBLET DE PIEZOMETRES DE CUSSAC**

Le **piézomètre PZEM 5** de Cussac a été réalisé en 1999 pour surveiller d'une part le niveau de la nappe de l'Eocène moyen détritique dans le secteur du « bourrelet » piézométrique qui sépare la dépression piézométrique sous Bordeaux de la partie aval de la nappe, et d'autre part les risques d'invasion saline depuis l'estuaire. L'enregistreur en place depuis juin 1999 montre que l'ouvrage est artésien (*sensu stricto*) à marée haute, sauf en période d'étiage marqué de la nappe comme en été 1999 (Fig. 31).

Le niveau piézométrique moyen de la nappe en hautes eaux (+3,5 NGF) est relativement constant depuis 1999 mis à part en 2001 où il a atteint +4 NGF. Cette augmentation est à mettre en relation avec les précipitations importantes lors de l'hiver 2000-2001 qui ont généré des surcotes du plan d'eau de l'estuaire sur de longues périodes. La marée représentée sur le graphique étant la marée théorique, elle sous-estime donc la cote du plan d'eau, car elle ne tient pas compte des augmentations du débit de la Gironde et des dépressions barométriques.

A marée basse, le niveau des eaux de l'estuaire est toujours inférieur à celui de la nappe des grès et sables. C'est également le cas à marée haute sauf en période d'étiage sévère de la nappe (juillet à septembre) lors des très forts coefficients. Durant cette période, des inversions de gradients hydrauliques peuvent se produire ; l'estuaire se trouvant en charge par rapport à la nappe.

Le **piézomètre PZEM 6** a été réalisé en décembre 2003 pour surveiller la nappe de l'Eocène moyen calcaire. Le niveau d'eau observé dès la réalisation de l'ouvrage se situait à +2,3 NGF soit environ 1,5 m plus bas que le PZEM 5 à marée haute. Depuis, le niveau d'eau baisse régulièrement et a atteint +1,5 NGF en juillet 2003 soit une

baisse 0,8 m en 6 mois. Par ailleurs, l'amplitude des variations entre marée haute et marée basse est beaucoup plus faible (environ 0,1m) que dans la partie détritique.

Au moment de la création de l'ouvrage, le plan d'eau de l'estuaire à marée haute était supérieur à celui de la nappe des calcaires lors des marées moyennes et des marées de vives-eaux. La surcharge du plan d'eau de l'estuaire devient systématique à marée haute depuis que le niveau piézométrique de la nappe a baissé.

Compte tenu de l'historique restreint dont on dispose sur le PZEM 6, il est difficile de caractériser cette baisse du niveau piézométrique. Un suivi plus long permettra sans doute de mieux caractériser le phénomène.

### **5.3. SUIVI PIEZOMETRIQUE DES FORAGES DE PLASSAC**

Le **PZEM 7** de Plassac est le second ouvrage, après le PZEM 6 de Cussac, qui a été réalisé pour surveiller la nappe de l'Eocène moyen calcaire. Le niveau piézométrique moyen de la nappe sur la période de mesure se situe à environ +3 NGF (Fig. 32). La baisse du niveau début juin 2003 marque l'amorce de l'étiage de la nappe. L'ouvrage se trouvant à 50 m de la rive droite de l'estuaire, l'amplitude des variations piézométriques de la nappe au cours de la marée est importante, supérieure à 1 m.

A marée basse comme à marée haute, le niveau des eaux de l'estuaire est toujours inférieur à celui de la nappe des calcaires, ce qui caractérise bien son état au droit de la crête de la nappe. Toutefois la différence est nette avec le piézomètre PZEM 6 de Cussac pourtant situé à moins de 5 km en rive gauche de l'estuaire.

Le niveau piézométrique moyen dans le vieux forage de Plassac (07791x0002 - momentanément dénommé "**PZEM X**"), qui capterait théoriquement la seule nappe de l'Eocène moyen détritique, est à +3,2 NGF ce qui le situe légèrement au dessus de celui du PZEM 7. Bien que l'évolution du niveau piézométrique dans les deux ouvrages soit très similaire, l'amplitude des variations entre les marées hautes et basses est beaucoup plus faible (0,1 m) dans le "PZEM X". Cette différence peut difficilement s'expliquer seulement par un éloignement plus grand par rapport à l'estuaire.

Compte tenu des résultats de l'inspection vidéo réalisée en décembre 2002 sur le "PZEM X", indiquant des perforations probables du tubage en plusieurs endroits et un colmatage du fond de l'ouvrage sur près de 30 m, il est peu probable que la piézométrie mesurée entre février et juillet 2003 soit uniquement représentative des niveaux dans l'Eocène moyen détritique. Le signal mesuré correspondrait plutôt à la nappe du Plio-quatenaire car l'amplitude des variations et la profondeur de la nappe par rapport au sol coïncident avec des observations réalisées sur des puits du secteur.

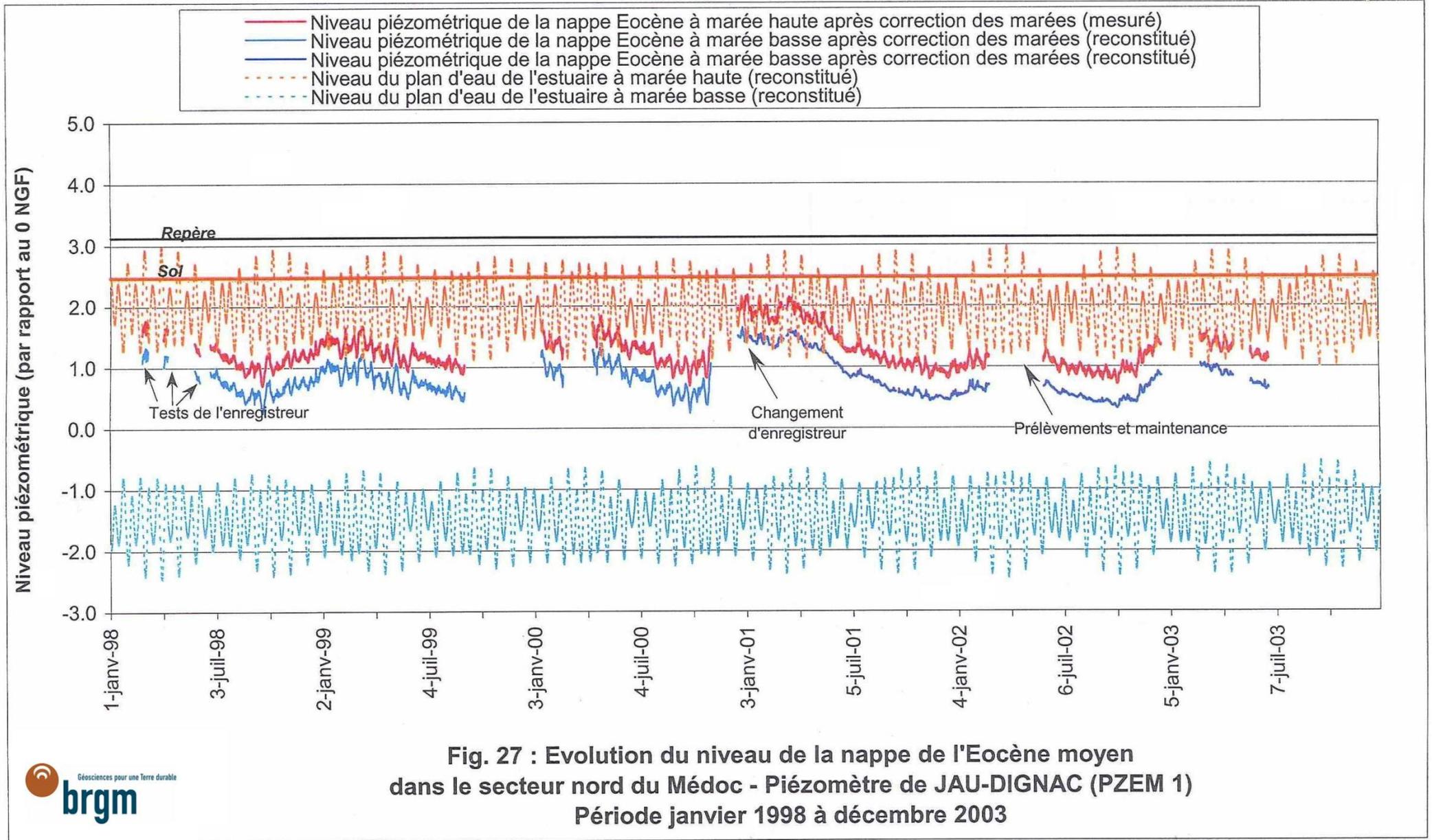
### **5.4. SUIVI PIEZOMETRIQUE DU FORAGE TPB D'AMBES (07796X0021)**

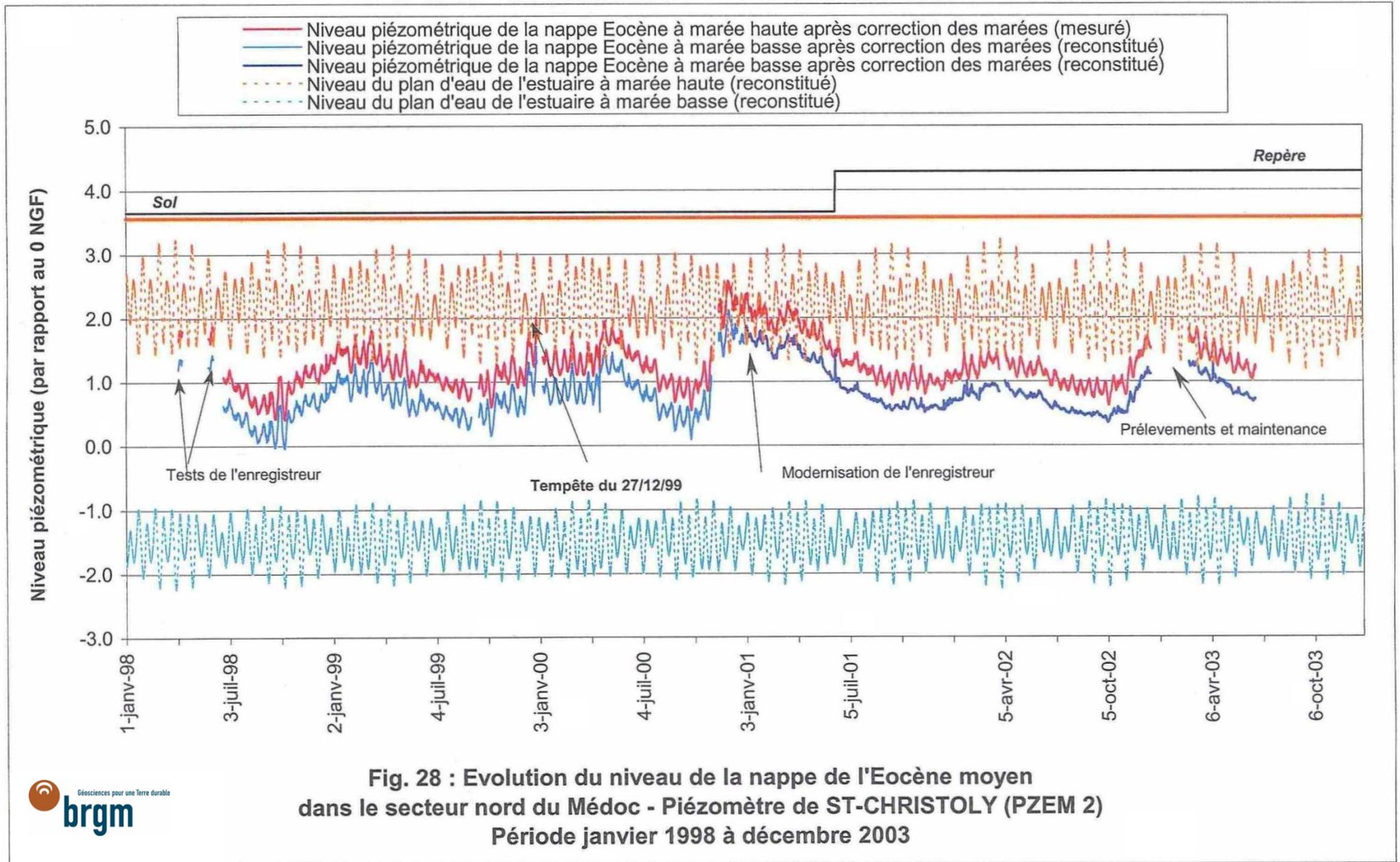
Ce forage TPB d'Ambès, qui capte la nappe de l'Eocène moyen détritique, a été équipé d'un capteur de pression en octobre 2002 afin d'anticiper la création d'un doublet piézométrique dans le secteur. Le but était de faire un état initial de la piézométrie avant l'arrêt des pompages dans l'Eocène moyen sur la presque île

d'Ambès, les industriels devant se raccorder sur le réseau collectif prévu en substitution.

Les mesures ont été stoppées en mars 2003 car l'ouvrage a été rebouché dans les règles de l'art suite à l'arrêté préfectoral obligeant l'industriel à condamner ses forages non réhabilités. Le BRGM est actuellement en discussion avec la direction de TPB pour équiper un autre forage de la société, dans le même réservoir.

Le niveau piézométrique moyen oscille autour de +0,5 NGF sur la période de mesure (Fig. 33). L'amplitude des variations entre marée haute et basse est d'environ 1 m. Le niveau piézométrique de la nappe est toujours supérieur à la cote du plan d'eau dans l'estuaire à marée basse. A marée haute, c'est l'inverse, l'estuaire est en charge par rapport à la nappe.





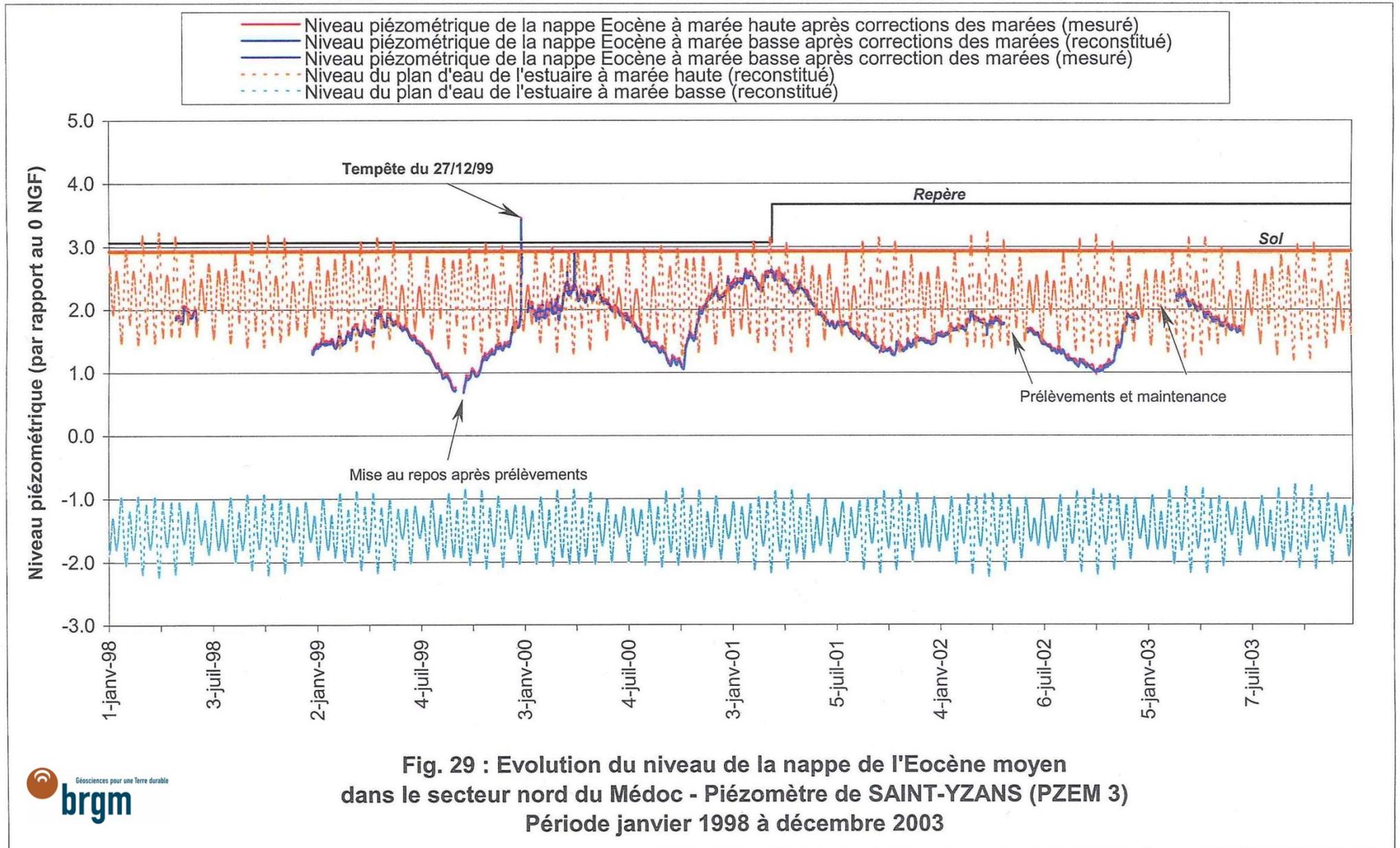
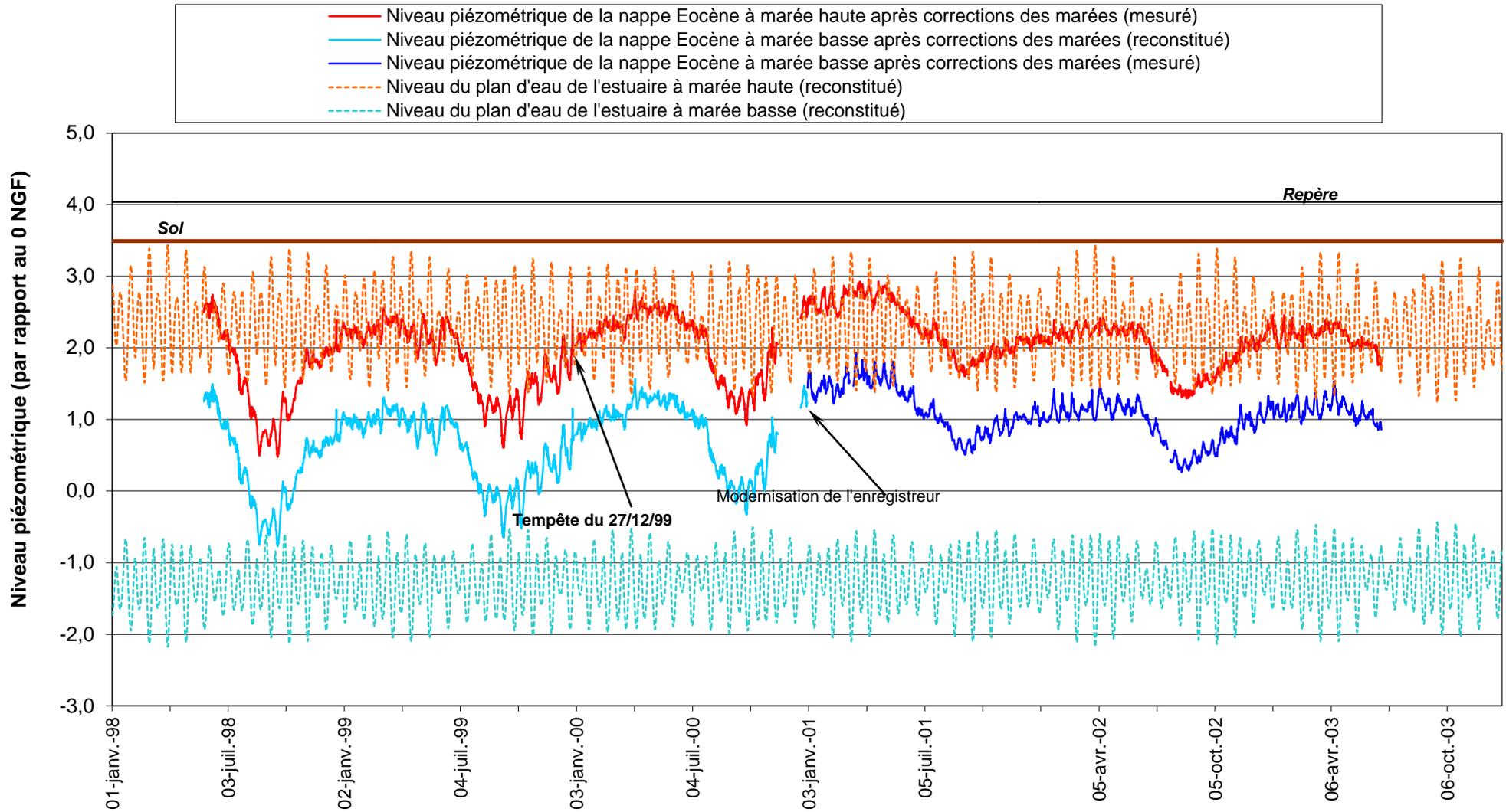
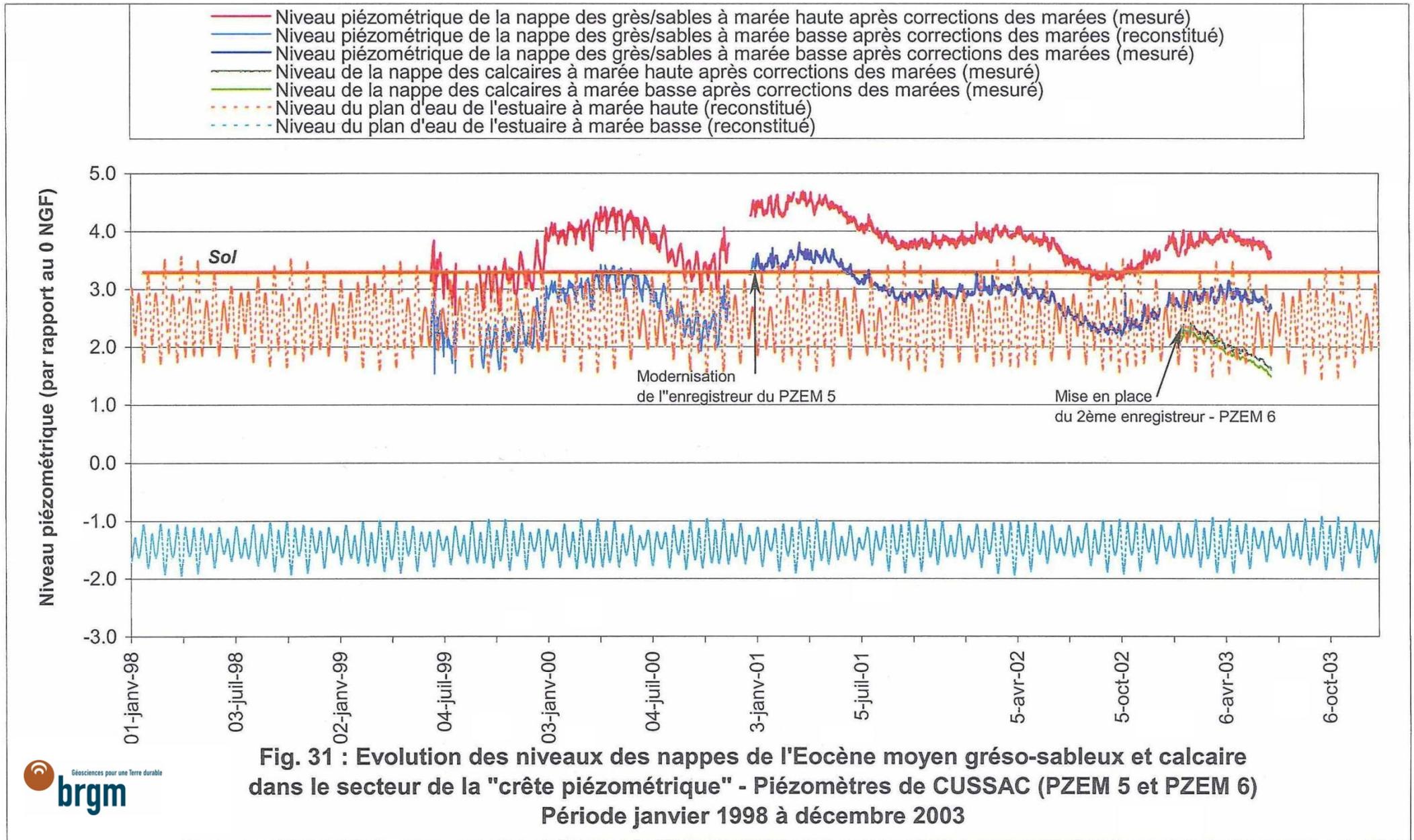
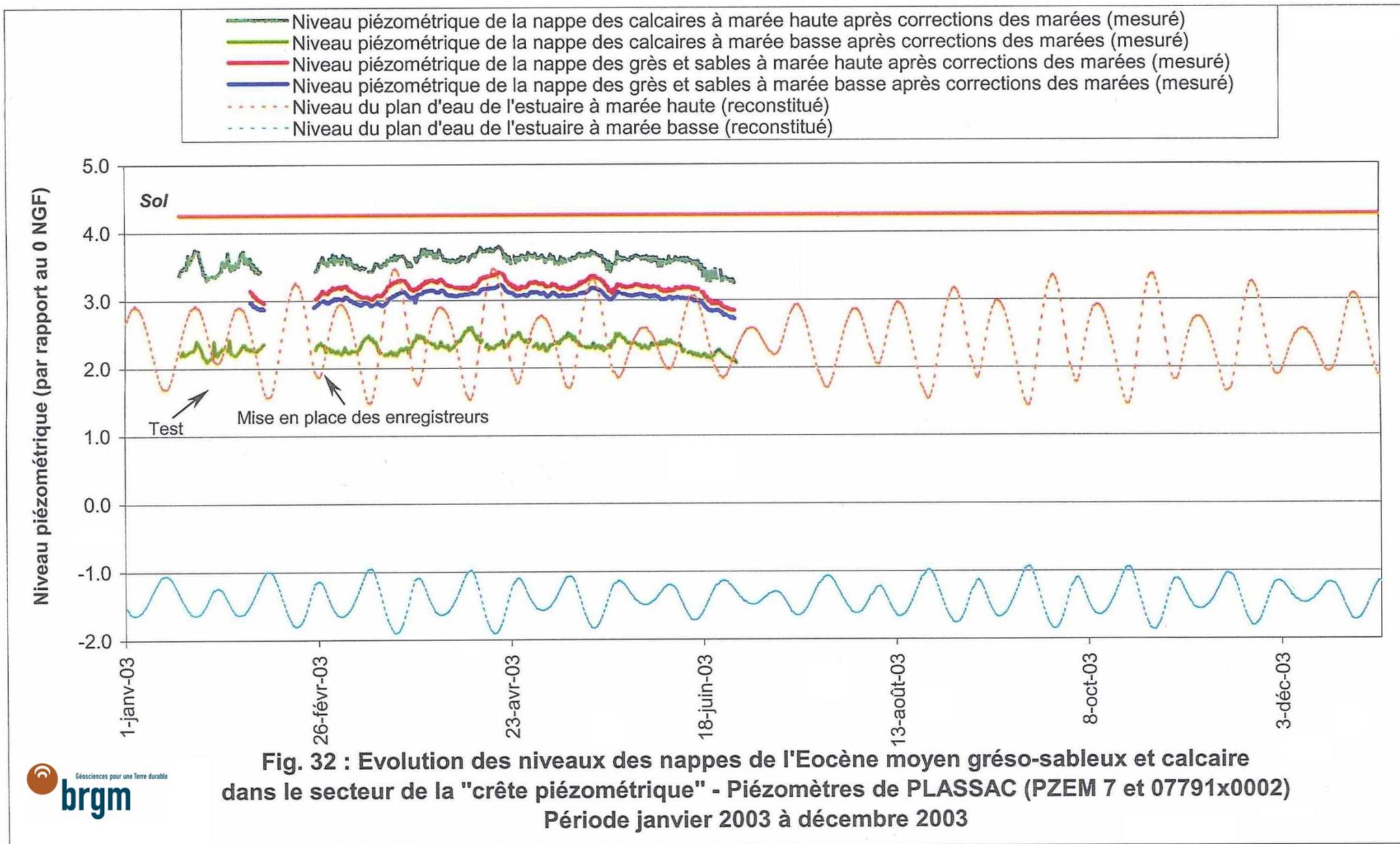


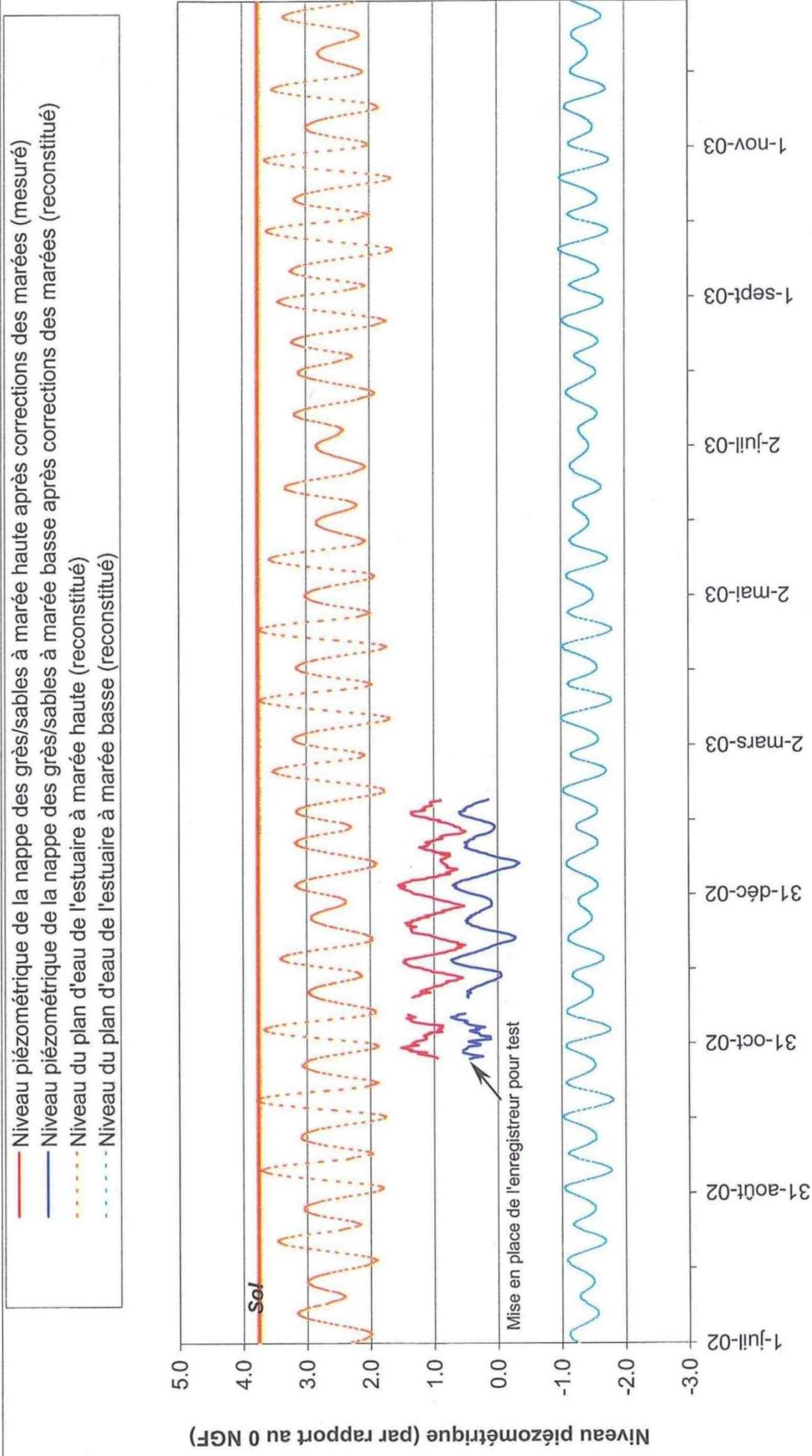
Fig. 29 : Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur nord du Médoc - Piézomètre de SAINT-YZANS (PZEM 3) Période janvier 1998 à décembre 2003



**Fig. 30 : Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur central du Médoc - Piézomètre de SAINT-ESTEPHE (PZEM 4) Période janvier 1998 à décembre 2003**







**Fig. 33 : Evolution du niveau de la nappe de l'Eocène moyen grésosableux dans le secteur au sud de la "crête piézométrique" - Piézomètre d'AMBES (TPB - 07796x0021) Période juillet 2002 à décembre 2003**



## **6. Surveillance hydrochimique de la qualité des eaux de la nappe éocène en rive médocaine et dans le secteur de la crête**

### **6.1. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURES HYDROCHIMIQUES**

Huit campagnes de mesures ont été menées depuis 1998 dans les 5 premiers piézomètres du réseau de surveillance et d'alerte *PZEM*, une seule campagne a été effectuée dans les 2 nouveaux sondages.

Les objectifs de ces campagnes de mesures étaient de caractériser l'évolution spatiale (horizontale et verticale) et temporelle de la composition chimique de l'eau des piézomètres, en particulier l'évolution de la salinité. Des diagraphies de productivité, des diagraphies de conductivité-température, des prélèvements d'eau à différentes profondeurs et en sortie de piézomètres ont été effectués à différentes périodes dans les sept piézomètres. Dans les piézomètres envahis par de l'eau saumâtre, ces différentes mesures ont été complétées en 2001 par des enregistrements en continu de l'évolution de la conductivité et de la température par profondeurs et périodes sélectionnées (cf. 1.4.5 et Schnebelen *et al.*, 2002).

Après localisation des arrivées d'eau grâce aux diagraphies, des prélèvements ont été effectués en face de chaque arrivée, ainsi qu'en sortie de piézomètre, afin d'en déterminer les caractéristiques physico-chimiques.

Les **prélèvements à différentes profondeurs** ont été effectués avec une **pompe immergée de plus faible débit (2 m<sup>3</sup>/h)**. Les **temps de pompage des prélèvements à différentes profondeurs sont inférieurs à 1h**. L'objectif est de renouveler deux fois l'eau du piézomètre avant la prise à une profondeur donnée, conformément aux recommandations pour la collecte d'échantillons représentatifs d'eaux souterraines (BRGM, 2000). Depuis septembre 1999, l'ensemble des prélèvements est effectué au moment des plus fortes marées de l'année, à chaque crue et étiage de la nappe. Celles-ci correspondent en effet à des périodes de risque majeur d'invasion d'eaux saumâtres de l'estuaire actuel vers la nappe, du fait de la surcharge des eaux estuariennes (Platel *et al.*, 1998, 1999 ; Schnebelen *et al.*, 2002).

### **6.2. EVOLUTIONS HYDROCHIMIQUES DE LA NAPPE PAR PIEZOMETRE**

#### **6.2.1. Piézomètre PZEM 1 de Jau-Dignac**

##### **6.2.1.1 Diagraphie de productivité**

Le log de productivité dans le piézomètre de Jau a été réalisé le 11/06/98, à l'aide d'une pompe débitant 18 m<sup>3</sup>/h et immergée vers 7 m de profondeur. La courbe de débit (fig. 34) a mis en évidence six niveaux productifs :

- deux niveaux situés respectivement vers 85 m et 74 m de profondeur, à la hauteur des grès grossiers et sables du membre 3 ;

- un troisième niveau situé vers 64 m de profondeur, en face de l'assise de calcarénite gréseuse du membre 4 ;
- un quatrième niveau, le plus productif, localisé vers 58 m de profondeur, à la hauteur des calcarénites gréseuses du membre 5 ;
- un cinquième niveau situé au voisinage de 53 m de profondeur, à la hauteur des biocalcarénites de la base du membre 6 ;
- un sixième niveau localisé vers 44 m de profondeur, à la hauteur des calcaires du sommet du membre 6.

Les cinq premiers niveaux productifs (des membres 3,4,5 et de la base du membre 6) appartiennent à l'Eocène moyen détritique, alors que le dernier niveau du sommet du membre 6 est inclus dans l'Eocène moyen calcaire.

### **6.2.1.2. Diagraphies de température**

Trois diagraphies de température ont été réalisées dans le piézomètre de Jau (fig. 34). La première a été effectuée le 11/06/98, en début de marée montante, alors que le niveau de la nappe était supérieur à celui de l'estuaire de près de 2,5 mètre. La deuxième a été réalisée le 03/09/99, alors que le niveau de la nappe était inférieur au niveau de l'estuaire.

Les deux premières diagraphies thermiques sont peu différentes pour la partie supérieure du forage (entre 0 et 42 m de profondeur). La température croît régulièrement avec la profondeur sous le seul effet du flux hydrothermique. Elle peut être influencée par une circulation d'eau même en la présence du tubage. Pour la partie inférieure du forage, les deux diagraphies thermiques sont légèrement différentes. Celle réalisée le 11/06/98 est décalée vers des températures plus élevées. Les variations du gradient thermique observées vers 85 et 44 m de profondeur sont différentes de celles du 03/09/99. Il semblerait que le 11/06/98, les niveaux productifs, situés à la base de l'Eocène moyen détritique, débitent plus que le 03/09/99. Ceci pourrait être lié au fait qu'en juin 1998, au moment de la mesure, le niveau piézométrique dans le sondage était nettement supérieur au niveau du plan d'eau de l'estuaire.

Une diagraphie supplémentaire a été réalisée en mars 2003, en marée descendante, la fin des mesures coïncidant avec la marée basse. Elle présente jusqu'à 57-58 m le même comportement que celle de 1999. Puis, le tracé de la courbe s'éloigne de celle de 1999 et montre un comportement intermédiaire entre les deux diagraphies et se termine à 82 m par une valeur proche de celle de 1998 à la même profondeur.

### **6.2.1.3. Diagraphies de conductivité**

Des diagraphies de conductivité ont été réalisées en même temps que les diagraphies de températures (fig. 34). Elles révèlent, dans la partie supérieure du piézomètre, une production d'eau fortement minéralisée à la base de la partie tubée. Les très fortes conductivités mesurées à cet endroit (15,5 mS/cm) ne seraient pas représentatives des conductivités de l'eau de la partie profonde sableuse de l'aquifère. Dans la partie inférieure du forage, les diagraphies de conductivité effectuées en juin 1998 et en septembre 1999 sont bien distinctes. Les conductivités mesurées en juin 1998 sont voisines de 1 mS/cm. Elles correspondraient à celles de la partie sablo-gréseuse de

l'Eocène moyen. Les conductivités mesurées en septembre 1999 sont nettement supérieures à celles de juin 1998 : elles varient de 10 à 13 mS/cm. Ces conductivités seraient représentatives des eaux issues de la partie calcaire de l'Eocène moyen.

La nouvelle diagraphie supplémentaire de mars 2003 présente un comportement très différent de celles de 1998 et 1999. Dans la partie supérieure (jusqu'à 30 m), les conductivités sont plus élevées que celles observées jusqu'ici (entre 6 et 8 mS/cm contre des valeurs de l'ordre de 4 mS/cm les années précédentes). Au delà de 30 m, la conductivité augmente, tout comme les années précédentes, mais est intermédiaire entre les valeurs des années 1998 et 1999 (entre 13 et 14 mS/cm). Vers 53-54 m de profondeur, la courbe fait un pic autour de 14,5 mS/cm qui semblait s'esquisser en 1999, alors qu'en 1998, la conductivité était tombée à cet endroit à environ 1 mS/cm. De 60 à 80 m de profondeur, la conductivité est plus faible (entre 3 et 4 mS/cm).

#### **6.2.1.4. Nouvelles analyses chimiques**

Les commentaires portant sur les résultats ne tiennent compte que des 3 séries de données acquises en 2002 et 2003.

Les eaux prélevées dans le piézomètre de Jau lors des différentes campagnes ont un pH proche de la neutralité (tableau 1). La teneur en oxygène dissous est faible, inférieure à 1 mg/l, ce qui témoigne d'un milieu réducteur. Ceci est confirmé par des teneurs en manganèse et en ammonium relativement élevées, respectivement entre 90 et 174 µg/l et entre 3,2 à 4,3 mg/l entre 2002 et 2003. Plusieurs analyses présentent également des teneurs élevées en fer (jusqu'à 3,6 mg/l).

Les eaux du piézomètre de Jau sont caractérisées par un faciès de type chloruré-sodique avec des minéralisations élevées, comprises entre 4,0 et 5,5 g/l en 2002 et 2003. Antérieurement, des minéralisations plus élevées ont été enregistrées (Schnebelen *et al.*, 2002).

**Les salinités exprimées en NaCl varient de 3,1 à 4,4 g/l.** Les rapports molaires Na/Cl sont comparables à celui de l'eau de mer, qui est proche de 0,85. En 2002 et 2003, plusieurs éléments présentent des teneurs excessives par rapport aux normes de potabilité en vigueur. Ainsi, celles des chlorures (variant de 1890 à 2790 mg/l), du sodium (1130 à 1640 mg/l), du magnésium (134 à 173 mg/l) et du potassium (37 à 64 mg/l) sont très importantes. Les teneurs en sulfates dépassent, en octobre 2002, la limite de potabilité. Ces résultats montrent bien l'invasion du réservoir par de l'eau saumâtre.

Les valeurs de température, de conductivité, de minéralisation, de chlorures et de sulfates, mesurées sur les échantillons d'eau prélevés à différentes profondeurs dans le piézomètre de Jau, ont été reportées sur la fig. 34 présentant les résultats des diagraphies.

En 2002 et 2003, les valeurs de conductivité des échantillons d'eau sont généralement comprises entre les trois diagraphies décrites précédemment, à l'exception de la mesure réalisée à 42 m pour laquelle les conductivités sont plus faibles que celles mesurées lors des diagraphies. Les conductivités les plus élevées sont observées en face d'une arrivée d'eau du membre 3 (6,8 à 9,1 mS/cm) et en face des arrivées d'eau des membres 5 et 6 (7,4 à 9,1 mS/cm), situés au sommet de l'Eocène moyen détritique et à la base de l'Eocène moyen calcaire.

A ces conductivités élevées correspondent de fortes minéralisations, comprises entre 4,2 et 5,5 g/l pour l'arrivée du membre 3 et 4,0 à 5,4 g/l pour les arrivées des membres 5 et 6, ainsi que des teneurs en chlorures et en sulfates élevées. Les évolutions, en milliéquivalents, des teneurs en chlorures et en sulfates en fonction de la profondeur sont voisines dans un rapport de 10, suggérant une origine commune de ces ions. Le rapport  $SO_4/Cl$  est voisin, voire même légèrement inférieur à celui de l'eau de mer qui est de 0,096.

Pour une profondeur donnée, la conductivité, la minéralisation, les teneurs en chlorures et en sulfates (tableau 1) sont plus élevées à la fin de la période d'étiage (octobre 2002) qu'au printemps (mars 2002 et 2003). Il en est de même pour la plupart des éléments chimiques. Ceci pourrait être lié à la surcharge et à la salinité dans l'estuaire, qui sont plus importantes pendant l'étiage. Une observation du même type avait été réalisée sur les données des années précédentes.

Dans le secteur de Jau, la base de l'Eocène moyen calcaire et le sommet de l'Eocène moyen détritique (membres 5 et 6) sont envahis par des eaux saumâtres. En 2002 et 2003, les minéralisations mesurées varient de 4,0 à 5,4 g/l. L'origine de cette minéralisation serait en rapport avec la drainance des membres calcaires sus-jacents (membres 7, 8 et 9), en contact direct avec les eaux de l'estuaire et avec les eaux salées fossiles des nappes flamandaises.

Des minéralisations élevées, comprises entre 4,2 et 5,5 g/l, sont également observées à grande profondeur dans des couches du réservoir détritique, sans communication avec la surface, conduisant à faire venir le sel de nappes salées flamandaises situées nettement plus loin à l'Est. Les variations temporelles de la minéralisation semblent être régies par les variations de la surcharge des eaux estuariennes, qui induisent épisodiquement un transfert d'eau salée vers la nappe. Cette surcharge est fonction de la période de l'année (étiage ou crue) et du cycle des marées.

## **6.2.2. Piézomètre PZEM 2 de Saint-Christoly**

### **6.2.2.1 Diagraphie de productivité**

Le log de productivité dans le piézomètre de Saint-Christoly a été effectué le 11/06/98 avec un pompage de 8 m<sup>3</sup>/h. La courbe de débit obtenue (fig. 35) montre un accroissement relativement régulier sur l'ensemble de la zone captée de l'Eocène moyen. Celle-ci est constituée par des calcaires et des grès entre 15 et 65 m de profondeur (membres 10 à 5) et par des sables entre 65 et 95 m de profondeur (membres 4 et 3). Le niveau le plus productif est constitué par les calcaires grainstones des membres 6 et 7, appartenant à l'Eocène moyen calcaire.

### **6.2.2.2 Diagraphies de température**

Trois diagraphies de température ont été réalisées dans le piézomètre de Saint-Christoly : la première le 11/06/98, la seconde le 03/09/99 et la dernière le 22/12/00 (fig. 35). Ces trois diagraphies ont été effectuées dans des conditions de surcharge des eaux estuariennes.

Les températures mesurées sont peu différentes. Les mêmes variations du gradient thermique sont les témoins des mêmes arrivées d'eau. La diagraphie réalisée le 22/12/00 est, à partir de 48 m de profondeur et jusqu'à la base du forage, décalée vers des températures plus faibles. Il semblerait que le 22/12/00, la principale zone de production située entre 35 et 48 m de profondeur (calcaires des membres 6 et 7) débitent plus qu'aux autres dates de mesures.

### **6.2.2.3 Diagraphies de conductivité**

Des diagraphies de conductivité ont été réalisées en même temps que celles de température (fig. 35). Pour les diagraphies réalisées en septembre 1998 et décembre 2000, la conductivité varie de 7,3 à 9,6 mS/cm de 12 à 48 m de profondeur en face des terrains calcaires, et de 8,9 à 10,4 mS/cm à partir de 48 m de profondeur en face des terrains grés-sableux. Une zone légèrement moins conductrice est observée vers 95 m de profondeur, à la base du réservoir sableux. La diagraphie de juin 1998 présente la même distribution verticale mais avec des valeurs de conductivité deux fois inférieures. Ceci est surprenant au vu des profils thermiques voisins obtenus aux mêmes dates.

### **6.2.2.4 Nouvelles analyses chimiques**

Les commentaires portant sur les résultats ne tiennent compte que des 3 séries de données acquises en 2002 et 2003.

Les pH mesurés sur les eaux prélevées dans le piézomètre de Saint-Christoly sont voisins de la neutralité (tableau 2). La faible teneur en oxygène dissous (inférieure à 0,8 mg/l), les teneurs élevées en fer (1,1 mg/l en octobre 2002), en manganèse (230 à 340 µg/l) et en ammonium (1,4 à 2,0 mg/l) témoignent d'un milieu réducteur.

Les eaux du piézomètre de Saint-Christoly présentent le même faciès chloruré-sodique que celles du piézomètre de Jau. Les minéralisations sont élevées, variant de 5,2 à 5,9 g/l. **A ces minéralisations élevées correspondent des salinités NaCl**

**comprises entre 3,9 et 4,4 g/l.** Les rapports molaires Na/Cl sont comparables à celui de l'eau de mer (0,85). De nombreux éléments présentent des teneurs excessives par rapport aux normes de potabilité en vigueur. Ainsi, celles des chlorures (variant de 2440 à 2800 mg/l), du sodium (1420 à 1720 mg/l), du magnésium (150 à 180 mg/l) et du potassium (52 à 98 mg/l) sont très importantes. De plus, en 2002 et 2003, les teneurs en sulfates dépassent la limite de potabilité. Ces résultats attestent d'une invasion du réservoir éocène par de l'eau saumâtre.

La distribution verticale des valeurs de température, de conductivité, de minéralisation, de chlorures et de sulfates (fig. 35) est nettement plus homogène que dans le piézomètre de Jau. Ceci est vraisemblablement dû au fait que, dans le piézomètre de Saint-Christoly, la partie supérieure de l'Eocène moyen (membres 4 à 10) se présente comme un réservoir homogène, peu subdivisé par des intercalations argileuses. Les conductivités sont toutefois légèrement plus élevées en face des arrivées d'eau des membres 6 à 8 appartenant à l'Eocène moyen calcaire. Les corrélations entre les sondages ont montré que c'est précisément le membre 8 (et les membres 6 et 7 moins directement), qui serait en relation avec les affleurements de calcaires éocènes sous l'estuaire et avec les lambeaux de terrasses alluviales pléistocènes.

Comme le sommet du membre 3, constitué par une assise continue d'argiles plus ou moins silteuses, forme un imperméable qui isole la base sableuse du réservoir éocène moyen, les minéralisations élevées (de 5,5 à 5,8 g/l) qui y sont observées pourraient provenir de l'alimentation latérale, à partir des terrasses alluviales sous-flandriennes, qui sont en contact direct sous l'estuaire avec les grès et les sables de l'Eocène moyen détritique (Platel *et al.*, 1998 et 1999).

Dans le secteur de Saint-Christoly, le réservoir calcaire du sommet de l'Eocène moyen (membres 6 à 8) et le réservoir sablo-gréseux de la base de l'Eocène moyen (membre 3), contiennent des eaux saumâtres. Les minéralisations mesurées atteignent 5,9 g/l pour le réservoir calcaire. Celui-ci serait en contact direct avec les eaux de l'estuaire et avec l'eau ancienne salée des terrasses alluviales. En ce qui concerne le réservoir sablo-gréseux, les minéralisations élevées (5,8 g/l) pourraient provenir des nappes alluviales salées sous les marais de l'estuaire.

### **6.2.3. Piézomètre PZEM 3 de Saint-Yzans**

#### **6.2.3.1 Diagraphie de productivité**

Le log de productivité a été effectué le 11/06/98 dans le piézomètre de Saint-Yzans avec un pompage de 8 m<sup>3</sup>/h. La courbe de débit met en évidence sept niveaux productifs (fig. 36). Quatre sont situés à la hauteur des grès et des sables des membres 1, 3 et 4 et des calcaires gréseux du membre 5, appartenant à la partie détritique de l'Eocène moyen. Les trois derniers sont localisés en face des calcaires des membres 7, 8 et 10, inclus dans la partie calcaire de l'Eocène moyen. La couche de calcaire située vers 40 m de profondeur, au sommet du membre 7, est le niveau le plus productif (20% du débit).

#### **6.2.3.2 Diagraphies de température**

Trois diagraphies de température ont été réalisées dans le piézomètre de Saint-Yzans (fig. 36). Les diagraphies du 10/06/98 et du 08/06/01 ont été effectuées en début de marée montante, alors que le niveau de la nappe était supérieur à celui de l'estuaire de près de 3,4 mètres. La diagraphie du 03/09/99 a été effectuée alors que le niveau de la nappe était inférieur au niveau de l'estuaire.

Les trois diagraphies montrent, de 0 à 25 m de profondeur, un gradient thermique nul qui témoigne d'une circulation d'eau. Les diagraphies du 10/06/98 et du 03/09/99 sont confondues, alors que la diagraphie du 08/06/01 est décalée vers des températures plus élevées. A partir de 25 m de profondeur, les trois diagraphies thermiques sont bien distinctes. La diagraphie réalisée le 03/09/99 est décalée vers des températures plus faibles. Les variations du gradient thermique observées vers 30 et 107 m de profondeur sont différentes de celles du 10/06/98 et du 08/06/01. Il semblerait que le 03/09/99, les niveaux productifs situés à la base de l'Eocène moyen détritique (membres 1 et 3) débitent moins qu'aux autres dates. Ceci pourrait être lié au fait qu'en septembre 1999, au moment de la mesure, le niveau piézométrique dans le sondage était nettement inférieur au niveau du plan d'eau de l'estuaire.

#### **6.2.3.3 Diagraphies de conductivité**

Des diagraphies de conductivité ont été réalisées en même temps que les diagraphies de températures (fig. 36). Les conductivités mesurées en juin 1998 et 2001 sont relativement faibles et stables sur toute la hauteur du forage. Les valeurs fluctuent de 2,47 à 2,52 mS/cm en juin 1998 et de 0,91 à 2,54 mS/cm en juin 2001. Ces valeurs sont cohérentes avec les conductivités mesurées sur les échantillons d'eau prélevés à différentes profondeurs en 2001. Les diagraphies de juin 1998 et juin 2001 ont toutes deux été réalisées en fin de période de hautes eaux de la nappe et, de plus, en début de marée montante, alors que le niveau piézométrique de la nappe était supérieur au niveau du plan d'eau de l'estuaire. Les faibles conductivités mesurées pourraient être liées à une dilution par les eaux de pluie provenant des affleurements calcaires éocènes du secteur de Couquèques-Bégadan, qui se trouvent à moins de 2 km. Cette dilution a été particulièrement importante en 2001 suite aux fortes précipitations de l'hiver 2000-2001.

La diagraphie de conductivité réalisée en septembre 1999 est nettement plus contrastée que les diagraphies de juin 1998 et juin 2001. Comme pour les deux

piézomètres du secteur nord, elle montre une nette différenciation des réservoirs éocènes. Des conductivités de 10 à 15 mS/cm ont été mesurées de 10 à 40 m de profondeur, en face des niveaux productifs de l'Eocène moyen calcaire (membres 8 et 10). Cette partie du réservoir est envahie par des eaux saumâtres. Des conductivités très élevées (plus de 28 mS/cm) ont été mesurées de 89 à 94 m de profondeur, à la hauteur de l'arrivée d'eau des grès et des sables du membre 3. Entre ces deux zones, la conductivité est plus faible et voisine de 9 mS/cm. Ces variations importantes de la conductivité dans le piézomètre de Saint-Yzans seraient liées à une plus grande subdivision du réservoir éocène (Platel *et al.*, 1999).

#### **6.2.3.4 Nouvelles analyses chimiques**

Les commentaires portant sur les résultats ne tiennent compte que des 3 séries de données acquises en 2002 et 2003.

Les pH mesurés sur les eaux prélevées dans le piézomètre de Saint-Yzans sont proches de la neutralité (tableau 3). La teneur en oxygène dissous est faible (inférieure à 1,0 mg/l), ce qui témoigne d'un milieu réducteur. Ceci est confirmé par des teneurs élevées, en particulier en fer (de 0,7 à 1,7 mg/l). Pour les teneurs en manganèse et en ammonium, qui jusqu'ici étaient assez élevées, il apparaît qu'en 2002 et 2003, elles sont plus faibles. Ainsi les teneurs en manganèse varient de 18 à 88 µg/l et celles en ammonium de moins de 0,1 à 0,5 mg/l.

Les eaux du piézomètre de Saint-Yzans ont le même faciès hydrochimique chloruré-sodique que ceux des ouvrages situés plus au Nord. Les minéralisations sont élevées et varient dans des proportions importantes : de 0,9 à 5,2 g/l en 2002 et 2003. **A ces minéralisations correspondent des salinités NaCl comprises entre 0,3 et 3,8 g/l.** Les rapports molaires Na/Cl sont comparables à celui de l'eau de mer (0,85). De nombreux éléments présentent des teneurs excessives par rapport aux normes de potabilité en vigueur. Celles des chlorures (variant de 220 à 2530 mg/l), du sodium (86 à 1320 mg/l), des sulfates (59 à 635 mg/l), du magnésium (41 à 194 mg/l) et du potassium (7 à 40 mg/l) sont très importantes. Ces résultats témoignent de la présence d'eau saumâtre dans le réservoir éocène.

Les minéralisations plus faibles observées dans la partie basale de l'Eocène moyen calcaire (membre 7) peuvent résulter d'une alimentation par les eaux de pluies provenant des affleurements de calcaires éocènes du secteur de Couquèques-Bégadan, se trouvant à moins de 2 km. Cette part de recharge actuelle est confirmée par la teneur en tritium (3 UT) mesurée dans l'eau du piézomètre de Saint-Yzans (Platel *et al.*, 1999 ;Schnebelen *et al.*, 2002).

**Dans le secteur de Saint-Yzans, le sommet de l'Eocène moyen calcaire (membre 10) et la base de l'Eocène moyen détritique (membres 3 à 5) présentent des minéralisations variant de 0,9 à 3,7 g/l, dont l'origine résulte de l'alimentation verticale ou latérale à partir d'eaux salées des terrasses sous-flandriennes. La partie basale de l'Eocène moyen calcaire contient des eaux moins salées, qui seraient issues d'une alimentation par les eaux de pluies s'infiltrant sur les affleurements voisins de calcaires éocènes.**

## **6.2.4. Piézomètre PZEM 4 de Saint-Estèphe**

### **6.2.4.1 Diagraphie de productivité**

Le log de productivité dans le piézomètre de Saint-Estèphe a été réalisé le 10/06/98 avec un pompage à 16 m<sup>3</sup>/h. Il révèle (Platel *et al.*, 1998) que la production est obtenue en grande partie par les sables situés à la base de l'Eocène, entre 145 et 130 m de profondeur et entre 120 et 75 m de profondeur (fig. 37). Dans la partie supérieure, seuls les calcaires du membre 7 sont productifs. Le niveau débitant le plus est constitué par les sables grossiers du membre 3.

### **6.2.4.2 Diagraphies de température et de conductivité**

Une diagraphie de température et de conductivité a été effectuée dans le piézomètre de Saint-Estèphe à la même date que la diagraphie de productivité. Les variations du gradient géothermique confirment les arrivées d'eau. Les valeurs de conductivité sont identiques sur toute la hauteur du forage. Elles sont nettement plus faibles que dans les eaux des trois piézomètres du secteur nord et voisines de 400 µS/cm.

### **6.2.4.3 Nouvelles analyses chimiques**

Les commentaires portant sur les résultats ne tiennent compte que des 3 séries de données acquises en 2002 et 2003.

Les eaux prélevées dans le piézomètre de Saint-Estèphe présentent des pH proches de la neutralité (fig. 37). Le faciès hydrochimique des eaux est bicarbonaté-calcique, avec une minéralisation comprise entre 0,28 et 0,32 g/l. Les teneurs en chlorures (22 à 28 mg/l) et en sodium (21 à 26 mg/l) sont très faibles. L'ensemble des éléments chimiques présente des valeurs inférieures aux normes de potabilité avec des teneurs en sulfates (15 à 17 mg/l), magnésium (10 à 12 mg/l), potassium (3 à 4 mg/l) faibles. Seules les teneurs en fer mesurées en mars 2003 sont légèrement supérieures aux normes de potabilité (de 0,23 à 0,24 mg/l en fonction de la profondeur). La répartition des différents éléments chimiques en fonction de la profondeur est stable (fig. 37).

L'eau du piézomètre de Saint-Estèphe reflète celle de l'aquifère Eocène non contaminée par des eaux saumâtres. Le rapport Na/Cl (1,96) est différent de celui du rapport marin (0,85). Le secteur central autour de Saint-Estèphe et Pauillac ne contient donc que des eaux douces.

### **6.2.5. Piézomètre PZEM 5 de Cussac**

Il constitue l'ouvrage de surveillance du réservoir profond sur le site de Fort-Médoc.

#### **6.2.5.1 Diagraphie de productivité**

Le log de productivité réalisé le 06/06/99 dans le piézomètre de Cussac (fig. 37) montre que la production est très inégalement répartie (Platel *et al.*, 1999). Les principaux niveaux productifs correspondent aux grès et sables grossiers situés entre 70 et 62 m de profondeur (membre 4). Une faible partie du débit provient des grès calcaires et des sables compris entre 57 et 53 m (membres 5 et 6). Un dernier petit niveau productif est situé dans les calcaires gréseux vers 37 m de profondeur (membre 7).

#### **6.2.5.2 Nouvelles analyses chimiques**

Les commentaires portant sur les résultats ne tiennent compte que des 3 séries de données acquises en 2002 et 2003.

Les eaux prélevées dans le piézomètre de Cussac révèlent un faciès hydrochimique bicarbonaté-calcique (tableau 5). La minéralisation est moyenne, de l'ordre de 440 mg/l, supérieure à celles des eaux du piézomètre de Saint-Estèphe.

Les teneurs en chlorures (22 à 23 mg/l) et en sodium (26 à 28 mg/l) sont stables pour les différentes analyses chimiques effectuées dans ce piézomètre. La plupart des éléments chimiques présente des valeurs inférieures aux normes de potabilité, comme par exemple les sulfates (37 à 40 mg/l), le magnésium (18 à 19 mg/l) et le potassium (5 à 7 mg/l). Seules les teneurs en fer sont supérieures aux normes de potabilité sur les trois analyses de 2002 et 2003 (de 0,22 à 0,27 µg/l).

**Les résultats de ces analyses confirment l'absence totale d'eau saumâtre dans les eaux de la partie inférieure de la nappe éocène dans le secteur de Cussac.** Les teneurs plus élevées en fluorures (jusqu'à 1,1 mg/l), bromures et sulfates illustrent l'influence résiduelle du domaine minéralisé de la nappe éocène connu plus au Sud-Est.

Les analyses isotopiques réalisées en juin 1999 (Platel *et al.*, 1999) révèlent que les eaux du piézomètre de Cussac, comme celles du piézomètre de Saint-Estèphe, sont issues d'une eau souterraine (origine météorique ancienne) non modifiée par un éventuel mélange avec un fluide d'une autre origine. Les minéralisations correspondent uniquement aux circulations des eaux de pluie au contact de l'aquifère éocène. Les teneurs en chlorures sont voisines de celles mesurées dans les pluies de la zone de recharge. Les eaux du piézomètre de Cussac (et vraisemblablement du piézomètre de Saint-Estèphe) sont dépourvues de tritium et témoignent donc d'une recharge *ante*-1952. Elles sont caractéristiques de la nappe profonde de l'Eocène *sensu stricto*.

Comme prévu par l'interprétation du rapport des charges hydrauliques, la nappe de l'Eocène moyen dans le secteur de Cussac ne contient que des eaux douces. Elle présente toutefois certaines particularités hydrochimiques qui soulignent l'influence résiduelle du domaine minéralisé de la nappe.

## **6.2.6. Piézomètre PZEM 6 de Cussac**

Il constitue l'ouvrage de surveillance du réservoir supérieur sur le site de Fort-Médoc.

### **6.2.6.1 Diagraphies de température et de conductivité**

Des diagraphies de température et de conductivité ont été enregistrées dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac le 21/03/03 à marée descendante, la fin des mesures correspondant à la marée basse (fig. 39).

Les valeurs de conductivité varient très peu sur toute la hauteur du forage. Elles sont plus faibles que celles des eaux des piézomètres du secteur nord et varient de 650 à 980  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Sur toute la hauteur du profil, la température varie au maximum de 0,55°C (entre 14,08°C à 10 m et 14,63°C à 22 m). Jusqu'à 13 m de profondeur, la température est stable autour de 14°C, puis elle augmente brusquement pour atteindre une valeur proche de 14,5°C qui sera conservée jusqu'à la fin de la mesure à 22 m de profondeur.

### **6.2.6.2 Nouvelles analyses chimiques**

Les pH mesurés sur les eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac sont voisins de la neutralité (tableau 6). La faible teneur en oxygène dissous (inférieure à 0,2 mg/l), les teneurs élevées en fer (3,6 mg/l en mars 2003), en manganèse (109  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) et en ammonium (1,4 mg/l) témoignent d'un milieu réducteur.

Les eaux prélevées présentent un faciès hydrochimique bicarbonaté calcique et sodique (tableau 6). La minéralisation est de l'ordre de 870 mg/l, soit presque le double de la valeur observée sur le PZEM 5 profond. Elle est également plus forte que celle du forage de Saint-Estèphe. Ces eaux pourraient donc être considérées comme un mélange intermédiaire entre celles bicarbonatées calciques faiblement minéralisées et les eaux franchement chlorurées sodiques avec des minéralisations élevées.

La plupart des éléments chimiques présente des valeurs inférieures aux normes de potabilité, comme par exemple les sulfates (39 mg/l), les chlorures (163 mg/l), le sodium (104 mg/l), le magnésium (28 mg/l) et le potassium (10 mg/l). Seules les teneurs en fer, manganèse, ammonium et calcium sont supérieures aux normes de potabilité. Néanmoins, les teneurs en chlorures et sodium, bien qu'inférieures aux normes de potabilité, sont bien plus élevées que celles observées dans le réservoir profond de ce même site (PZEM 5).

Les résultats de ces analyses, comparés à celles obtenues au sondage PZEM 5, tendent à prouver l'existence d'une **légère contamination des eaux du réservoir de la nappe éocène par une eau saumâtre** au droit piézomètre PZEM 6 de Cussac, probablement en relation avec la proximité des affleurements calcaires au fond du chenal de navigation.

## **6.2.7. Piézomètre PZEM 7 de Plassac**

### **6.2.7.1 Diagraphies de température et de conductivité**

Une diagraphie de température et de conductivité a été effectuée dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac le 24/02/03 à marée montante (fig. 40).

Les valeurs de conductivité varient très peu sur toute la hauteur du forage. Elles sont plus faibles que celles des eaux des piézomètres du secteur nord et varient de 400 à 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sur le profil, la température varie de moins de 2°C (de 15,5°C à 25 m à 17,3°C à 57 m). Le long du profil, la température croit de façon assez homogène jusqu'à environ 40 m de profondeur, puis est relativement stable au delà autour de 17°C.

### **6.2.7.2 Nouvelles analyses chimiques**

Le pH mesuré sur les eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac est proche de la neutralité (tableau 7).

Les eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac présentent un faciès hydrochimique de type bicarbonaté calcique (tableau 7). La minéralisation est de l'ordre de 320 mg/l, soit proche de celle observée pour les eaux du secteur de Saint-Estèphe (PZEM 4). Ces deux forages, situés de part et d'autre de l'estuaire, sont ceux qui présentent les minéralisations les plus faibles. Celle observée sur le forage de Plassac est en accord avec les analyses faites sur les ouvrages du secteur (figures 17 et 18), à savoir que les eaux de la nappe éocène captées en rive droite sont faiblement minéralisées.

La plupart des éléments chimiques présente des valeurs très inférieures aux normes de potabilité, comme les sulfates (14 mg/l), les chlorures (18 mg/l), le sodium (14 mg/l), le magnésium (6 mg/l) et le potassium (3 mg/l). Seules les teneurs en fer et en manganèse, sont supérieures aux normes de potabilité.

**Ces résultats confirment l'absence totale d'eau saumâtre dans les eaux de la nappe éocène au droit du piézomètre de Plassac.**



Nom du sondage : **PZEM 1 - JAU**  
 Lieu-dit : **PORT-DE-GOULEE**

N° BSS : 07306X0066  
 Commune : **JAU-DIGNAC-LOIRAC**

Coordonnées : x = 346.120 ; y = 350.680 ; z = 2.46 m

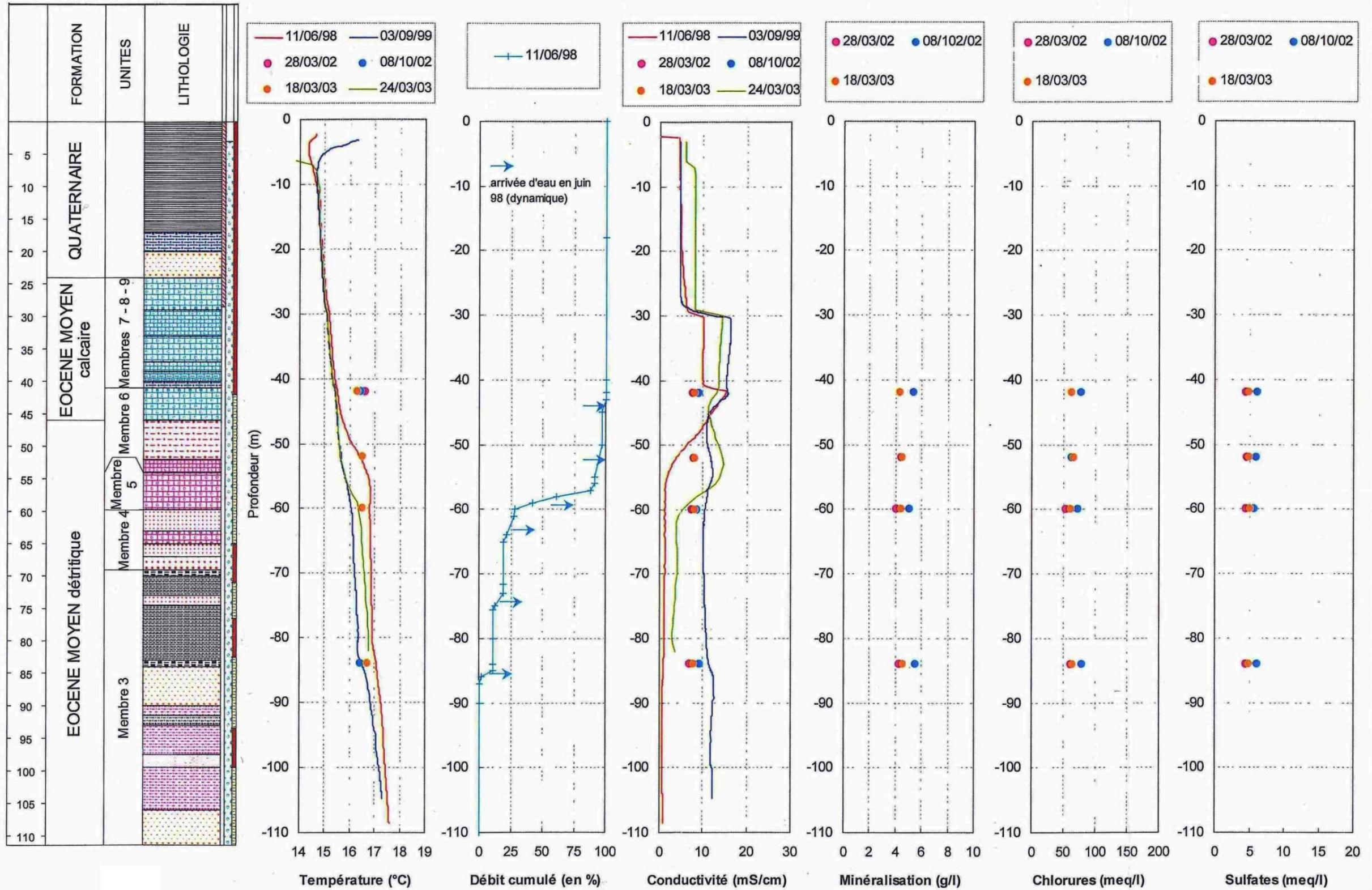


Fig. 34 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 1 de Jau-Dignac de 2002 à 2003

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine  
Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde  
- Année 1 -

Analyses	13/10/98	28/03/02	28/03/02	28/03/02	28/03/02	08/10/02	08/10/02	08/10/02	08/10/02	18/03/03	18/03/03	18/03/03	18/03/03
Profondeurs de prélèvement	45 m	42 m	52 m	60 m	84 m	42 m	52 m	60 m	84 m	42 m	52 m	60 m	84 m
Norme													
Température °C <25°C <sup>1</sup>	17.1	16.6	16.7	16.8	17.0	16.4	16.5	16.5	16.4	16.3	16.5	16.5	16.7
pH U 6.5 - 9	7.71	7.04	7.04	7.03	7.04	6.92	6.93	6.99	6.91	7.13	7.09	7.10	7.09
Conductivité à 25°C µS/cm 2 000 <sup>1</sup>	7 800	7 500	7 770	7 420	6 790	9 060	8 140	8 400	9 140	8 130	8 120	8 110	7 730
Potentiel redox mV *		130	120	125	125	155	155	155	160	145	140	145	145
O <sub>2</sub> dissous mg/l * <sup>1</sup>	2.2	0.23	0.24	0.50	0.32	0.55	0.69	0.51	0.57	0.50	0.35	0.30	0.25
<b>Cations</b>													
Calcium mg/l 100 <sup>2</sup>	155.0	156.0	154.0	151.0	159.0	148.0	135.0	141.0	153.0	139.0	142.0	142.0	142.0
meq/l	7.8	7.8	7.7	7.6	8.0	7.4	6.8	7.1	7.7	7.0	7.1	7.1	7.1
Potassium mg/l 12 <sup>1</sup>	46.7	38.6	38.0	37.7	36.9	47.9	39.5	44.2	47.2	62.0	62.0	64.0	54.0
meq	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	1.2	1.0	1.1	1.2	1.6	1.6	1.6	1.4
Magnésium mg/l 50 <sup>1</sup>	176.0	136.0	142.0	138.0	135.0	165.0	136.0	154.0	173.0	134.0	139.0	141.0	134.0
meq/l	14.5	11.2	11.7	11.4	11.1	13.6	11.2	12.7	14.2	11.0	11.4	11.6	11.0
<b>Sodium mg/l 150<sup>1</sup></b>	<b>1 500.0</b>	<b>1 216.0</b>	<b>1 222.0</b>	<b>1 178.0</b>	<b>1 149.0</b>	<b>1 590.0</b>	<b>1 260.0</b>	<b>1 460.0</b>	<b>1 640.0</b>	<b>1 130.0</b>	<b>1 230.0</b>	<b>1 280.0</b>	<b>1 340.0</b>
meq/l	<b>65.2</b>	<b>52.9</b>	<b>53.1</b>	<b>51.2</b>	<b>50.0</b>	<b>69.1</b>	<b>54.8</b>	<b>63.5</b>	<b>71.3</b>	<b>49.1</b>	<b>53.5</b>	<b>55.7</b>	<b>58.3</b>
Ammonium mg/l 0.5	4.7	3.5	3.7	3.5	3.3	4.3	3.9	3.9	4.3	3.2	3.2	3.5	3.2
Silice mg/l 20 <sup>1</sup>	14.8	11.8	12.1	11.9	12.2	12.8	12.8	13.0	13.0	13.0	13.1	13.1	13.2
<b>Anions</b>													
Carbonates mg/l	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Bicarbonates mg/l *	381.0	368.0	367.0	366.0	366.0	379.0	375.0	375.0	383.0	366.0	370.0	368.0	367.0
meq/l	6.2	6.0	6.0	6.0	6.0	6.2	6.1	6.1	6.3	6.0	6.1	6.0	6.0
Sulfates mg/l 250 <sup>1</sup>	288.0	215.0	220.0	218.0	216.0	293.0	289.0	271.0	295.0	236.0	237.0	241.0	237.0
meq/l	6.0	4.5	4.6	4.5	4.5	6.1	6.0	5.6	6.1	4.9	4.9	5.0	4.9
Nitrates mg/l 50 <sup>1</sup>	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
Nitrites mg/l 0.10 <sup>1</sup>		< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>Chlorures mg/l 200<sup>1</sup></b>	<b>2798.0</b>	<b>2 210.0</b>	<b>2 260.0</b>	<b>1 890.0</b>	<b>2 160.0</b>	<b>2 734.0</b>	<b>2 227.0</b>	<b>2 555.0</b>	<b>2 788.0</b>	<b>2 255.0</b>	<b>2 335.0</b>	<b>2 180.0</b>	<b>2 293.0</b>
meq/l	<b>78.8</b>	<b>62.3</b>	<b>63.7</b>	<b>53.2</b>	<b>60.8</b>	<b>77.0</b>	<b>62.7</b>	<b>72.0</b>	<b>78.5</b>	<b>63.5</b>	<b>65.8</b>	<b>61.4</b>	<b>64.6</b>
Iodures µg/l ** <sup>3</sup>	108	102	103	99	98								
Bromures mg/l 0.025 <sup>3</sup>	7.1	3.9	4.0	4.0	3.9								
Fluorures mg/l 1.2 <sup>1</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Métaux - métalloïdes</b>													
Fer mg/l 0.2 <sup>1</sup>	0.02	3.29	3.24	3.33	3.53	3.48	3.22	3.27	3.63	3.45	3.52	3.38	3.64
Manganèse µg/l 50 <sup>1</sup>	91	113	122	174	114	110	95	105	114	90	93	94	91
Aluminium µg/l 200 <sup>1</sup>	< 30												
Baryum µg/l 100 <sup>1</sup>	78												
Arsenic µg/l 50 <sup>1</sup>	34												
Lithium µg/l ** <sup>3</sup>	30												
Bore µg/l 1000 <sup>1</sup>	511	451	500	688	466								
Sélénium µg/l 10 <sup>1</sup>	16												
Strontium µg/l **	1150												
<b>Minéralisation*** g/l 1.5<sup>1</sup></b>	<b>5.34</b>	<b>4.34</b>	<b>4.40</b>	<b>3.98</b>	<b>4.22</b>	<b>5.36</b>	<b>4.46</b>	<b>5.00</b>	<b>5.48</b>	<b>4.32</b>	<b>4.52</b>	<b>4.42</b>	<b>4.57</b>
<b>Salinité en NaCl g/l 0.35<sup>1</sup></b>	<b>4.30</b>	<b>3.43</b>	<b>3.48</b>	<b>3.07</b>	<b>3.31</b>	<b>4.32</b>	<b>3.49</b>	<b>4.02</b>	<b>4.43</b>	<b>3.39</b>	<b>3.57</b>	<b>3.46</b>	<b>3.63</b>
<b>Isotopes</b>													
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW ‰	-5.6												
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW ‰	-33.2												
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT ‰	30.3												
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW ‰	22.9												
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT ‰													
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	0.709096												
<sup>3</sup> H UT	< 1												

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine  
\* : pas de valeur guide pour les eaux souterraines \*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé  
\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)  
<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)  
<sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)

Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair



Tabl. 1 : Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 1 de Jau-Dignac de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1998

Nom du sondage : **PZEM 2 - ST CHRISTOLY**  
 Lieu-dit : PORT-DE-BY

N° BSS : 07307X0087  
 Commune : SAINT-CHRISTOLY-DE-MEDOC

Coordonnées : x = 350.850 ; y = 346.510 ; z = 3.56 m

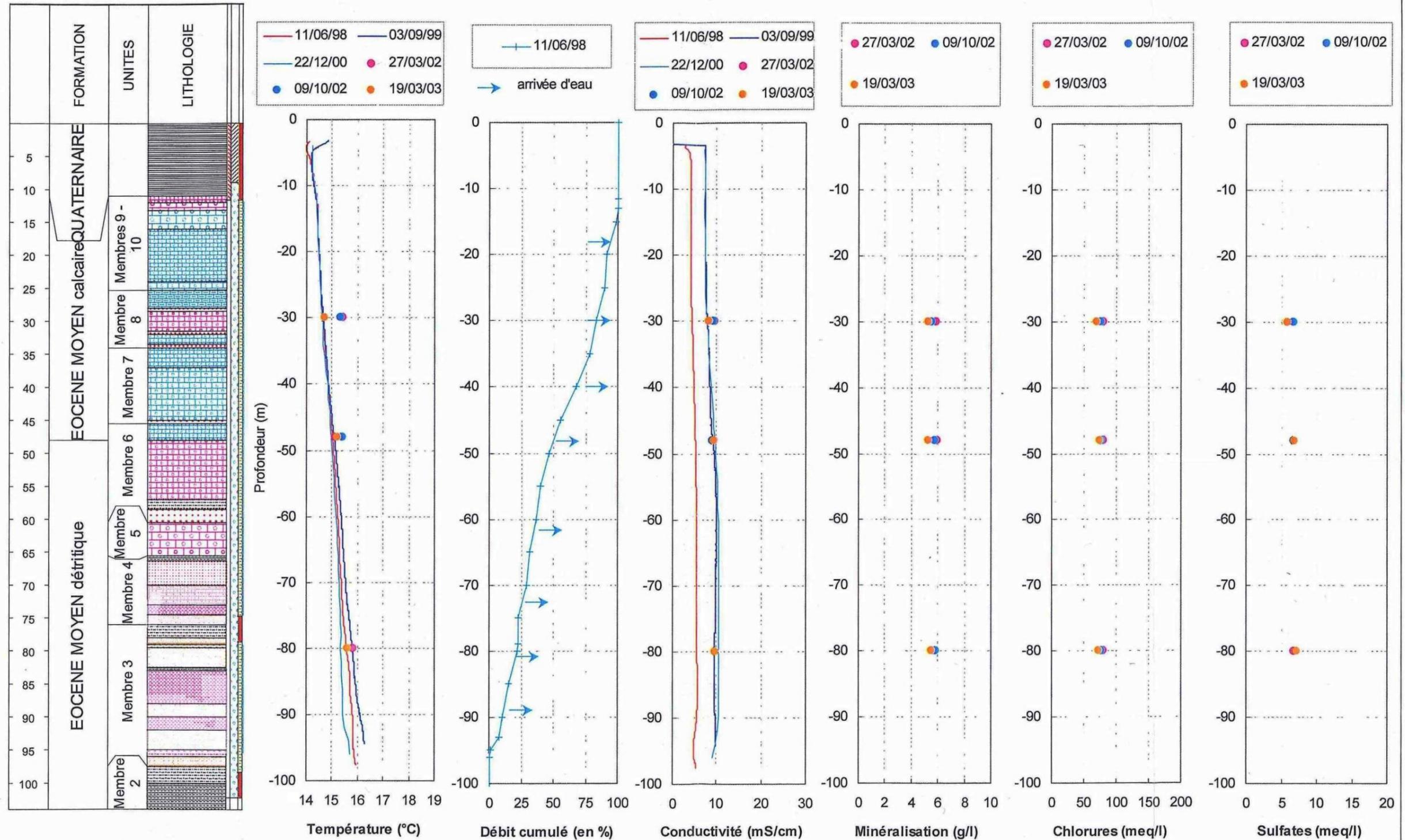


Fig. 35 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 2 de St-Christoly de 2002 à 2003

Analyses	13/10/98	27/03/02	27/03/02	27/03/02	09/10/02	09/10/02	09/10/02	19/03/03	19/03/03	19/03/03	
Profondeurs de prélèvement	30 m	30 m	48 m	80 m	30 m	48 m	80 m	30 m	48 m	80 m	
Température °C	15.8	15.4	15.1	15.8	15.3	15.4	15.6	14.7	15.2	15.6	
pH	7.50	6.88	6.89	6.97	6.84	6.82	6.75	7.01	6.93	6.89	
Conductivité à 25°C µS/cm	8 200	9 510	9 530	9 640	9 150	9 050	9 600	8 330	9 370	9 590	
Potentiel redox mV	*	200	200	205	225	205	230	200	220	210	
O <sub>2</sub> dissous mg/l	* <sup>1</sup>	1.1	0.18	0.19	0.19	0.64	0.59	0.75	0.42	0.43	
<b>Cations</b>											
Calcium mg/l	100 <sup>2</sup>	167.0	164.0	168.0	170.0	131.0	142.0	147.0	139.0	150.0	156.0
meq/l		8.4	8.2	8.4	8.5	6.6	7.1	7.4	7.0	7.5	7.8
Potassium mg/l	12 <sup>1</sup>	55.5	58.5	60.0	60.3	51.9	53.3	56.7	98.0	84.0	96.0
meq/l		1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.4	1.5	2.5	2.2	2.5
Magnésium mg/l	50 <sup>1</sup>	182.0	178.0	183.0	182.0	148.0	163.0	173.0	151.0	163.0	167.0
meq/l		15.0	14.7	15.1	15.0	12.2	13.4	14.2	12.4	13.4	13.7
<b>Sodium mg/l</b>	<b>150<sup>1</sup></b>	<b>1 627.0</b>	<b>1 644.0</b>	<b>1 652.0</b>	<b>1 632.0</b>	<b>1 560.0</b>	<b>1 690.0</b>	<b>1 720.0</b>	<b>1 420.0</b>	<b>1 590.0</b>	<b>1 530.0</b>
<b>meq/l</b>		<b>70.7</b>	<b>71.5</b>	<b>71.8</b>	<b>71.0</b>	<b>67.8</b>	<b>73.5</b>	<b>74.8</b>	<b>61.7</b>	<b>69.1</b>	<b>66.5</b>
Ammonium mg/l	0.5	1.3	1.7	1.7	1.6	1.8	1.8	1.8	2	2	1.4
Silice mg/l	20 <sup>1</sup>	22.6	11.9	11.8	12.0	13.4	12.9	13.5	13.2	13.0	13.1
<b>Anions</b>											
Carbonates mg/l		< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Bicarbonates mg/l	*	695.0	680.0	683.0	406.0	643.0	691.0	690.0	709.0	361.0	678.0
meq/l		11.4	11.1	11.2	6.7	10.5	11.3	11.3	11.6	5.9	11.1
Sulfates mg/l	250 <sup>1</sup>	340.0	325.0	325.0	324.0	323.0	325.0	342.0	281.0	326.0	344.0
meq/l		7.1	6.8	6.8	6.8	6.7	6.8	7.1	5.9	6.8	7.2
Nitrates mg/l	50 <sup>1</sup>	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.4	< 0.4
Nitrites mg/l	0.10 <sup>1</sup>	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>Chlorures mg/l</b>	<b>200<sup>1</sup></b>	<b>2 821.0</b>	<b>2 790.0</b>	<b>2 800.0</b>	<b>2 790.0</b>	<b>2 674.0</b>	<b>2 667.0</b>	<b>2 705.0</b>	<b>2 441.0</b>	<b>2 610.0</b>	<b>2 565.0</b>
<b>meq/l</b>		<b>79.5</b>	<b>78.6</b>	<b>78.9</b>	<b>78.6</b>	<b>75.3</b>	<b>75.1</b>	<b>76.2</b>	<b>68.8</b>	<b>73.5</b>	<b>72.3</b>
Iodures µg/l	** <sup>3</sup>	217	248	241	249						
Bromures mg/l	0.025 <sup>3</sup>	5.9	4.9	5.0	4.9						
Fluorures mg/l	1.2 <sup>1</sup>	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
<b>Métaux - métalloïdes</b>											
Fer mg/l	0.2 <sup>1</sup>	0.28	0.64	0.64	0.55	1.09	0.8	0.67	0.98	0.76	0.66
Manganèse µg/l	50 <sup>1</sup>	227	326	340	278	281	270	270	253	240	233
Aluminium µg/l	200 <sup>1</sup>	< 30									
Baryum µg/l	100 <sup>1</sup>	31									
Arsenic µg/l	50 <sup>1</sup>	38									
Lithium µg/l	** <sup>3</sup>	20									
Bore µg/l	1000 <sup>1</sup>	1051	1129	1148	944						
Sélénium µg/l	10 <sup>1</sup>	22									
Strontium µg/l	**	1430									
<b>Minéralisation*** g/l</b>	<b>1.5<sup>1</sup></b>	<b>5.89</b>	<b>5.84</b>	<b>5.87</b>	<b>5.56</b>	<b>5.53</b>	<b>5.73</b>	<b>5.83</b>	<b>5.24</b>	<b>5.28</b>	<b>5.54</b>
<b>Salinité en NaCl g/l</b>	<b>0.35<sup>1</sup></b>	<b>4.45</b>	<b>4.43</b>	<b>4.45</b>	<b>4.42</b>	<b>4.23</b>	<b>4.36</b>	<b>4.43</b>	<b>3.86</b>	<b>4.20</b>	<b>4.10</b>
<b>Isotopes</b>											
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW ‰		-5.1									
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW ‰		-30.3									
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT ‰		26									
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW ‰		20.8									
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT ‰											
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr		0.709136									
<sup>3</sup> H UT		<1									

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

\* : pas de valeur guide pour les eaux souterraines \*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé

\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)

<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)

<sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)

Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair

Nom du sondage : **PZEM 3 - ST YZANS**  
 Lieu-dit : QUEYZANS

N° BSS : 07544X0091  
 Commune : SAINT-YZANS-DU-MEDOC

Coordonnées : x = 353.470 ; y = 341.680 ; z = 2.92 m

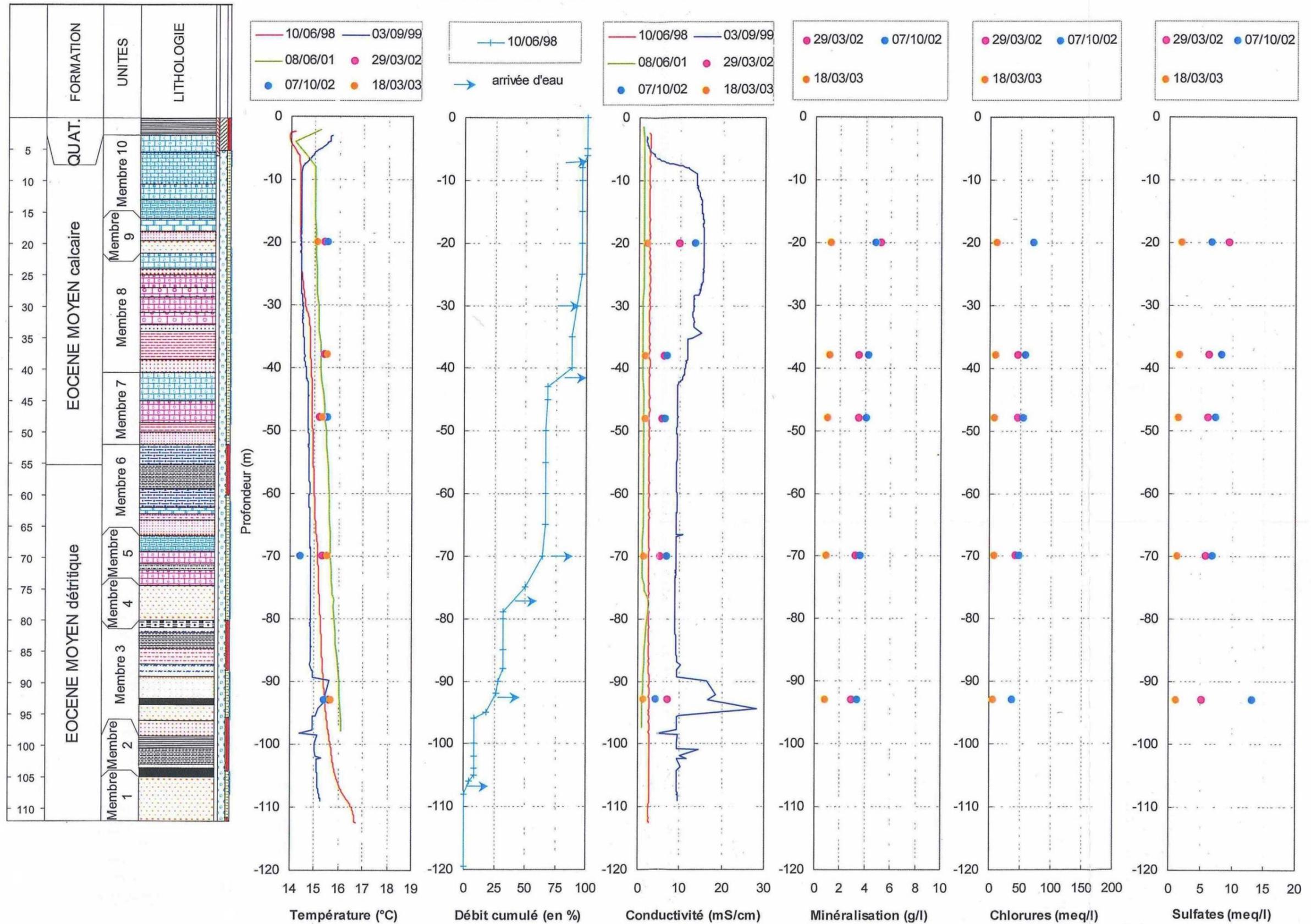


Fig. 36 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 3 de St-Yzans de 2002 à 2003

Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine  
Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde  
- Année 1 -

Analyses	12/10/98	29/03/02	29/03/02	29/03/02	29/03/02	29/03/02	07/10/02	07/10/02	07/10/02	07/10/02	07/10/02	18/03/03	18/03/03	18/03/03	18/03/03	18/03/03
Profondeurs de prélèvement	10 m	20 m	38 m	48 m	70 m	93 m	20 m	38 m	48 m	70 m	93 m	20 m	38 m	48 m	70 m	93 m
Norme																
Température °C <25°C	15.7	15.4	15.4	15.2	15.3	15.6	15.5	15.5	15.5	14.4	15.4	15.1	15.5	15.3	15.5	15.7
pH 6.5 - 9	7.54	6.95	6.92	6.91	6.93	7.08	6.83	6.87	6.87	6.86	6.89	7.05	7.06	7.05	7.03	7.03
Conductivité à 25°C µS/cm 2 000	8 500	9 800	6 060	5 720	5 270	7 050	13 480	6 880	6 440	6 860	4 230	2 230	1 752	1 583	1 455	1 404
Potentiel redox mV *		160	145	130	120	120	190	190	195	195	185	190	200	200	200	235
O <sub>2</sub> dissous mg/l *	1.7	0.2	0.2	0.2	0.4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.7
<b>Cations</b>																
Calcium mg/l 100 <sup>2</sup>	244.0	225.0	214.0	212.0	202.0	182.0	222.0	191.0	193.0	183.0	156.0	141.0	140.0	138.0	130.0	125.0
meq/l	12.2	11.3	10.7	10.6	10.1	9.1	11.1	9.6	9.7	9.2	7.8	7.1	7.0	6.9	6.5	6.3
Potassium mg/l 12 <sup>1</sup>	48.2	39.9	26.4	25.8	24.1	18.3	40.0	31.9	32.1	28.0	24.0	13.5	10.9	9.5	7.5	7.3
meq/l	1.2	1.0	0.7	0.7	0.6	0.5	1.0	0.8	0.8	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
Magnésium mg/l 50 <sup>1</sup>	230.0	194.0	145.0	142.0	133.0	111.0	193.0	159.0	158.0	142.0	117.0	54.7	48.9	45.9	41.5	41.7
meq/l	18.9	16.0	11.9	11.7	10.9	9.1	15.9	13.1	13.0	11.7	9.6	4.5	4.0	3.8	3.4	3.4
<b>Sodium</b> mg/l 150 <sup>1</sup>	1 524.0	1 318.0	797.0	781.0	721.0	677.0	1 100.0	1 020.0	1 014.0	892.0	686.0	205.0	160.0	132.0	89.0	86.0
meq/l	66.3	57.3	34.7	34.0	31.3	29.4	47.8	44.3	44.1	38.8	29.8	8.9	7.0	5.7	3.9	3.7
Ammonium mg/l 0.5	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1
Silice mg/l 20 <sup>1</sup>	20.2	12.8	13.1	13.1	12.9	12.4	15.1	14.8	14.8	14.7	14.6	13.9	13.7	13.8	13.7	13.9
<b>Anions</b>																
Carbonates mg/l	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Bicarbonates mg/l *	436.0	393.0	393.0	392.0	391.0	386.0	396.0	400.0	400.0	398.0	433.0	361.0	352.0	351.0	358.0	364.0
meq/l	7.1	6.4	6.4	6.4	6.4	6.3	6.5	6.6	6.6	6.5	7.1	5.9	5.8	5.8	5.9	6.0
Sulfates mg/l 250 <sup>1</sup>	532.0	457.0	301.0	298.0	280.0	252.0	326.0	397.0	357.0	329.0	635.0	96.8	83.2	76.0	67.0	59.0
meq/l	11.1	9.5	6.3	6.2	5.8	5.3	6.8	8.3	7.4	6.9	13.2	2.0	1.7	1.6	1.4	1.2
Nitrates mg/l 50 <sup>1</sup>	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
Nitrites mg/l 0.10 <sup>1</sup>	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
<b>Chlorures</b> mg/l 200 <sup>1</sup>	2 943.0	2 530.0	1 620.0	1 610.0	1 470.0	1 320.0	2 518.0	2 068.0	1 928.0	1 692.0	1 306.0	414.0	355.0	301.0	271.0	220.0
meq/l	82.9	71.3	45.6	45.4	41.4	37.2	70.9	58.3	54.3	47.7	36.8	11.7	10.0	8.5	7.6	6.2
Iodures µg/l ** <sup>3</sup>	70	64	43	43	40	27										
Bromures mg/l 0.025 <sup>3</sup>	5.5	2.4	2.9	2.8	2.5	1.3										
Fluorures mg/l 1.2 <sup>1</sup>	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
<b>Métaux - métalloïdes</b>																
Fer mg/l 0.2 <sup>1</sup>	0.03	1.15	1.31	1.25	1.24	0.85	1.75	1.50	1.50	1.36	1.19	0.81	0.82	0.75	0.69	0.68
Manganèse µg/l 50 <sup>1</sup>	71	79	79	85	88	52	86	74	84	66	57	26	23	22	19	18
Aluminium µg/l 200 <sup>1</sup>	< 30															
Baryum µg/l 100 <sup>1</sup>	36															
Arsenic µg/l 50 <sup>1</sup>	35															
Lithium µg/l ** <sup>3</sup>	50															
Bore µg/l 1000 <sup>1</sup>	668	435	441	478	491	255										
Sélénium µg/l 10 <sup>1</sup>	18															
Strontium µg/l **	1940															
<b>Minéralisation***</b> g/l 1.5 <sup>1</sup>	5.96	5.16	3.50	3.46	3.22	2.95	4.80	4.27	4.08	3.66	3.36	1.29	1.15	1.05	0.96	0.90
<b>Salinité en NaCl</b> g/l 0.35 <sup>1</sup>	4.47	3.85	2.42	2.39	2.19	2.00	3.62	3.09	2.94	2.58	1.99	0.62	0.52	0.43	0.36	0.31
<b>Isotopes</b>																
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW ‰	-5.3															
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW ‰	-33.6															
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT ‰	18.1															
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW ‰	19.5															
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT ‰																
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	0.70896															
<sup>3</sup> H UT	3 +/-1															

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

\* : pas de valeur guide pour les eaux souterraines \*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé

\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)

<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)

<sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)

Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair

Tabl. 3 : Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 3 de St-Yzans de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1998

Nom du sondage : **PZEM 4 - ST ESTEPHE**  
 Lieu-dit : **PORT-DE-LA-CHAPELLE**

N° BSS : 07548X0234  
 Commune : **SAINT-ESTEPHE**

Coordonnées : x = 357.040 ; y = 333.840 ; z = 3.49 m

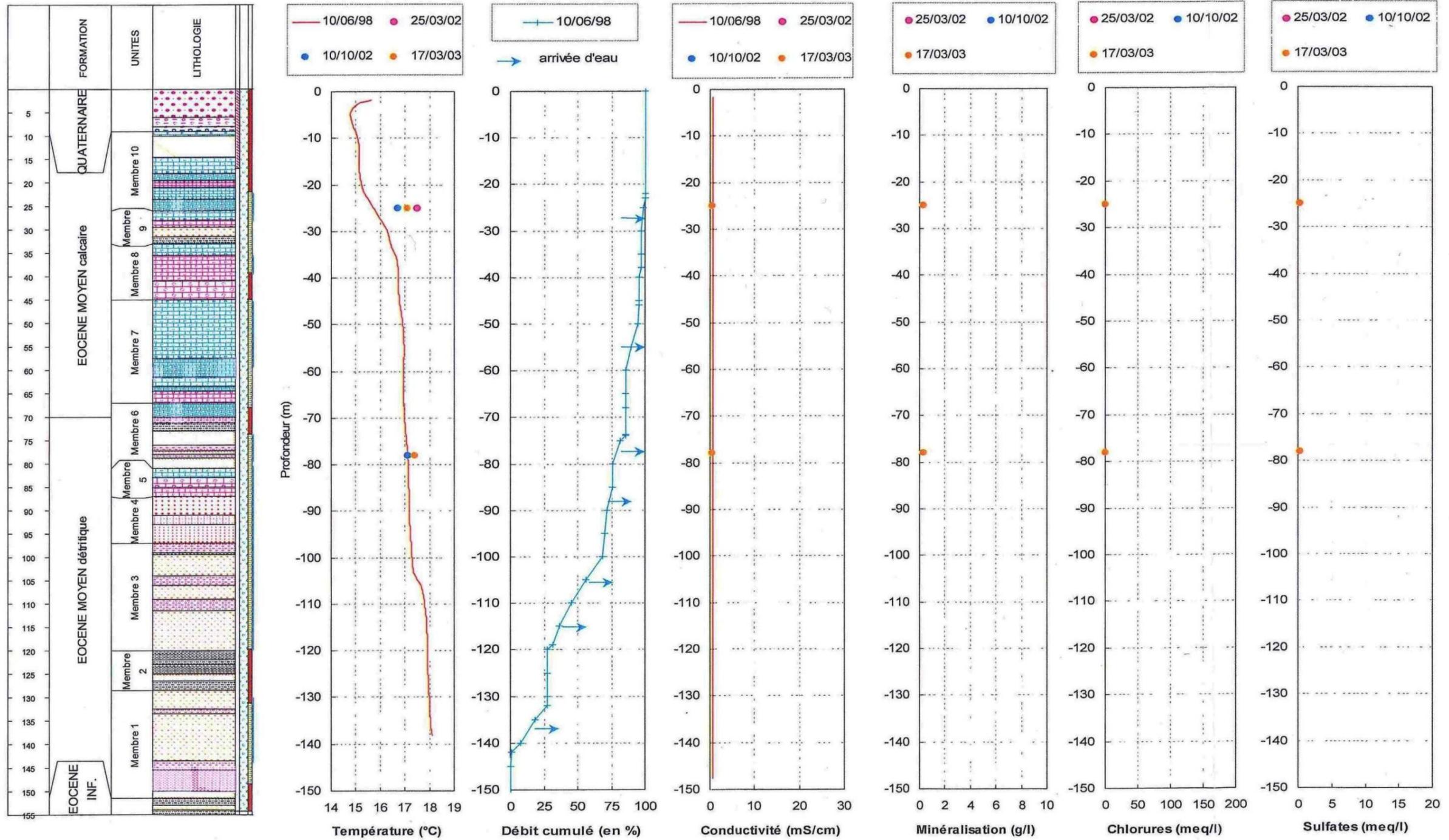


Fig. 37 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 4 de St-Estèphe de 2002 à 2003



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine  
Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde  
-Année 1 -

Analyses		25/03/02	25/03/02	10/10/02	10/10/02	17/03/03	17/03/03
Profondeurs de prélèvement		25 m	78 m	25 m	78 m	25 m	78 m
Norme							
Température	°C <25°C <sup>1</sup>	17.5	17.3	16.7	17.1	17.1	17.4
pH	6.5 - 9	7.13	7.43	7.24	7.01	7.53	7.54
Conductivité à 25°C	µS/cm 2000 <sup>1</sup>	411	412	392	380	376	369
Potentiel redox	mV *	100	125	145	130	140	135
O <sub>2</sub> dissous	mg/l * <sup>1</sup>	0.39	0.91	0.53	0.41		
<b>Cations</b>							
Calcium	mg/l 100 <sup>2</sup>	45.1	46.8	38.0	36.0	39.7	39.3
	meq/l	2.3	2.3	1.9	1.8	2.0	2.0
Potassium	mg/l 12 <sup>1</sup>	3.9	3.3	3.0	3.1	4.1	4.0
	meq	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Magnésium	mg/l 50 <sup>1</sup>	11.9	11.7	10.1	10.0	11.2	11.1
	meq	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9
<b>Sodium</b>	mg/l 150 <sup>1</sup>	<b>21.2</b>	<b>21.5</b>	<b>25.9</b>	<b>23.6</b>	<b>21.4</b>	<b>20.8</b>
	meq/l	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>
Ammonium	mg/l 0.5	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Silice	mg/l 20 <sup>1</sup>	14.1	14.2	13.2	12.7	14.1	14
<b>Anions</b>							
Carbonates	mg/l	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Bicarbonates	mg/l *	186.0	194.0	181.0	177.0	175.0	170.0
	meq/l	3.0	3.2	3.0	2.9	2.9	2.8
Sulfates	mg/l 250 <sup>1</sup>	15.9	15.5	17.2	15.8	16.2	15.0
	meq/l	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
Nitrates	mg/l 50 <sup>1</sup>	<0.1	<0.5	<0.1	<0.1	0.1	0.5
Nitrites	mg/l 0.10 <sup>1</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Chlorures</b>	mg/l 200 <sup>1</sup>	<b>27.1</b>	<b>25.4</b>	<b>27.6</b>	<b>25.3</b>	<b>24.0</b>	<b>22.5</b>
	meq/l	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>
Iodures	µg/l ** <sup>3</sup>		5				
Bromures	mg/l 0.03 <sup>3</sup>		0.07				
Fluorures	mg/l 1.2 <sup>1</sup>	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
<b>Métaux - métalloïdes</b>							
Fer	mg/l 0.2 <sup>1</sup>	0.19	0.18	0.16	0.20	0.23	0.24
Manganèse	µg/l 50 <sup>1</sup>	16	19	8	10	11	11
Aluminium	µg/l 200 <sup>1</sup>						
Baryum	µg/l 100 <sup>1</sup>						
Arsenic	µg/l 50 <sup>1</sup>	<10					
Lithium	µg/l ** <sup>3</sup>						
Bore	µg/l 1000 <sup>1</sup>	138	109				
Sélénium	µg/l 10 <sup>1</sup>	<10					
Strontium	µg/l **						
<b>Minéralisation***</b>	g/l 1.5 <sup>1</sup>	<b>0.31</b>	<b>0.32</b>	<b>0.30</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.28</b>
<b>Salinité en NaCl</b>	g/l 0.35 <sup>1</sup>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.04</b>
<b>Isotopes</b>							
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰ <sup>4</sup>						
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰ <sup>4</sup>						
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT	‰ <sup>4</sup>						
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW	‰ <sup>4</sup>						
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT	‰ <sup>4</sup>						
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr							
<sup>3</sup> H	UT						

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)

<sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)

<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)

<sup>4</sup> : pas d'analyse isotopique

\* : pas de valeur guide pour les eaux souterraines

\*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé

\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

**Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair**



Nom du sondage : **PZEM 5 - CUSSAC**  
 Lieu-dit : FORT-MEDOC

N° BSS : 07791X0204  
 Commune : CUSSAC-FORT-MEDOC

Coordonnées : x = 360.640 ; y = 316.550 ; z = 3.28 m

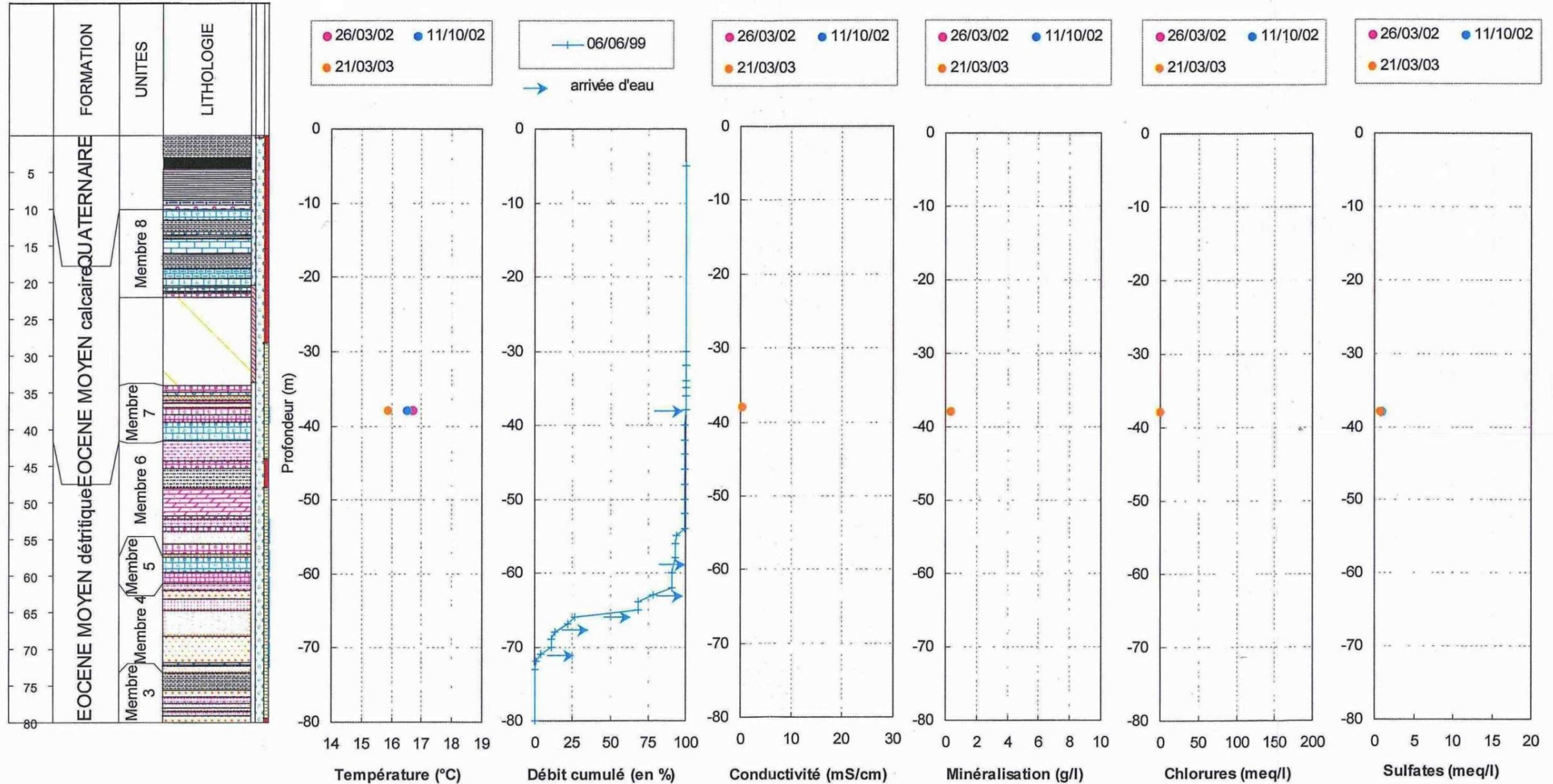


Fig. 38 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 5 de Cussac de 2002 à 2003



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine  
Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde  
-Année 1 -

Analyses		25/06/99	26/03/02	11/10/02	21/03/03
Profondeurs de prélèvement			38 m	38 m	38 m
Norme					
Température	°C <25°C <sup>1</sup>		16.7	16.5	15.9
pH	6.5 - 9		7.45	7.11	7.49
Conductivité à 25°C	µS/cm 2000 <sup>1</sup>		514	511	514
Potentiel redox	mV *		125	155	150
O <sub>2</sub> dissous	mg/l * <sup>1</sup>		0.36	0.41	0.50
<b>Cations</b>					
Calcium	mg/l 100 <sup>2</sup>		53.0	48.0	50.9
	meq/l		2.7	2.4	2.5
Potassium	mg/l 12 <sup>1</sup>		5.9	5.2	6.8
	meq		0.2	0.1	0.2
Magnésium	mg/l 50 <sup>1</sup>		19.3	18.2	19.0
	meq		1.6	1.5	1.6
<b>Sodium</b>	<b>mg/l 150 <sup>1</sup></b>		<b>26.3</b>	<b>28.2</b>	<b>28.5</b>
	<b>meq/l</b>		<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>
Ammonium	mg/l 0.5		0.1	0.1	0.1
Silice	mg/l 20 <sup>1</sup>		11.7	12.2	12.7
<b>Anions</b>					
Carbonates	mg/l		< 3	< 3	< 3
Bicarbonates	mg/l *		242.0	241.0	242.0
	meq/l		4.0	4.0	4.0
Sulfates	mg/l 250 <sup>1</sup>		37.2	39.6	39.3
	meq/l		0.8	0.8	0.8
Nitrates	mg/l 50 <sup>1</sup>		< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitrites	mg/l 0.10 <sup>1</sup>		<0.01	<0.01	<0.01
<b>Chlorures</b>	<b>mg/l 200 <sup>1</sup></b>		<b>21.9</b>	<b>21.8</b>	<b>22.8</b>
	<b>meq/l</b>		<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>
Iodures	µg/l ** <sup>3</sup>				
Bromures	mg/l 0.025 <sup>3</sup>	0.12			
Fluorures	mg/l 1.2 <sup>1</sup>		1.1	1.0	1.1
<b>Métaux - métalloïdes</b>					
Fer	mg/l 0.2 <sup>1</sup>		0.27	0.24	0.22
Manganèse	µg/l 50 <sup>1</sup>		9	7	7
Aluminium	µg/l 200 <sup>1</sup>				
Baryum	µg/l 100 <sup>1</sup>				
Arsenic	µg/l 50 <sup>1</sup>		<10		
Lithium	µg/l ** <sup>3</sup>				
Bore	µg/l 1000 <sup>1</sup>	107	191.0		
Sélénium	µg/l 10 <sup>1</sup>		<10		
Strontium	µg/l **	880			
<b>Minéralisation***</b>	<b>g/l 1.5 <sup>1</sup></b>		<b>0.41</b>	<b>0.40</b>	<b>0.41</b>
<b>Salinité en NaCl</b>	<b>g/l 0.35 <sup>1</sup></b>		<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>
<b>Isotopes</b>					
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰		-7.5		
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰		-49.0		
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT	‰		14.6		
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW	‰				
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT	‰				
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr		0.708352			
<sup>3</sup> H	UT		< 1		

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine  
<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)  
<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)      <sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)  
\* : pas de valeur guide pour les eaux souterraines      \*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé  
\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

**Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair**



**Tabl. 5 : Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 5 de Cussac de 2002 à 2003 et analyses isotopiques de 1999**



Nom du sondage : **PZEM 6 - CUSSAC**  
 Lieu-dit : FORT-MEDOC

N° BSS : 07791X0205  
 Commune : CUSSAC-FORT-MEDOC

Coordonnées : x = 360.640 ; y = 316.550 ; z = 3.28 m

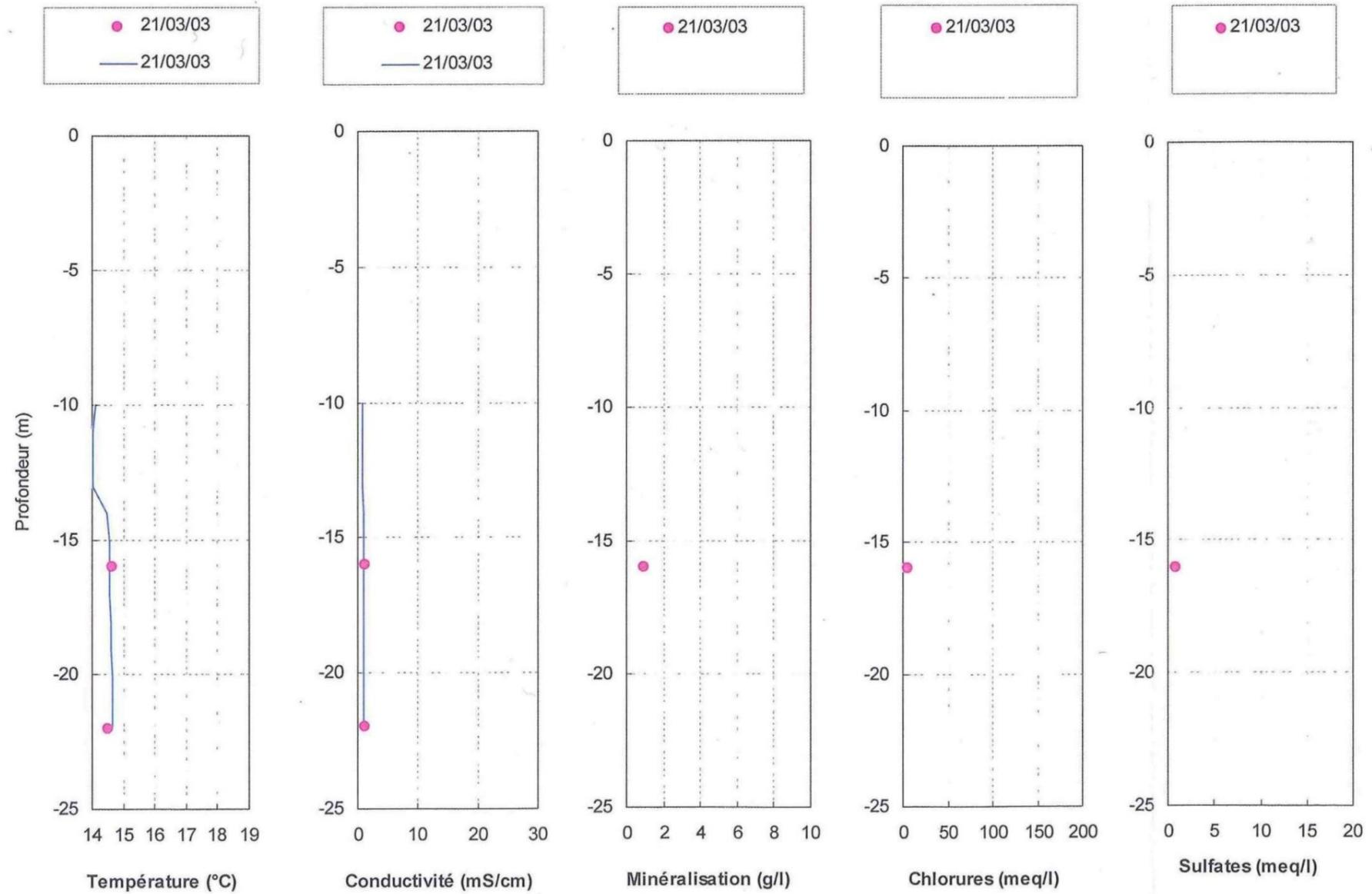
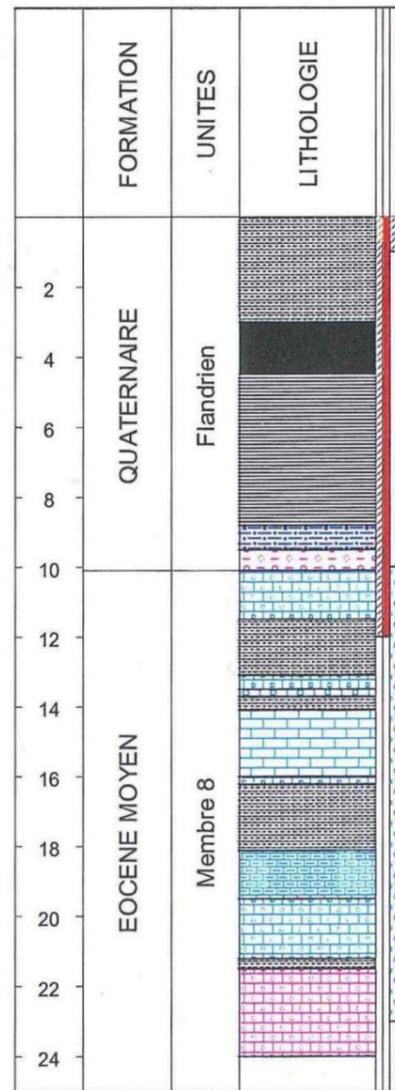


Fig. 39 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac en 2003



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine  
Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde  
-Année 1 -

Analyses		21/03/03	21/03/03
Profondeurs de prélèvement		16 m	22 m
Norme			
Température	°C <25°C <sup>1</sup>	14.6	14.5
pH	6.5 - 9	7.10	7.07
Conductivité à 25°C	µS/cm 2000 <sup>1</sup>	1197	1198
Potentiel redox	mV *	120	125
O <sub>2</sub> dissous	mg/l * <sup>1</sup>	0.148	0.15
<b>Cations</b>			
Calcium	mg/l 100 <sup>2</sup>	109.0	
	meq/l	5.5	
Potassium	mg/l 12 <sup>1</sup>	9.8	
	meq	0.3	
Magnésium	mg/l 50 <sup>1</sup>	28.1	
	meq	2.3	
<b>Sodium</b>	<b>mg/l 150 <sup>1</sup></b>	<b>104.0</b>	
	<b>meq/l</b>	<b>4.5</b>	
Ammonium	mg/l 0.5	1.4	
Silice	mg/l 20 <sup>1</sup>	15.4	
<b>Anions</b>			
Carbonates	mg/l	< 3	
Bicarbonates	mg/l *	414.0	
	meq/l	6.8	
Sulfates	mg/l 250 <sup>1</sup>	39.0	
	meq/l	0.8	
Nitrates	mg/l 50 <sup>1</sup>	< 0.4	
Nitrites	mg/l 0.10 <sup>1</sup>	<0.01	
<b>Chlorures</b>	<b>mg/l 200 <sup>1</sup></b>	<b>163.0</b>	
	<b>meq/l</b>	<b>4.6</b>	
Iodures	µg/l ** <sup>3</sup>		
Bromures	mg/l 0.025 <sup>3</sup>		
Fluorures	mg/l 1.2 <sup>1</sup>	0.3	
<b>Métaux - métalloïdes</b>			
Fer	mg/l 0.2 <sup>1</sup>	3.62	
Manganèse	µg/l 50 <sup>1</sup>	109	
Aluminium	µg/l 200 <sup>1</sup>		
Baryum	µg/l 100 <sup>1</sup>		
Arsenic	µg/l 50 <sup>1</sup>		
Lithium	µg/l ** <sup>3</sup>		
Bore	µg/l 1000 <sup>1</sup>		
Sélénium	µg/l 10 <sup>1</sup>		
Strontium	µg/l **		
<b>Minéralisation ***</b>	<b>g/l 1.5 <sup>1</sup></b>	<b>0.87</b>	
<b>Salinité en NaCl</b>	<b>g/l 0.35 <sup>1</sup></b>	<b>0.27</b>	
<b>Isotopes</b> <sup>4</sup>			
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰		
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰		
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT	‰		
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW	‰		
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT	‰		
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr			
<sup>3</sup> H	UT		

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)

<sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)

<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)

<sup>4</sup> : pas d'analyse isotopique

\* : pas de valeur guide pour les eaux souterrain

\*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé

\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair



**Tabl. 6 : Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 6 de Cussac en 2003**



Nom du sondage : **PZEM 7 - PLASSAC**  
 Lieu-dit : TERRAIN DE BOULES

N° BSS : 07791X0219  
 Commune : PLASSAC

Coordonnées : x = 365.140 ; y = 315.510 ; z = 4.25 m

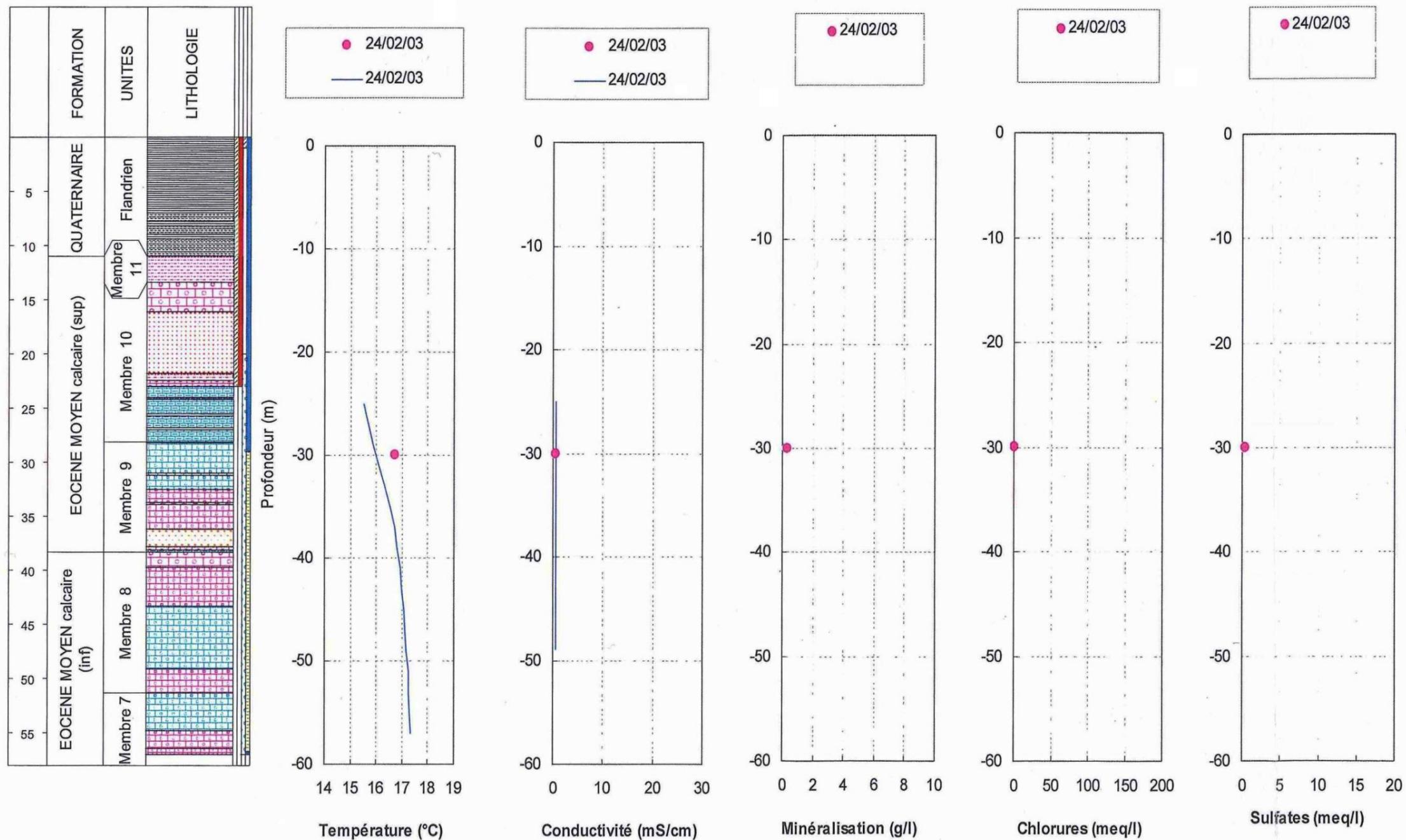


Fig. 40 : Résultats des mesures hydrochimiques effectuées dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac en 2003



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine  
Caractérisation de la crête piézométrique de l'Eocène au sud de l'estuaire de la Gironde  
-Année 1 -

Analyses			24/02/03
Profondeurs de prélèvement			30 m
		Norme	
Température	°C	<25°C <sup>1</sup>	16.7
pH		6.5 - 9	7.57
Conductivité à 25°C	µS/cm	2000 <sup>1</sup>	390
Potentiel redox	mV	*	-90
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	* <sup>1</sup>	
<b>Cations</b>			
Calcium	mg/l	100 <sup>2</sup>	61.2
	meq/l		3.1
Potassium	mg/l	12 <sup>1</sup>	3.5
	meq		0.1
Magnésium	mg/l	50 <sup>1</sup>	6.4
	meq		0.5
<b>Sodium</b>	mg/l	150 <sup>1</sup>	<b>13.6</b>
	meq/l		<b>0.6</b>
Ammonium	mg/l	0.5	<0.1
Silice	mg/l	20 <sup>1</sup>	23.6
<b>Anions</b>			
Carbonates	mg/l		< 3
Bicarbonates	mg/l	*	202.0
	meq/l		3.3
Sulfates	mg/l	250 <sup>1</sup>	13.8
	meq/l		0.3
Nitrates	mg/l	50 <sup>1</sup>	0.2
Nitrites	mg/l	0.10 <sup>1</sup>	0.01
<b>Chlorures</b>	mg/l	200 <sup>1</sup>	<b>17.9</b>
	meq/l		<b>0.5</b>
Iodures	µg/l	** <sup>3</sup>	
Bromures	mg/l	0.025 <sup>3</sup>	
Fluorures	mg/l	1.2 <sup>1</sup>	<0.1
<b>Métaux - métalloïdes</b>			
Fer	mg/l	0.2 <sup>1</sup>	0.51
Manganèse	µg/l	50 <sup>1</sup>	52
Aluminium	µg/l	200 <sup>1</sup>	
Baryum	µg/l	100 <sup>1</sup>	
Arsenic	µg/l	50 <sup>1</sup>	
Lithium	µg/l	** <sup>3</sup>	
Bore	µg/l	1000 <sup>1</sup>	
Sélénium	µg/l	10 <sup>1</sup>	
Strontium	µg/l	**	
<b>Minéralisation***</b>	g/l	1.5 <sup>1</sup>	<b>0.32</b>
<b>Salinité en NaCl</b>	g/l	0.35 <sup>1</sup>	<b>0.03</b>
<b>Isotopes</b> <sup>4</sup>			
δ <sup>18</sup> O (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰		
δ <sup>2</sup> H (H <sub>2</sub> O) vs SMOW	‰		
δ <sup>34</sup> S (SO <sub>4</sub> ) vs CDT	‰		
δ <sup>18</sup> O (SO <sub>4</sub> ) vs SMOW	‰		
δ <sup>34</sup> S (sulfures) vs CDT	‰		
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr			
<sup>3</sup> H	UT		

Les normes indiquées sont celles relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

<sup>1</sup> : réglementation française (décret modifié n° 89-3 du 3 janvier 89)

<sup>3</sup> : directive de l'OMS (1994)

<sup>2</sup> : directive du Conseil des communautés européennes (directive du 15 juillet 1980)

<sup>4</sup> : pas d'analyse isotopique

\* : pas de valeur guide pour les eaux souterrain \*\* : pas de données adéquates pour une valeur guide pour la santé

\*\*\* : minéralisation calculée à partir des éléments communs à toutes les analyses

**Les teneurs supérieures aux normes sont représentées avec un fond vert clair**



**Tabl. 7 : Résultats des analyses hydrochimiques des eaux prélevées dans le piézomètre PZEM 7 de Plassac en 2003**

## **6.3 EVOLUTION DE LA SALINITE DEPUIS LA MISE EN SERVICE DU RESEAU DE SURVEILLANCE**

### **6.3.1. Analyse des chroniques des teneurs en chlorure de sodium**

La figure 41 présente l'évolution sur quatre ans (de 1999 à 2003) de la teneur en chlorure de sodium dans les différents niveaux de la nappe de l'Eocène moyen dans les trois piézomètres salés du secteur Nord-Est du Médoc, à savoir les PZEM 1, 2 et 3.

Cette figure illustre le fait que, jusqu'à présent, les 3 niveaux du forage **PZEM 2** de Saint-Christoly ont des salinités identiques, n'évoluant pas dans le temps (4,5 g/l).

Pour le forage **PZEM 1** de Jau-Dignac, les mesures effectuées en avril 2000, septembre 2001 et mars 2003 montrent des salinités semblables dans les différents niveaux étudiés. Lors des autres périodes, les différents niveaux avaient des différences de salinité. Ce piézomètre montre une évolution variable de la salinité avec des augmentations suivies de baisses de la salinité. Mais il enregistre surtout une **tendance générale à la salinisation progressive de tous les réservoirs analysés dans le secteur nord-oriental du Médoc, l'augmentation de la teneur en NaCl étant de l'ordre de 2 g/l sur 3 ans (actuellement 4 g/l).**

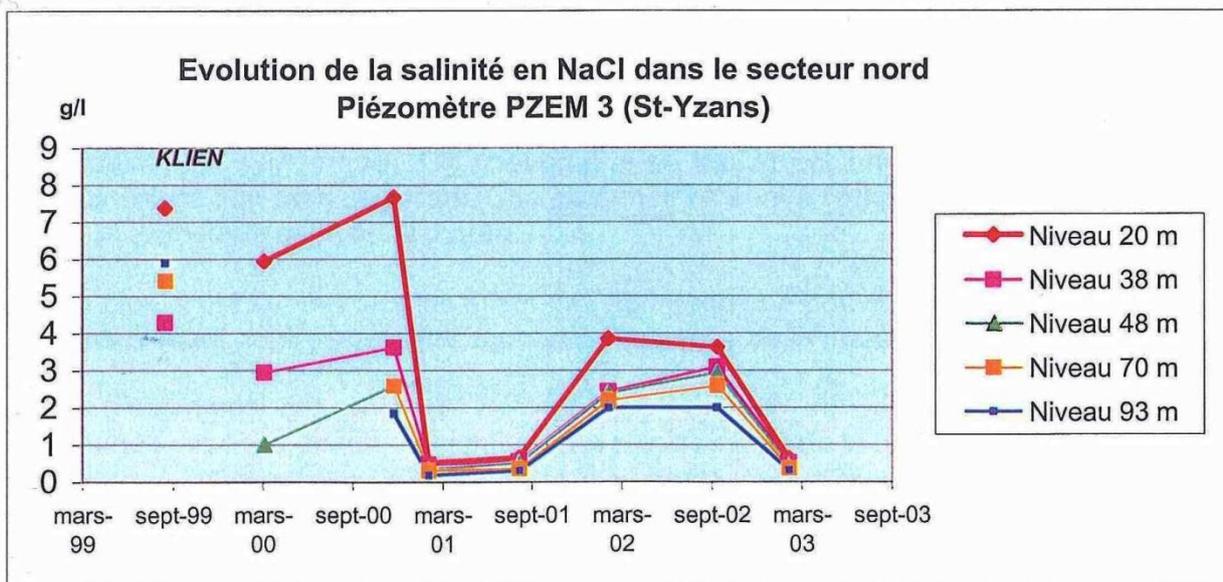
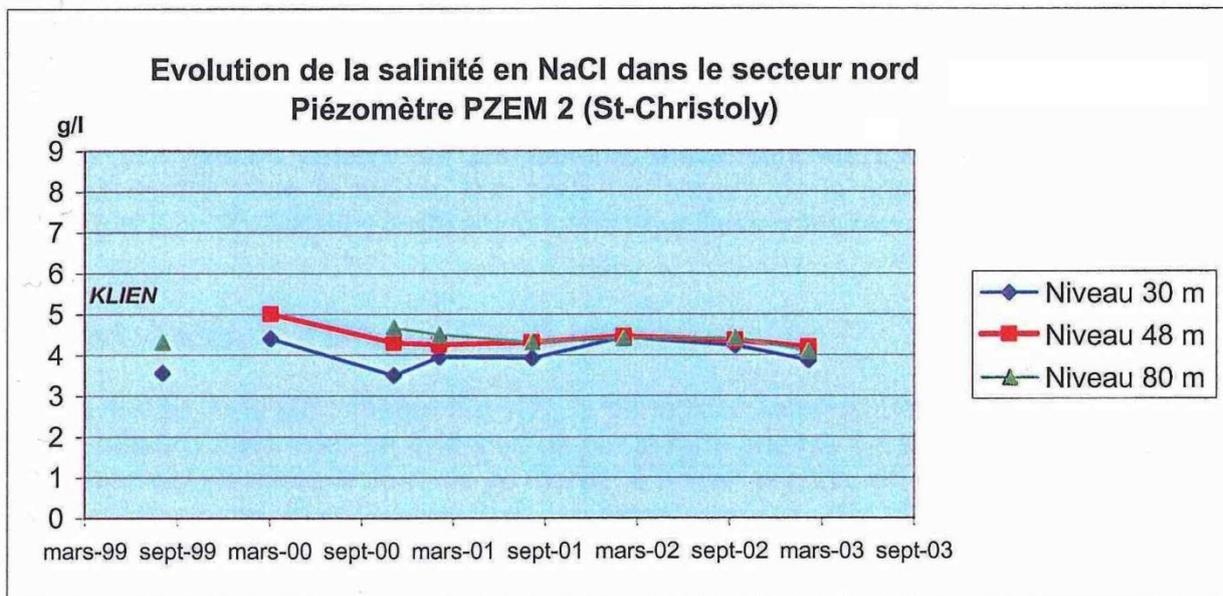
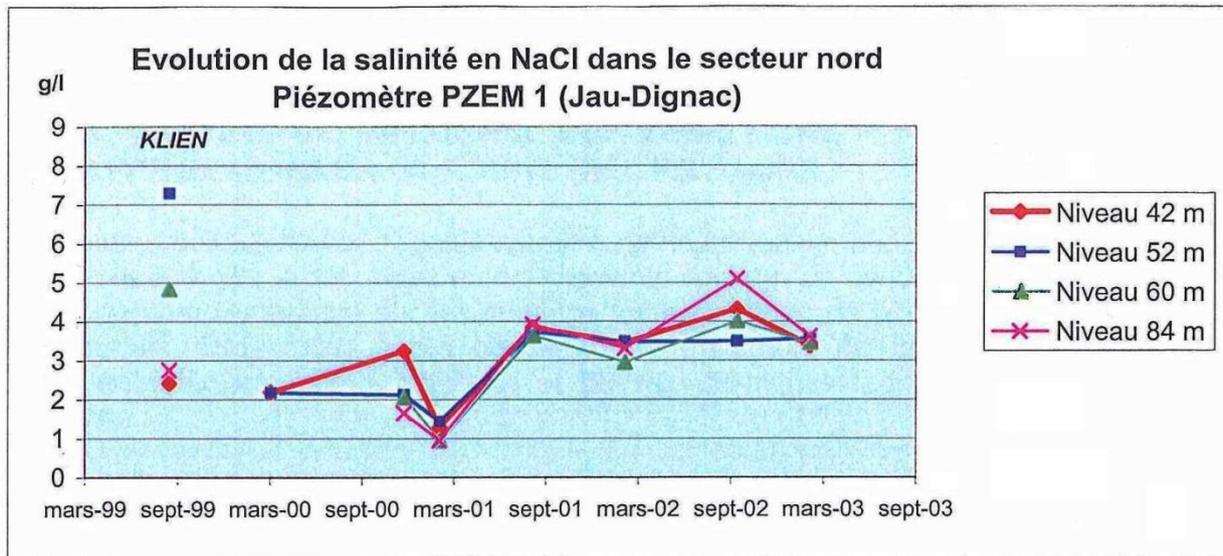
Enfin, le forage de Saint-Yzans (**PZEM 3**) présente également une évolution variable. Lors des mesures effectuées en mars et septembre 2001, ainsi qu'en mars 2003, les salinités étaient très faibles et similaires pour les différents niveaux. Lors des autres périodes, les salinités étaient plus élevées et des différences notables entre les différents niveaux apparaissaient. Ce piézomètre est celui qui montre les plus fortes variations dans le temps avec des salinités en NaCl pouvant varier de 0,2 à plus de 7,5 g/l. La tendance générale est donc encore difficile à dégager par manque de recul sur ce forage de surveillance.

### **6.3.2. Adaptation de la surveillance hydrochimique**

Compte tenu du nombre maintenant significatif d'analyses effectuées par piézomètre, démontrant que les salinités des eaux des différents niveaux étudiés évoluent de façon identique dans un même sondage, tant en augmentation qu'en diminution, il a été décidé d'alléger le programme d'analyses semestrielles.

**A partir de l'automne 2003, un seul niveau sera prélevé pour analyse dans chacun des sondages.** Toutefois des analyses complémentaires sont toujours susceptibles d'être effectuées en cas de besoin. Le choix du niveau a été fait en fonction de sa représentativité, liée à sa forte productivité et/ou son faciès hydrochimique moyen des niveaux du sondage. Les niveaux sélectionnés, dont les analyses seront seules saisies dans la BSS et le SIGES Aquitaine du BRGM, sont :

<b>Piézomètre</b>	<b>Niveau</b>
PZEM 1	42 m
PZEM 2	48 m
PZEM 3	20 m
PZEM 4	25 m
PZEM 5	38 m
PZEM 6	16 m
PZEM 7	30 m



**Fig. 41 - Evolution sur 4 ans de la teneur en chlorure de sodium dans différents niveaux de la nappe de l'Eocène moyen des trois piézomètres salés du Médoc oriental**

## **6.4. FACTEURS D'INFLUENCE DES VARIATIONS PERIODIQUES DE LA NAPPE EOCENE EN BORDURE DE L'ESTUAIRE**

Comme des fluctuations "périodiques" à haute fréquence non négligeables avaient été constatées dès le début des enregistrements continus de conductivité par niveaux, une étude complémentaire sur les relations entre la nappe de l'Eocène et l'estuaire de la Gironde (Brel, 2002) a été basée sur le traitement de données piézométriques, pluviométriques, marégraphiques et physico-chimiques (conductivité électrique des eaux).

Les analyses menées sont des analyses corrélatoires et spectrales (sur tous les paramètres), en ondelettes continues et en multi-résolution (sur tous les paramètres à l'exception de la pluviométrie), ainsi que l'étude du bruit (pour la piézométrie uniquement). Ces analyses ont été complétées par une approche fractale des chroniques piézométriques et de conductivité et une estimation de la diffusivité de l'aquifère.

Les conclusions portent sur les facteurs influençant les variations cycliques de la piézométrie et de la salinité des eaux (au travers de la conductivité). L'exemple du PZEM 2 de St-Christoly a été sélectionné pour illustrer les résultats (fig. 42 à 44).

### **6.4.1. Facteurs d'influence de la piézométrie**

Au niveau de la piézométrie (fig. 42), la périodicité semi-diurne de la marée (autour de 12 heures) a été mise en évidence de par la forte énergie enregistrée (le pic à 24 h est seulement un multiple du cycle de marée, à ne pas prendre en compte).

D'autres phénomènes, de plus faible énergie et avec des périodicités à plus court terme (autour de 8, 6, 4 et 3 heures) ont été notés. Une analyse détaillée a mis en évidence que ces périodicités, peu communes, trouvent leur origine dans le caractère dissymétrique de la marée dans la zone étudiée. En effet, l'onde de marée océanique se trouve atténuée à cause de la géométrie de l'estuaire et, par le fait, subit des déformations (Platel *et al.*, 1997). Cette dissymétrie est de plus en plus forte en allant du Nord vers le Sud (au niveau de l'embouchure de la Gironde, la courbe de marée est parfaitement symétrique). Ce phénomène se traduit par une durée du flot beaucoup plus courte que celle du jusant. Ces dissymétries sont à l'origine des périodicités à plus court terme que celle de la marée.

De plus, il est apparu que les effets des pompages ne pouvaient être mis en évidence, ceux-ci étant négligeables par rapport à l'influence de la marée.

La piézométrie des eaux de la nappe de l'Eocène en bordure de l'estuaire de la Gironde est donc directement influencée par les effets de la marée.

### **6.4.2. Facteurs d'influence de la salinité**

L'étude des suivis des conductivités (cf.1.4.5) met également en évidence la forte influence de la marée sur les variations de la salinité des eaux (fig. 43). Les mêmes périodicités que pour la piézométrie ont été retrouvées (autour de 12, 8, 6, 4 et 3

heures). La marée estuarienne est donc à l'origine des variations de salinité des eaux éocènes dans ce secteur. De même que précédemment, l'effet des pompages sur la salinité des eaux est négligeable par rapport à celui de la marée.

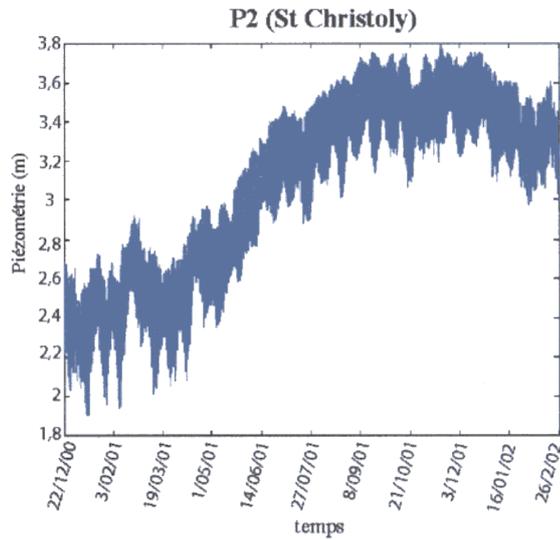
L'évolution des biseaux salés, conduisant à la contamination des eaux éocènes par des eaux saumâtres, est donc fortement dépendante de la marée. Toute réduction des pompages aurait donc pour effet de retarder cette salinisation des eaux qui, à plus ou moins long terme, paraît inéluctable. Cette étude a également mis en évidence un déphasage d'environ 4 heures entre les pics de la marée et ceux de la conductivité (fig. 44). Ceci implique l'existence d'une relation par transmission d'onde entre la marée et la salinité des eaux.

De plus, cette étude a montré que les faciès éocènes détritiques constituent une zone préférentielle d'infiltration de la salinité. Ceci a été prouvé par l'existence d'une forte corrélation entre l'onde de marée et celle de la conductivité mesurée à 80 m de profondeur dans le piézomètre de Saint-Christoly (PZEM 2). La forte diffusivité observée à cette même profondeur confirme ce résultat. La propagation du biseau salé s'effectuera donc en premier lieu dans cette partie profonde de l'aquifère.

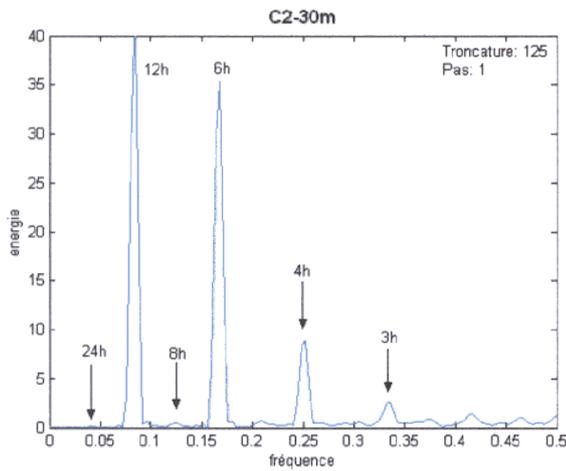
<b>Profondeur (m)</b>	<b>Diffusivité apparente (m<sup>2</sup>/s)</b>
30	3,7
48	3,7
80	28,0

***Calcul de la diffusivité apparente dans le piézomètre PZEM 2***

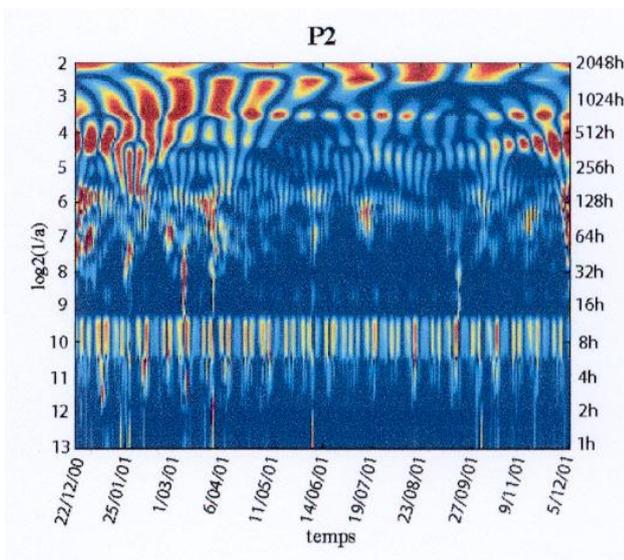
En résumé, les variations de la salinité des eaux de la nappe éocène dans le secteur de l'estuaire sont donc fortement influencées par les caractéristiques de l'onde de la marée dissymétrique qui parcourt la Gironde.



**Chronique brute du  
niveau piézométrique  
(en profondeur)**

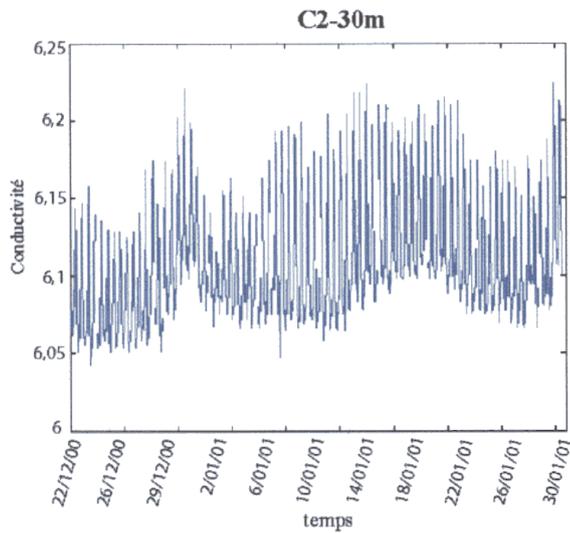


**Spectre de densité de  
variance de la  
piézométrie**

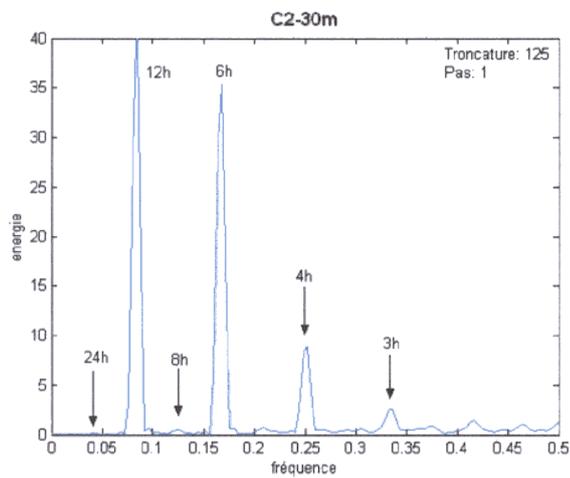


**Analyse en ondelettes  
continues de la  
piézométrie**

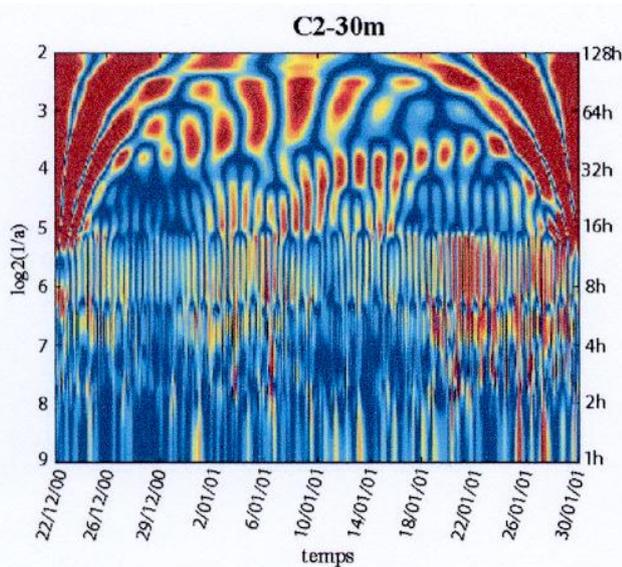
**Fig. 42 : Analyses des variations de la piézométrie enregistrées dans le sondage PZEM 2 de St-Christoly**



**Chronique brute des variations de conductivité (en mS/cm)**

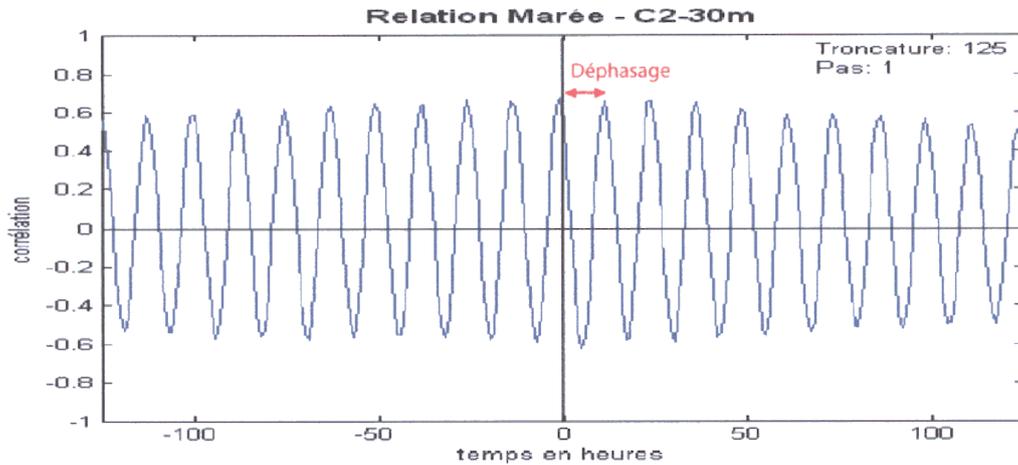


**Spectre de densité de variance de la conductivité**



**Analyse en ondelettes continues de la conductivité**

**Fig. 43 : Analyses des variations de la conductivité enregistrées dans le niveau à -30 m du sondage PZEM 2 de St-Christoly**



**Fig. 44 : Détermination du déphasage entre les pics de l'onde de marée et ceux de la conductivité enregistrée dans le niveau à -30 m du sondage PZEM 2 de St-Christoly**

## **7. Conclusions**

Depuis plus de quarante ans les études ont montré que la nappe de l'Eocène moyen à inférieur, fortement exploitée dans le département de la Gironde, présentait au droit de l'agglomération bordelaise un creux piézométrique très important, conséquence directe d'une intense exploitation actuellement stabilisée autour de 58 millions de m<sup>3</sup>/an.

Mais au droit du secteur de Blaye-Listrac, les niveaux se sont en général toujours maintenus au-dessus de la cote + 2,5 m NGF. Les dernières études sur les *Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène moyen*, réalisées par le BRGM Aquitaine dans le cadre de la précédente Convention Régionale, ont montré la grande complexité de cet aquifère multicouche, notamment avec l'existence d'au moins deux aquifères séparés dans le secteur. Certains peuvent présenter au même endroit des niveaux piézométriques nettement plus bas que ceux d'autres réservoirs artésiens (Cussac-Fort-Médoc).

Depuis longtemps, la qualité des eaux de la nappe s'est fortement dégradée par une invasion saline importante le long de la partie aval de l'estuaire, dépassant couramment 4 g/l de chlorure de sodium (voire 9 g/l localement). Les évolutions de la salinité sont actuellement sous surveillance bi-annuelle par le BRGM dans les 5 piézomètres du *Réseau PZEM*. Depuis le début de cette surveillance en 1998, le front de salinisation a tendance à progresser lentement vers l'Ouest.

Dans un tel contexte, la zone de piézométrie supérieure à + 2,5 m NGF constitue une *crête ("bourrelet") piézométrique* qu'il est donc indispensable de maintenir, car elle assure une protection de la nappe de l'Eocène vis-à-vis d'une propagation éventuelle de cette invasion saline vers les secteurs les plus exploités pour l'AEP dans la presqu'île d'Ambès et la zone bordelaise.

Il a donc été proposé dès 1999 de mettre en place une extension du réseau de suivi sur la zone de crête piézométrique. Cette proposition va dans le sens de la nécessité d'acquisition de connaissances géologiques complémentaires sur ce secteur, qui a été déclarée comme prioritaire, car le maintien des conditions actuelles, voire leur amélioration, est un des objectifs implicites de la mesure 3.3.1 du *SAGE Nappes Profondes Gironde*; cette dernière reconnaît en effet que la bordure de l'Estuaire est une *zone à risque identifié de salinisation* de la nappe Eocène, pour laquelle il est *nécessaire de définir une piézométrie de crise*.

L'objectif de l'étude est donc, dans un délai de 3 ans, de mieux connaître l'aquifère Eocène dans sa partie où la pression est la plus élevée au Nord de Bordeaux, afin d'assurer une protection contre les risques de salinisation de l'aquifère au droit de la région bordelaise. Pour l'atteindre, trois buts principaux sont poursuivis :

- Etablir le bilan des actuelles connaissances géologiques et hydrogéologiques
- Aboutir à la construction d'un réseau de doublets de cinq ou six piézomètres (profonds et superficiels) de part et d'autre de l'estuaire, extension vers le Sud du *réseau PZEM* existant en Médoc
- Poursuivre la surveillance des pressions et de la qualité des eaux de l'Eocène moyen en rive médocaine grâce au réseau PZEM et à son extension

Dès cette phase 1 ont été notamment abordées :

- la localisation des problèmes de charges piézométriques et/ou de minéralisation.
- la localisation des zones non ou mal renseignées qui seront les objectifs prioritaires des sondages de la phase 2.
- l'évolution et les tendances prévisibles sur la qualité des eaux éocènes le long de l'estuaire.

## **7.1. GEOLOGIE DE RESERVOIR**

Cette phase avait surtout pour objectif l'amélioration des connaissances géologiques le long et sous l'estuaire de la Gironde et les plaines alluviales des cours inférieurs de la Garonne et de la Dordogne pour aboutir à une géométrie précise des réservoirs éocènes.

L'étude géologique du substratum de l'estuaire de la Gironde entre Ambès et Blaye a été fondée sur la réinterprétation des levés géologiques en rive droite et gauche de l'estuaire, entre les PK 11 et PK 45 avec des études de caractérisation des formations sur le terrain et sur le dépouillement de plus de 175 sondages profonds ou courts permettant de dresser des coupes de références de la série éocène. Elle a abouti à une meilleure connaissance de la géométrie actuelle du toit des principaux réservoirs éocènes, par la réalisation sur l'emprise de la zone de la crête d'une cartographie géologique détaillée de plusieurs niveaux structuraux et grâce à la réalisation de 9 coupes géologiques transversales sériées et longitudinales entre le Sud de la presqu'île d'Ambès et le secteur de Blaye / Cussac pour visualiser la complexité de l'aquifère multicouche.

### **7.1.1. Lithostratigraphie de l'Eocène moyen**

Dans toute la Gironde occidentale, les terrains de l'Eocène moyen, de lithologie assez variée et puissants de 250 m en moyenne, peuvent être subdivisés en deux unités lithostratigraphiques dont les caractéristiques de réservoir sont variables. Elles sont elles-mêmes subdivisées en 10 membres regroupés en 3 réservoirs superposés, parfois en continuité hydraulique, mais localement séparés par des épontes. Les corrélations entre les coupes géologiques montrent bien la géométrie en réservoir multicouche de ces formations.

#### ***Eocène moyen grés-sableux***

Cette formation est surtout constituée de grès plus ou moins friables de granulométrie moyenne à grossière. La glauconie et les *Nummulites* sont généralement beaucoup moins abondantes que dans la série de l'Eocène inférieur. Le long de la rive médocaine de l'estuaire, cette partie inférieure (membres 1 à 6 - 50 à 250 m), est constituée par **deux à trois réservoirs grés-sableux** de 10 à 20 m d'épaisseur, qui augmente dans le synclinal de Pauillac. Au Nord de St-Estèphe, le membre 2 et le sommet du membre 3, constitués par des assises continues d'argiles plus ou moins silteuses, forment toujours des imperméables qui isolent la base sableuse du réservoir éocène moyen, qui n'est jamais en contact avec les eaux de l'estuaire (au moins dans la moitié nord du réseau).

### **Eocène moyen carbonaté**

La formation carbonatée du *Calcaire de Blaye* s'est ensuite déposée. Correspondant aux membres 7 à 10 (30 à 150 m), elle est constituée par des calcaires blancs à gris bioclastiques très fossilifères entre lesquels s'intercalent localement de nombreux niveaux détritiques (calcaires gréseux et marnes grisâtres). La limite entre les deux formations de l'Eocène moyen est diachrone, car les faciès carbonatés remplacent progressivement les faciès gréseux en allant d'Est en Ouest. Ainsi dans une frange de quelques kilomètres de largeur, des faciès alternants verticalement existent en bordure occidentale de l'estuaire entre les PK 80 et PK 63 et entre les PK 30 et PK 23. Ils s'étendent de part et d'autre de l'estuaire entre les PK 55 et PK 40.

Cette formation correspond à **deux réservoirs** : l'*inférieur* dans les *membres 7 et 8* et le *supérieur* dans les *membres 9 et 10*. Une assise sablo-gréseuse sépare les deux réservoirs. Ce sont **ces membres qui sont en contact direct avec les eaux du fond de l'estuaire et avec les lambeaux de terrasses alluviales pléistocènes** avec risque de pénétration d'eau saumâtre dans tout le réservoir supérieur au moins jusqu'à Saint-Christoly vers le Sud.

Alors que depuis Jau jusqu'à St-Christoly, la partie supérieure de l'Eocène moyen se présente comme un réservoir unique puissant de plus de 60 m, englobant le sommet de la formation gréso-sableuse et toute la formation carbonatée, vers le Sud, à partir du secteur de St-Yzans, elle se subdivise en plusieurs petits réservoirs de 10 m à 20 m d'épaisseur environ, qui se prolongent vers St-Estèphe-Pauillac et jusqu'au secteur de Cussac-Lamarque.

#### **7.1.2. Géométrie des réservoirs calcaires**

Dans tout le secteur étudié il existe une assez grande régularité structurale (très faible pendage vers le Sud-Est à partir de Blaye-Cussac), une tendance à l'épaississement des dépôts dans le secteur d'Ambès et une plus forte érosion quaternaire au Nord-Ouest.

Du point de vue structural, de rares failles de direction armoricaine NW-SE sont connues. La plus importante est une longue faille probable entre St-Julien de Beychevelle et l'île d'Ambès, qui expliquerait l'abaissement des terrains oligocènes du Bourgeois par rapport aux séries de la rive gauche (un élément de cet accident, dont le rejet est estimé à 10 à 15 m, en est connu à l'affleurement à Roque-de-Thau).

La principale structure du secteur est l'anticlinal de Blaye-Listrac, orienté N 60° E, qui s'étend sur 15 km de long en traversant l'estuaire au niveau de l'île Paté et du Fort-Médoc (PK 36,5). Son cœur lutétien affleure principalement à Blaye mais aussi à Listrac. Cette structure est plus fortement marquée en rive droite au niveau de la Citadelle qu'en rive occidentale près de Fort-Médoc. Vers le Sud du secteur les couches s'enfoncent régulièrement sous la presqu'île d'Ambès pour y dessiner un synclinal évasé de même orientation que l'anticlinal.

Les ondulations du toit du réservoir supérieur des calcaires de l'Eocène moyen se voit bien avec un toit qui culmine vers +30 NGF sur l'axe de l'anticlinal Blaye-Listrac, s'enfonce vers -30 NGF près de Soussans, remonte légèrement au Sud de Margaux pour plonger autour de -65 NGF sous l'ancienne raffinerie Esso, puis s'élever vers -20 NGF au Nord de St-Louis de Monferrand et plonger finalement vers Bordeaux.

Les puissances des deux réservoirs calcaires sont comprises entre 25 et 60 m pour le supérieur et 40 et 100 m pour l'inférieur, les plus fortes puissances se trouvant généralement dans l'Ouest de la zone synclinale d'Ambès et les plus faibles près de l'anticlinal.

Alors qu'à l'Est d'une ligne Arzac-Cantenac-Margaux-Cussac les assises calcaires des deux réservoirs sont séparées par des niveaux marneux, ou le plus souvent par des niveaux sableux ou gréseux, elles sont par contre en communication à l'Ouest. Partout les calcaires passent progressivement vers l'Est à des calcaires gréseux puis à des sables, notamment dans les secteurs de Bourg-sur-Gironde et de Prignac, les sables grossiers à moyens à niveaux gréseux correspondant à l'extrémité de la Formation des *Sables Fluviaux du Libournais*.

### **7.1.3. Géométrie des réservoirs grésos-sableux**

La surface du toit de cette formation des *Sables inférieurs* est très régulière : zone anticlinale bien marquée au Nord avec un toit culminant entre -20 NGF sous Blaye et se tenant généralement vers -50 NGF, surface sommitale plongeant régulièrement vers le SSE dans le cœur du synclinal d'Ambès jusque vers -180 NGF.

Sa puissance est comprise entre 75 et 125 m (Ludon-Médoc), une surépaisseur atteignant 240 m dans le Bourgeois (passage latéral de faciès entre les calcaires des membres 7 et 8 et des sables continentaux).

La majorité des terrains sont sableux à gréseux, avec des niveaux argileux intercalés. Dans tout le secteur de Ludon et jusqu'à Parempuyre, le sommet de la formation est constitué par une assise d'argiles sableuses pouvant dépasser 70 m de puissance séparant les deux parties de l'aquifère éocène moyen.

### **7.1.4. Géométrie des terrains de recouvrement tertiaires et quaternaires**

Des terrains à dominante marneuse ou argileuse s'étendent partout au-dessus des réservoirs calcaires de l'Eocène moyen, correspondant aux *Argiles à Ostrea cucullaris*, aux *Calcaire et argiles de Plassac*, aux *Marnes à Ostrea bersonensis* et au *Calcaire argileux à Sismondia*. Ces terrains, déposés à l'**Eocène supérieur** constituent un ensemble imperméable, parfois épais de plus de 50 m, qui isole totalement l'aquifère des communications avec les terrains quaternaires de l'estuaire ancien, à l'exception de l'axe de l'anticlinal de Blaye-Listrac, ainsi que dans de rares petites zones (Ile Margaux, Fumadelle, Soussans) où, soit les faciès sont sablo-gréseux, soit les alluvions graveleuses reposeraient sur les calcaires de Blaye, et dans certaines zones du Sud de la presqu'île d'Ambès (où les terrains de l'Eocène supérieur sont très peu épais par suite de l'érosion).

Les terrasses graveleuses de l'estuaire ancien du **Pléistocène** sont partout présentes dans le secteur étudié. Dans le secteur de la presqu'île d'Ambès, au moins quatre niveaux sont distingués (entre 0 et -25 NGF en cotes de base), qui reposent presque toujours sur des marnes, mais sont quelquefois superposés aux calcaires de l'Eocène supérieur.

L'emprise des argiles du **Flandrien** (dont l'épaisseur peut dépasser 20 m) correspond à l'étendue du bras de mer formant l'estuaire ancien pendant 6000 ans. Ces dépôts imperméables sont généralement superposés aux terrains compacts de l'Eocène supérieur et localement aux calcaires oligocènes en bordure des marais de Bourg/Gironde et Prignac. C'est dans cette emprise que des nappes d'eaux saumâtres fossiles peuvent exister dans les alluvions plus ou moins grossières pléistocènes ; elles sont cependant isolées des réservoirs de l'Eocène moyen.

Dans certaines zones au Sud du Bec d'Ambès, cette formation se réduit à moins de 10 m, mais les deux fleuves coulent toujours sur au moins quelques mètres d'argiles flandriennes, sauf au niveau de l'axe de l'anticlinal de Blaye-Listrac et jusqu'à St-Julien-de-Beychevelle (PK 36,5 / PK 44) où des affleurements calcaires ou marneux pointent au fond du chenal de grande navigation.

## **7.2. EVOLUTIONS PIEZOMETRIQUES**

L'état des connaissances sur la nappe aquifère de l'Eocène moyen (système 214) dans ce secteur de l'Estuaire a été établi, comprenant la localisation des forages exploités et non exploités accessibles, l'acquisition des données de la piézométrie du secteur et le point sur les données de l'hydrochimie de la nappe.

Compte tenu du faible nombre de forages ne captant que la partie calcaire de l'aquifère Eocène (6 forages recensés), la carte piézométrique de cette partie de la nappe ne peut être correctement dressée et la piézométrie considérée dans l'étude n'est donc représentative que de la base de l'aquifère de l'Eocène moyen. L'écoulement général des eaux se fait vers le Nord mais un fort gradient existe aussi vers le Sud depuis de nombreuses décennies. Vers le Nord, il s'agit de l'écoulement naturel vers la mer et l'estuaire, alors qu'au Sud l'écoulement se fait vers le creux piézométrique situé sous Bordeaux, dont la courbe 0 m NGF marquerait la limite nord. Ces deux zones d'écoulements opposés sont séparées par l'existence de la crête piézométrique centrée sur l'estuaire entre Pauillac, Blaye et Lamarque, qui présente des piézométries de l'ordre de 3 à 5 m NGF pour la nappe des grès et sables.

Grâce aux piézomètres PZEM 1 à 5, réalisés de 1997 à 1999 et équipés d'enregistreurs numériques, la surveillance des pressions de la nappe est suivie en permanence dans cinq secteurs. Le réseau a été étendu cette année vers le Sud par la réalisation des PZEM 6 et 7.

**Dans les 4 secteurs au Nord de la crête piézométrique** (autour des PZEM 1 à 4), le niveau piézométrique moyen est stable depuis le début des mesures. Toutefois les fluctuations saisonnières sont bien marquées avec des crues généralement étalées de novembre à juin et des étiages de juillet à octobre. La différence de niveau observée entre les hautes et basses eaux est variable selon les ouvrages et les années. Elle est de 0,5 à 1 m à Jau et St-Christoly, et de 1 à 1,5 m dans les secteurs de St-Yzans et St-Estèphe. L'hiver 2000-2001, particulièrement pluvieux, a été marqué par des hautes eaux plus importantes qu'habituellement, de 0,2 à 0,5 m suivant les ouvrages. A l'inverse la recharge 2001-2002 a été un peu plus faible que les années antérieures, mais la recharge 2002-2003 a été normale. Cependant l'amorce plus précoce de la baisse traduit le manque de précipitations printanières (prélèvements plus conséquents dans les secteurs de St-Yzans et St-Estèphe).

Les durées journalières relatives entre les périodes de sorties et d'entrées d'eau dans le fond de l'estuaire actuel ont été estimées lors de l'étude précédente (Platel, 2001 ; Schnebelen *et al.*, 2002) et ne sont pas reprises ici dans le détail. De manière générale pour les piézomètres PZEM 1, 2 et 3, le niveau des eaux de l'estuaire à marée basse est inférieur de 1 à 2 m à celui de la nappe de l'Eocène moyen. Pour le PZEM 4, des inversions de charge peuvent se produire à l'étiage de la nappe pendant les marées de vives-eaux. A marée haute, le niveau du plan d'eau de l'estuaire est presque systématiquement au dessus du niveau de la nappe (cette situation étant plus nuancée pour les PZEM 3 et 4, pour lesquels seules les périodes d'étiage constituent de longues périodes où le niveau de la nappe est inférieur à celui des eaux de l'estuaire).

**Sur la zone de la crête piézométrique**, un doublet de piézomètres est maintenant complètement opérationnel à Fort-Médoc (Cussac).

Concernant la nappe inférieure (PZEM 5) le niveau piézométrique moyen en hautes eaux (+3,5 NGF) est relativement constant depuis 1999 (+4 NGF en 2001). Cette élévation est là aussi à mettre en relation avec les précipitations importantes lors de l'hiver 2000-2001. A marée basse, le niveau des eaux de l'estuaire est toujours inférieur à celui de la nappe des grès et sables. C'est également le cas à marée haute sauf en période d'étiage sévère de la nappe (juillet à septembre) lors de très forts coefficients, car des inversions de gradients hydrauliques peuvent se produire, l'estuaire se trouvant en charge par rapport à la nappe.

Dans la nappe de l'Eocène moyen calcaire (piézomètre PZEM 6 réalisé en décembre 2002), le niveau d'eau observé à cette époque ne se situait qu'à +2,3 NGF à marée haute, soit environ 1,5 m plus bas que la nappe profonde. Depuis, le niveau d'eau baisse régulièrement, atteignant +1,5 NGF en juillet 2003. A noter que l'amplitude des variations entre marée haute et marée basse est beaucoup plus faible (environ 0,1m) que dans la partie détritique.

En rive droite à Plassac (dans le PZEM 7, second ouvrage à la nappe de l'Eocène moyen calcaire), le niveau piézométrique moyen de la nappe sur la période de mesure se situe à environ +3 NGF. Début juin 2003 s'est marquée l'amorce de l'étiage de la nappe. A marée basse comme à marée haute, le niveau des eaux de l'estuaire est presque toujours inférieur à celui de la nappe des calcaires (nette différence avec le PZEM 6 de Cussac).

Dans l'état actuel des connaissances, **l'allongement de la crête piézométrique** apparaît comme **oblique par rapport à l'axe de la structure géologique**, les pressions plus fortes étant centrées sur l'axe de l'anticlinal de Blaye-Listrac en rive droite, alors qu'en rive gauche les plus hauts niveaux sont décalés de plus de 2 km au Nord de l'axe structural, tant pour l'aquifère inférieur que l'aquifère supérieur.

### **7.3. EVOLUTIONS HYDROCHIMIQUES**

De manière générale, deux familles de faciès hydrochimiques ont été distinguées dans les eaux de la nappe éocène.

La première, reconnue entre autre dans les eaux de St-Estèphe, de Cussac et de Plassac (PZEM 4, 5 et 7), est de type bicarbonaté-calcique. Elles sont presque totalement dépourvues de chlorure de sodium et leur faciès hydrochimique, généralement moyennement minéralisé (200 à 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), est habituel des eaux de la nappe éocène. Tous les forages situés en rive droite présentent des minéralisations faibles. Les eaux de la nappe des calcaires en rive gauche (PZEM 6) sont très légèrement plus salées que celles de la nappe profonde au même endroit.

La seconde famille est de type chloruré-sodique, témoignant d'un mélange des eaux de la nappe éocène avec des eaux d'origine marine plus ou moins fossile. Leur conductivité électrique est assez forte (entre 200 et 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Des eaux présentant des conductivités supérieures à 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , voire supérieures à 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sont courantes dans cette zone. C'est le cas des eaux des piézomètres PZEM 1, 2 et 3, situés en partie septentrionale du Médoc, dont les conductivités dépassent souvent 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les teneurs en chlorures sont souvent comprises entre 20 et 50 mg/l le long de l'estuaire. Mais des points présentent des teneurs comprises entre 100 et plus de 200 mg/l. Dans trois des sondages de surveillance des teneurs de plus de 4 g/l ont été régulièrement notées. De même que pour la minéralisation, les teneurs en chlorures sont faibles en rive droite.

Pour assurer surveillance hydrochimique de la qualité des eaux huit campagnes semestrielles de mesures et d'analyses ont été menées depuis 1998 dans les 5 premiers piézomètres du réseau de surveillance et d'alerte *PZEM*, mais une seule campagne n'a pu qu'être effectuée dans les 2 nouveaux sondages. Elles permettent de caractériser l'évolution spatiale et temporelle de la composition chimique de l'eau par secteurs, et en particulier celle de la salinité.

### **7.3.1. Evolution de la salinité en chlorure de sodium**

Sur quatre ans de surveillance (1999 à 2003) la teneur en chlorure de sodium dans les différents niveaux de la nappe de l'Eocène moyen a montré des variations différentes dans les trois piézomètres salés du secteur Nord-Est du Médoc (entre Jau et St-Yzans).

**Dans le secteur nord-oriental du Médoc**, autour de Jau-Dignac, les mesures effectuées en avril 2000, septembre 2001 et mars 2003 montrent des salinités semblables dans les différents niveaux étudiés. Mais il y a surtout été constaté une **tendance générale à la salinisation progressive de tous les réservoirs analysés, l'augmentation de la teneur en NaCl étant de l'ordre de 2 g/l sur 3 ans** (actuellement 4 g/l).

Plus au Sud, à Saint-Christoly les eaux de tous les niveaux du multicouche ont des salinités identiques et qui n'évolueraient presque pas dans le temps (4,5 g/l en moyenne).

Encore plus au Sud, le forage de Saint-Yzans (PZEM 3) présente une évolution très variable. Ce piézomètre est celui qui montre les plus fortes variations dans le temps avec des salinités en NaCl pouvant varier de 0,2 à plus de 7,5 g/l. Cependant la tendance générale est encore difficile à dégager par manque de chronique d'analyses dans ce secteur.

### **7.3.2. Facteurs d'influence des variations journalières de salinité**

Le traitement mathématique des enregistrements en continu des valeurs de conductivité et de température (par analyse corrélatoire et méthode des ondelettes) au droit de niveau particulier dans deux des forages salés, a mis également en évidence la très forte influence de la marée sur les variations de la salinité des eaux (avec les mêmes périodicités que pour la piézométrie autour de 12, 8, 6, 4 et 3 heures).

Il est ainsi prouvé que **la marée estuarienne est à l'origine des variations à haute fréquence de salinité des eaux éocènes** dans ce secteur, avec la mise en évidence d'un déphasage d'environ 4 heures entre les pics de la marée et ceux de la conductivité. Ceci implique l'existence d'une relation par transmission d'onde entre la marée et la salinité des eaux.

De plus, cette étude a montré que les faciès éocènes sablo-gréseux du réservoir inférieur constituaient une zone préférentielle d'infiltration de la salinité (forte corrélation entre l'onde de marée et celle de la conductivité mesurée à 80 m de profondeur dans le piézomètre de Saint-Christoly). La forte diffusivité observée à cette même profondeur confirme ce résultat. **La propagation du biseau salé s'effectuera donc en premier lieu dans cette partie profonde de l'aquifère.**

## **7.4. EXTENSION DU RESEAU *PZEM* DE SURVEILLANCE ET D'ALERTE**

A la suite de la synthèse géologique, six sites ont été sélectionnés pour implanter les piézomètres en fonction de différents critères découlant de l'interprétation des géométries des formations réservoirs et des superpositions reconnues ou probables, ainsi que de l'éloignement des ouvrages exploitant la nappe éocène et des disponibilités foncières communales. Ils sont répartis régulièrement en rive gauche (3), en rive droite (2) et sur (ou près de) la presqu'île (1).

Comme pour les 5 premiers piézomètres du réseau *PZEM*, une implantation plus ciblée sur le domaine public a été privilégiée pour assurer la pérennité de la mission de surveillance de l'extension du réseau, dont cette partie ne concerne que la crête de pression entre l'anticlinal de Blaye-Listrac et la presqu'île d'Ambès.

### **7.4.1. Implantation des doublets de piézomètres**

#### ***Site de Cussac-Fort-Médoc***

Ce site avait été reconnu lors de l'étude précédente pour caractériser la nappe au droit de l'axe anticlinal à proximité de son exutoire estuarien le plus au Sud. Le sondage *PZEM* 5, foré en 1999 et crépiné devant le réservoir inférieur grésosableux, avait permis de réellement préciser pour la première fois la pression sur la crête piézométrique. Il avait aussi mis en évidence des zones karstifiées à plus faible pression hydraulique dans le réservoir calcaire qu'il ne restait plus qu'à capter correctement.

#### ***Site de Plassac***

Choisi comme point de surveillance en rive droite de l'estuaire au Sud de l'axe supposé de la crête piézométrique, ce site avait pour intérêt la proximité de l'ancien sondage communal éventuellement récupérable, après diagnostic de son état, pour surveiller le réservoir inférieur. Un seul sondage assez court a été programmé.

L'état du vieux forage s'étant par la suite révélé décevant (cf. 4.3.), et l'idée de le récupérer a été abandonnée, mais la possibilité de réaliser un sondage profond de 80 m environ n'est pas exclue. Toutefois son exécution a été repoussée en fin du programme d'étude en fonction des résultats sur les autres sites et des crédits disponibles.

#### ***Site de Soussans***

Le secteur de Soussans a été retenu pour surveiller la crête en rive occidentale parce que les toits des différents réservoirs y sont moins profonds que partout autour et qu'une assise marneuse doit séparer la formation grésosableuse des calcaires du réservoir supérieur. Deux piézomètres y seront forés pendant l'année 2 du programme (profondeurs de 50 à 58 m pour le sondage court *PZEM* 8, et de 115 m pour le sondage profond *PZEM* 9).

#### ***Site de St-Genès-de-Blaye***

Décidé pour disposer d'un point de surveillance en rive droite de l'estuaire au Nord de l'axe supposé de la crête piézométrique, le site a pour intérêt principal la proximité de deux sondages éventuellement récupérables, après diagnostic de leur état, pour permettre de surveiller le réservoir inférieur grésosableux à partir de 95 m de

profondeur environ. Un piézomètre court PZEM 11 de 30 m environ est à réaliser pendant l'année 2 pour capter le réservoir calcaire.

#### **Site de Beychevelle**

Situé en face du site de St-Genès, celui de St-Julien de Beychevelle a été retenu pour surveiller la nappe dans la partie nord de la crête en rive occidentale et vérifier si les particularités hydrauliques du site de Cussac se prolongent au Nord de l'anticlinal de Blaye-Listrac.

Deux piézomètres y seront forés pendant les années 2 et 3 du programme (profondeurs de 30 m pour le sondage court PZEM 13, et de 150 m pour le sondage profond PZEM 14).

#### **Site d'Ambès et site optionnel de Ludon**

A cause de la grande profondeur des réservoirs sous la presqu'île d'Ambès, il a été privilégié de récupérer un ouvrage industriel, en cours d'abandon ou peu utilisé, qui capte la nappe de l'Eocène moyen détritique (en discussion avec la direction de TPB pour examiner les possibilités de réalisation).

Un piézomètre plus court PZEM 15, de profondeur de 120 m environ, resterait à forer en fin de programme au droit de la nappe de l'Eocène moyen calcaire pour disposer d'un véritable outil de surveillance piézométrique qui servirait à contrôler la remontée de la pression de l'aquifère éocène dans ce secteur après le raccordement des sites industriels sur un réseau collectif d'eau superficielle traitée.

Dans la mesure où l'opération projetée à Ambès ne pourrait pas se faire, sur le site TPB ou ailleurs, un site optionnel avec foration d'un sondage de 60 m est retenu dans le secteur de Ludon-Médoc, dont la configuration géologique est proche et le contexte hydrogéologique assez semblable, bien que faisant déjà partie du creux piézométrique bordelais.

### **7.4.2. Réalisation des nouveaux sondages piézométriques**

Deux nouveaux sondages ont été faits en décembre 2002 sur des terrains communaux et sont depuis équipés d'enregistreurs numériques de pression (cf. 4.1 et 4.2).

#### **Site de Cussac-Fort-Médoc ( piézomètre PZEM 6)**

Le piézomètre PZEM 6, réalisé au cours de cette phase d'étude jusqu'à de 24 m de profondeur, a été crépiné au droit du réservoir calcaire inférieur. Comme prévu il a traversé un aquifère à eau légèrement salée (270 mg/l de NaCl), dont la pression moyenne est +2,3 NGF à la crue.

#### **Site de Plassac ( piézomètre PZEM 7)**

Le piézomètre PZEM 7, profond de 57 m, a aussi été réalisé au cours de cette phase d'étude pour capter le réservoir calcaire. Il a traversé un aquifère à eau douce (30 mg/l de NaCl), dont la pression moyenne est +3 NGF à la crue.

## **7.5. PROGRAMME D'ETUDES ET DE TRAVAUX DE LA PHASE 2**

La seconde année de l'étude sera principalement consacrée à la réalisation des piézomètres courts au droit de la nappe supérieure (réservoir calcaire) sur les sites de Soussans, de Beychevelle et de St-Genès-de-Blaye, à celle du piézomètre profond de Soussans, ainsi qu'aux opérations de diagnostic des forages de Segonzac (réservoirs gréso-sableux). Selon l'avancement des négociations avec les industriels de la zone d'Ambès, des actions complémentaires pourraient aussi être engagées sur un des forages profonds du secteur.

La surveillance de l'évolution des pressions et de la qualité des eaux sera toujours poursuivie dans les différents sondages du *réseau PZEM*, mais avec un programme d'analyses hydrochimiques plus focalisé sur des niveaux représentatifs sélectionnés par secteurs.

## **Bibliographie**

**Brel A.** (2002) - Relations entre la nappe de l'Eocène et l'estuaire de la Gironde. Mémoire de DESS. Université de Montpellier 2, 96 p.

**BRGM** (1994) - Etude du potentiel aquacole des nappes d'eau souterraines salées de la Pointe de Grave en Gironde – Projet EG-11 – Compte rendu de l'année 3 (1994). *Rapport BRGM R 38074 RS SP 94*, 52 p.

**Feral A.** (1970) - Interprétation sédimentologique et paléogéographique des formations alluviales flamandaises de l'estuaire de la Gironde et de ses dépendances marines. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle de géologie. Université de Bordeaux I, 158 p.

**Mazurier C., Mauroux B., Pédron N., Dubreuilh J. avec la collaboration de Dufour P. et Benhammouda S.** (2002) - Contrôle qualité et gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde. Etat des connaissances à fin 2001. *Rapport BRGM RP-51840-FR*, 134 pages, 76 fig. hors texte, 5 tab.

**Platel J.P.** (2001) - SAGE Nappes Profondes - Gironde. Etat des connaissances à fin 2000 concernant les risques de salinisation de l'aquifère de l'Eocène moyen en Gironde. Suivi du réseau de piézomètres d'alerte. *Note BRGM 01 AQI 09*, 39 p., 27 fig.

**Platel J.P., Dubreuilh J., Bonnery H., Sourisseau B., Benhammouda S., Besse A., Lejeune F.** (1997) - Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine - Année 1- Opération sectorielle: Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène. Synthèse des connaissances géologiques. Etat des connaissances hydrogéologiques. *Rapport BRGM R 39328*, 118 p., 55 fig., 1 annexe, 5 planches h.t.

**Platel J.P., Mauroux B., Bonnery H., Sourisseau B., Benhammouda S., Dufour P.** (1998) - Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine - Année 2- Opération sectorielle: Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène. Réalisation des piézomètres. Etat des connaissances hydrochimiques. *Rapport BRGM R 40113*, 82 p., 43 fig., 5 annexes, 4 planches h.t.

**Platel J.P., Bonnery H., Chéry L., Mauroux B., Seguin J.J., Sourisseau B., Benhammouda S., Dufour P.** (1999) - Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine - Année 3- Opération sectorielle: Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène. Réalisation d'un piézomètre complémentaire – Mise en place du réseau de surveillance et protocole d'actions – Synthèse des connaissances. *Rapport BRGM R 40729*, 88 p., 39 fig., 6 annexes

**Schnebelen N., Platel J.P., Bonnery H., Sourisseau B., Benhammouda S., Dufour P.** (2000) - Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine - Année 4- Opération sectorielle: Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène. Suivi du réseau d'alerte. *Rapport BRGM/RP-50467-FR*, 56 p., 23 fig., 2 annexes

**Schnebelen N., Platel J.P., Petelet-Giraud E., Dubreuilh J., Benhammouda S., Dufour P.** (2002) - Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine - Année 5 - Opération sectorielle: Relations entre l'estuaire de la Gironde et la nappe de l'Eocène. Suivi du réseau d'alerte. *Rapport BRGM/RP-50467-FR*, 113 p., 37 fig., 3 annexes

## **Annexe 1**

***Avenant à la convention avec la commune de Cussac***



**AVENANT A LA CONVENTION PLURIANNUELLE****POUR LA SURVEILLANCE DES PIEZOMETRES DE FORT-MEDOC****(COMMUNE DE CUSSAC - FORT - MEDOC)**B. R. G. M.  
Aquitaine  
Arrivé le

06 JAN. 2003

N° 2852

ENTRE

La Commune de Cussac,  
représentée par Monsieur Jean-Claude MARTIN  
Maire de la Commune

d'une part

ET

Le B R G M (Bureau de Recherches Géologiques et Minières),  
représenté par Monsieur Jacques DUBREUILH,  
Directeur du Service Géologique Régional Aquitaine,

d'autre part

- Vu la Convention Cadre entre l'Etat, le Conseil Régional d'Aquitaine et le B R G M, désignant ce dernier comme Maître d'Ouvrage pour le *Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine* pour la période 2002-2006,

- Vu la Décision de la Commission Permanente du Conseil Régional d'Aquitaine relative à l'attribution de la subvention pour l'année 1 du *Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine*, signée le 30 septembre 2002,

- Vu la Convention d'Aide de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (n° 2002/6101) pour l'année 1 relative au *Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine* signée le 19 juin 2002,

- Vu la Convention Pluriannuelle passée entre la commune de Cussac-Fort-Médoc et le B R G M, relative à la *Surveillance du piézomètre de Fort-Médoc* dans le cadre du *Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine* pour la période 1996-2000, en date du 23 février 1999,

- Vu la délibération du Conseil municipal de Cussac-Fort-Médoc en date du 07 novembre 2002, donnant accord au B R G M pour la réalisation d'un second piézomètre,

il a été convenu de passer un avenant à la convention du 23 février 1999 reconduisant en les précisant les dispositions générales suivantes, qui définissent les modalités d'application relatives à la **Surveillance de la nappe d'eau souterraine de l'aquifère Eocène** sur le territoire de la commune de Cussac-Fort-Médoc.

**Article 1- OBJECTIFS**

Dans le cadre de ses missions de Service Public, le Service Géologique Régional Aquitaine du B R G M est chargé de la maîtrise d'ouvrage de plusieurs projets de gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine. Un de ces projets, qui est financé sur crédits publics par la Région Aquitaine, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le Ministère de l'Industrie, intéresse plus particulièrement les communes du Sud du Médoc et du Blayais situées en bordure de l'estuaire de la Gironde. Plusieurs *sondages de reconnaissance géologique et de surveillance piézométrique et de la qualité de l'eau de la nappe souterraine de l'Eocène* sont réalisés dans des secteurs particuliers qui ont été délimités par une réinterprétation des données géologiques des anciens forages.

Deux sondages, transformés en *piézomètres de surveillance*, doivent être mis en oeuvre sur le territoire de commune de Cussac dans un site proche du bord de l'estuaire (lieu-dit "Fort-Médoc"), le premier (n° BSS 07791X0204) ayant été réalisé à l'occasion du Programme 1996-2000 jusqu'à 80 m de profondeur, le second étant un nouveau sondage de 25 m jouxtant le premier réalisé pour capter seulement la partie supérieure de la nappe.

Ils constituent un des points du *réseau d'alerte* en cas d'invasion saline dans la nappe éocène. Afin d'assurer la pérennité de ces piézomètres pendant toute la durée de la surveillance et le fonctionnement du réseau d'alerte sur de nombreuses années, ils sont implantés sur un terrain communal, dont la commune reste propriétaire pendant et après les travaux de foration.

**Article 2 - MISSION DE SURVEILLANCE***(article sans changement)*

L'Etat, la Région Aquitaine et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne ont chargé le B R G M, Maître d'Ouvrage, d'effectuer la surveillance des variations du niveau d'eau et de la qualité des eaux dans les sondages sus-nommés. Pour cela il est nécessaire de réaliser quelques installations d'équipements scientifiques en profondeur ou en tête du puits pour enregistrer en permanence et éventuellement transmettre en temps réel l'évolution de ces paramètres.

Il est prévu qu'un technicien, ou une équipe du B R G M, vienne effectuer des mesures de contrôle chaque année, plusieurs fois par an, en descendant des sondes ou une pompe dans les sondages. *Ces opérations constituent la raison d'être des piézomètres de surveillance et justifient la présente convention.*

**Article 3 - NATURE DES TRAVAUX**

Une occupation temporaire (4 à 5 jours en continu) d'une partie (300 m<sup>2</sup> environ) située dans la parcelle 7 section ZR est nécessaire pour réaliser les travaux de foration avec une sondeuse légère montée sur camion tout-terrain, travaux réalisés par une entreprise sous-traitante, sous la direction du B R G M. En fin de travaux, la tête du sondage avec sa protection n'aura qu'une emprise de 0,5 m<sup>2</sup> environ, un édicule de forme cylindrique (en buse béton avec fermeture étanche) étant prévu pour assurer la protection de l'ouvrage et de son enregistreur. Il sera comme le premier point en vert foncé mat, comme demandé par la Conservation Régionale des Monuments Historiques. L'actuelle clôture grillagée carrée de 2 m de coté sera étendue de la même surface et habillée après la fin des travaux par un rideau végétal de plantes grimpantes à feuilles pérennes.

**Article 4 - PROPRIETE***(article sans changement)*

Le terrain communal, mis partiellement à disposition du Maître d'Ouvrage lors de la durée des travaux de foration, restera pleine propriété de la commune. Celle-ci s'engage à laisser à celui-ci la jouissance gratuite de la petite partie de terrain immédiate autour du piézomètre ainsi que de son accès direct.

#### **Article 5 - ACCES AU PIEZOMETRE ET SERVITUDE**

*(article sans changement)*

La Commune s'engage à laisser libre accès aux piézomètres pour que le Maître d'Ouvrage ou son mandataire puisse y effectuer pleinement sa mission de surveillance, quelque soit la période de l'année.

#### **Article 6 - DUREE DE LA CONVENTION**

*(article sans changement)*

Les parties s'engagent par tacite reconduction à appliquer les termes de la convention et de son avenant pendant toute la durée de fonctionnement du réseau de surveillance et d'alerte sur la qualité des eaux de la nappe aquifère éocène. Cette durée peut atteindre plusieurs dizaines d'années, suivant l'évolution des paramètres hydrogéologiques, dont le B R G M est seul juge.

#### **Article 7 - RESPONSABILITES**

*(article sans changement)*

Le B R G M se chargera de la protection habituelle de la tête des piézomètres. Aussi la responsabilité de la Commune ne peut être engagée dans le cas de dégâts causés par l'usage et l'occupation normale de sa parcelle (pacage de bétail, en particulier). Toutefois l'intervention d'engins à proximité immédiate des sondages peut entraîner des dégâts irrémediables, compromettant l'objectif de la mission d'intérêt public de surveillance de la nappe souterraine. Aussi la Commune veillera à éviter tout usage d'engins lourds à proximité de l'ouvrage.

#### **Article 8 - INDEMNISATIONS**

*(article sans changement)*

Il n'est pas prévu d'autres indemnités que celles éventuellement entraînées par des dégâts importants causés lors des travaux de foration. Ces indemnités seront à l'entière charge de l'entreprise de forage, qui a reconnu avoir pris connaissance des termes de cet article de la convention. Il faut remarquer qu'en terrain argileux, comme c'est le cas du terrain naturel de palus de la parcelle ZR 7, des ornières dues au passage des engins de l'entreprise sont inévitables et ne peuvent être considérées comme dégâts dans la mesure où elles restent d'une profondeur normale.

#### **Article 9 - VENTE DE LA PARCELLE**

*(article sans changement)*

En cas de projet de vente de la parcelle où est implanté le sondage piézométrique, la Commune se doit d'informer le plus tôt possible le B R G M dudit projet, afin que celui ci prévoit les modalités d'intervention de ces agents avec le nouveau propriétaire, avec lequel il sera alors signé une autre convention.

Pessac le 27 novembre 2002

Le Maire de la commune de  
CUSSAC



J.C. MARTIN

Le Directeur  
du Service Géologique Régional Aquitaine  
du B R G M



J. DUBREUILH

## **Annexe 2**

### ***Convention avec la commune de Plassac***





Article 1- OBJECTIFS

Dans le cadre de ses missions de Service Public, le Service Géologique Régional Aquitaine du B R G M est chargé de la maîtrise d'ouvrage de plusieurs projets de gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine. Un de ces projets, qui est financé sur crédits publics par la Région Aquitaine, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le Ministère de l'Industrie, intéresse plus particulièrement les communes du Sud du Médoc et du Blayais situées en bordure de l'estuaire de la Gironde. Plusieurs sondages de reconnaissance géologique et de surveillance piézométrique et de la qualité de l'eau de la nappe souterraine de l'Eocène sont réalisés dans des secteurs particuliers qui ont été délimités par une réinterprétation des données géologiques des anciens forages.

Deux sondages, transformés en piézomètres de surveillance, doivent être mis en oeuvre sur le territoire de commune de Plassac dans un site proche du bord de l'estuaire (lieu-dit "Terrain de boules"), le premier étant réalisé à l'occasion de ce projet, le second étant soit l'ancien forage communal (n° BSS 07791X0002), soit un nouveau sondage jouxtant le premier réalisé (choix à décider en fonction de l'état de conservation de l'ancien forage communal).

Ils constituent un des points du réseau d'alerte en cas d'invasion saline dans la nappe éocène. Afin d'assurer la pérennité de ces piézomètres pendant toute la durée de la surveillance et le fonctionnement du réseau d'alerte sur de nombreuses années, ils ont été implantés sur terrain communal, dont la commune reste propriétaire pendant et après les travaux de foration.

Article 2 - MISSION DE SURVEILLANCE

L'Etat, la Région Aquitaine et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne ont chargé le B R G M, Maître d'Ouvrage, d'effectuer la surveillance des variations du niveau d'eau et de la qualité des eaux dans les sondages sus-nommés. Pour cela il est nécessaire de réaliser quelques installations d'équipements scientifiques en profondeur ou en tête du puits pour enregistrer en permanence et éventuellement transmettre en temps réel l'évolution de ces paramètres.

Il est prévu qu'un technicien, ou une équipe du B R G M, vienne effectuer des mesures de contrôle chaque année, plusieurs fois par an, en descendant des sondes ou une pompe dans les sondages. Ces opérations constituent la raison d'être des piézomètres de surveillance et justifient la présente convention.

Article 3 - NATURE DES TRAVAUX

Une occupation temporaire (15 à 20 jours en continu) d'une partie (300 m² environ) située dans l'angle nord-ouest de la parcelle 439 section B est nécessaire pour réaliser les travaux de foration avec une sondeuse légère montée sur camion tout-terrain, travaux réalisés par une entreprise sous-traitante, sous la direction du B R G M.

En fin de travaux, la tête du sondage avec sa protection n'auront qu'une emprise de 0,5 m² environ, un édicule de forme cylindrique (en buse béton avec fermeture étanche) étant prévu pour assurer la protection de l'ouvrage et de son enregistreur. Un habillage façon "vieux puits de ferme" sera réalisé en moellons appareillés à la fin des travaux. Les piézomètres seront éventuellement reliés à terme à un réseau de télécommunications hertzien.

Article 4 - PROPRIETE

Le terrain communal, mis partiellement à disposition du Maître d'Ouvrage délégué lors de la durée des travaux de foration, restera pleine propriété de la commune. Celle-ci s'engage à laisser à celui-ci la jouissance gratuite de la petite partie de terrain immédiate autour du piézomètre ainsi que de son accès direct.



CONVENTION PLURIANNUELLE

POUR LA SURVEILLANCE DES PIEZOMETRES DU BOURG

(COMMUNE DE PLASSAC)

ENTRE

La Commune de Plassac, représentée par Monsieur Christian MICHEL, Maire de la Commune

d'une part

ET

Le B R G M (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), représenté par Monsieur Jacques DUBREUILH, Directeur du Service Géologique Régional Aquitaine,

d'autre part

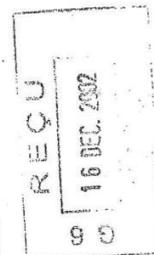
- Vu la Convention Cadre entre l'Etat, le Conseil Régional d'Aquitaine et le B R G M, désignant ce dernier comme Maître d'Ouvrage pour le Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine pour la période 2002-2006,

- Vu la Décision de la Commission Permanente du Conseil Régional d'Aquitaine relative à l'attribution de la subvention pour l'année 1 du Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine, signée le 30 septembre 2002,

- Vu la Convention d'Aide de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (n° 2002/6101) pour l'année 1 relative au Programme de Gestion des Eaux souterraines en Aquitaine signée le 19 juin 2002,

- Vu la délibération du Conseil municipal de Plassac en date du 08 décembre 2002,

il a été convenu des dispositions générales suivantes, définissant les modalités d'application relatives à la Surveillance de la nappe d'eau souterraine de l'aquifère Eocène sur le territoire de la commune de Plassac.



#### Article 5 - ACCES AU PIEZOMETRE ET SERVITUDE

La Commune s'engage à laisser libre accès au piézomètre pour que le Maire d'Ouvrage ou son mandataire puisse y effectuer pleinement sa mission de surveillance, quelque soit la période de l'année.

#### Article 6 - DUREE DE LA CONVENTION

Les parties s'engagent par tacite reconduction à appliquer les termes de cette convention pendant toute la durée de fonctionnement du réseau de surveillance et d'alerte sur la qualité des eaux de la nappe aquifère éocène. Cette durée peut atteindre plusieurs dizaines d'années, suivant l'évolution des paramètres hydrogéologiques, dont le B R G M est seul juge.

#### Article 7 - RESPONSABILITES

Le B R G M se chargera de la protection habituelle de la tête du piézomètre. Aussi la responsabilité de la Commune ne peut être engagée dans le cas de dégâts causés par l'usage et l'occupation normale de sa parcelle. Toutefois l'intervention d'engins à proximité immédiate du sondage peut entraîner des dégâts irrémediables, compromettant l'objectif de la mission d'intérêt public de surveillance de la nappe souterraine. Aussi la Commune veillera à éviter tout usage d'engins lourds à proximité du sondage.

#### Article 8 - INDEMNISATIONS

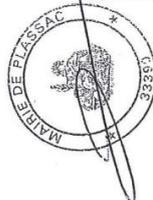
Il n'est pas prévu d'autres indemnités que celles éventuellement entraînées par des dégâts importants causés lors des travaux de foration. Ces indemnités seront à l'entière charge de l'entreprise de forage, qui a reconnu avoir pris connaissance des termes de cet article de la convention. Il faut remarquer qu'en terrain argileux, comme c'est le cas du terrain naturel de palus de la parcelle B 439, des ornières dues au passage des engins de l'entreprise sont inévitables et ne peuvent être considérées comme dégâts dans la mesure où elles restent d'une profondeur normale.

#### Article 9 - VENTE DE LA PARCELLE

En cas de projet de vente de la parcelle où est implanté le sondage piézométrique, la Commune se doit d'informer le plus tôt possible le B R G M dudit projet, afin que celui ci prévoit les modalités d'intervention de ces agents avec le nouveau propriétaire, avec lequel il sera alors signé une autre convention.

Pessac le 5 décembre 2002

le 13/12/2002  
Le Maire de la commune de  
Plassac

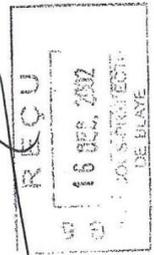


C. MICHEL

Le Directeur  
du Service Géologique Régional Aquitaine  
du B R G M



J. DUBREUILH



### EXTRAIT DU REGISTRE DES DÉLIBÉRATIONS DU CONSEIL MUNICIPAL

Nombre de Conseillers : L'an deux mil deux, le 9 décembre, le Conseil Municipal de la Commune de PLASSAC, dûment convoqué, s'est réuni en session ordinaire, à la Mairie, sous la présidence de Monsieur Christian MICHEL, Maire.

En exercice : 15

Présents : 13

Votants : 13

Date de convocation : 2 décembre 2002

**OBJET :**  
CONVENTION AVEC  
LE B.R.G.M.

**PRÉSENTS :** Mmes BERNARD, GOUTTE, LOPEZ,  
Mrs MICHEL, DUBOURG, BOUSSARD, MARTINEZ,  
HILARION, RICARD, ROUMANIE, BERNARD,  
LOIRAT, MARCEROU.

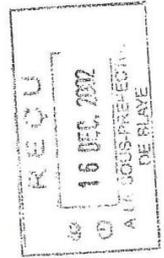
**ABSENTES EXCUSÉES :**  
Mlles SOU et DERMONT.

**SECRETAIRES DE SÉANCE :** Mr BOUSSARD.

Après avoir entendu l'exposé de Monsieur le Maire sur le projet de forage du B.R.G.M. pour la surveillance de la nappe d'eau souterraine de l'aquifère Éocène sur le territoire de la Commune.

Le Conseil Municipal autorise à l'unanimité le Maire à signer la convention pluriannuelle avec le B.R.G.M.

Pour copie conforme au registre,  
Fait à PLASSAC, le 13 décembre 2002.  
Le Maire, Christian MICHEL



## **Annexe 3**

***Compte rendu d'inspection de l'ancien forage de Plassac***



# COMPTE RENDU D'INSPECTION CAMERA



## INFORMATIONS GENERALES

Opérateur :	A.BELKAID		
Affaire (n°) :	BORP02042		
Lieu :	PLASSAC		
date :	18.12.2003		
Client :	B.R.G.M.		
Nom du forage :	PLASSAC	0779-1X-0002	

## Conditions de réalisation de l'inspection vidéo

		Schéma de la tête de puits	
Nature du repère de niveau :	dalle béton		
Différence repère/ sol en m :	0.10 M		
NB: toutes les mesures doivent être exprimées par rapport au niveau repère			

## Informations hydrauliques

Type de pompe :	3"	Désinfection du matériel	<input type="checkbox"/>
Cote de la pompe :	10 M	Niveau statique :	1.20 M
Débit pompe en m3/h :	8	Niveau dynamique :	

Qualité de l'eau en pompage :		Référence des sondes
Conductivité (en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) :	395	42
Température (en $^{\circ}\text{C}$ ) :	16 $^{\circ}$ 1	42
pH :	7.6	52
Turbidité (NTU) :		

## Mesure des profondeurs à la "sonde à graviers"

Top massif filtrant :			
Profondeur de l'ouvrage :			
Contrôle des cotes caméra	cote caméra	54 M	cote sonde 54 M

## Conclusions sur l'inspection vidéo (détail des observations pages suivantes)

Chambre de pompage :	FORTE DEGRADATION ET PERFORATIONS SUSPECTEES		
Colonne de production :	NON VISIBLE, VENUE D'EAUX CHARGÉES		
Massif filtrant :			
Fond de l'ouvrage :	54 M dépôts		
Autres :			
Cassette vidéo remise au client	<input checked="" type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	
Coupe technique disponible	<input checked="" type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	page n° 1/

profondeur	Partie du forage (ch. Pompag. / col.production)	Nature et diamètre du tubage ou crépine	Observations (état du tubage : couleur, aspect, nature et type de dépôt, anomalie constatée ; trou nu : fissures, orientation...)	synthèse sur l'état du tubage	Photo
			générique		1
			tête du forage		2
			vue d'ensemble du chantier		3
2.3		ACIER	corrosion importante en forme		4
		120.6	de plaques		
5.3		"	perforation suspectée		5
8.1		"	perforation suspectée en statique		6
			de 8.10m à 54 m dépôts très		
			importants pas de visibilité		
			vidéo en dynamique venue d'eau:		
			noire tubage perforé sur toute la		
			longueur plus de visibilité fin de la vidéo		

**BRGM**  
**DIRECTION DU SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL**  
**Service Géologique Régional Aquitaine**  
Parc Technologique Europarc  
24, avenue Léonard de Vinci  
33600 PESSAC -FRANCE