

Caractérisation des biseaux d'eau salée exploités sur le pourtour du Bassin d'Arcachon et expérimentation sur 3 sites tests

Rapport final

BRGM/RP-54844-FR

Mars 2007



R E G I O N



AQUITAINE



Conseil Général de la Gironde

Embellir la vie *pour toute la vie*

Caractérisation des biseaux d'eau salée exploités sur le pourtour du Bassin d'Arcachon et expérimentation sur 3 sites tests

Rapport final

BRGM/RP-54844-FR

Mars 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 06EAUC01

Corbier P., Abou Akar A. et Karnay G.
avec la collaboration de
Léger A.



Vérificateur :

Nom : B. Mauroux

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : J. Dubreuilh

Date :

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000

Mots clés : Bassin d'Arcachon, biseau d'eau salée, conductivité, hydrochimie, pH, ostréiculture, pompages d'essai, paliers, potentiel d'oxydo-réduction, salinité, température, teneur en oxygène dissous.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Corbier P., Abou Akar A. et Karnay G. avec la collaboration de Léger A. (2007) - Caractérisation des biseaux d'eau salée exploités sur le pourtour du Bassin d'Arcachon et expérimentation sur 3 sites tests. 119 pages, 83 illustrations, 4 annexes.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Au printemps 2005, la présence de dinophysis dans les eaux du Bassin d'Arcachon a entraîné une interdiction de vente des coquillages pendant plusieurs semaines du fait de l'absence de zones refuges dans lesquelles les coquillages auraient pu être mis à l'abri en attendant leur commercialisation.

C'est dans ce contexte que le Conseil Général de Gironde a demandé au début de l'année 2006 au BRGM de réaliser une étude visant à caractériser les biseaux d'eaux salées situés sur le pourtour du bassin.

Financée par l'Europe (crédits IFOP), le BRGM, le Conseil Général de la Gironde et le Conseil Régional d'Aquitaine, l'étude a consisté à synthétiser les données existantes sur la géologie et l'hydrogéologie du Bassin d'Arcachon, à expertiser les forages ostréicoles existants, à réaliser des forages de production sur 3 zones tests, à déterminer les modalités optimales d'exploitation de ces ouvrages et à réaliser des prélèvements de façon à comparer la qualité de l'eau des forages à celle de l'eau de mer. En dernier lieu, les conséquences de l'utilisation de tels forages ont été précisées.

A l'issue de l'expertise de 69 forages ostréicoles, ce sont la darse médiane du port de la Teste, la darse est du port de Gujan-Passerelle et le quartier ostréicole de l'Herbe qui ont été choisis pour la réalisation des forages de production.

A Gujan-Mestras et à la Teste, les forages réalisés ont intercepté des eaux dont la salinité est compatible avec l'activité ostréicole. Leurs débits d'exploitation ont pu être respectivement évalués à 45 et 60 m³/h grâce aux tests de pompage.

A l'Herbe, malgré 2 tentatives, il n'a pas été possible de trouver une telle qualité d'eau. C'est donc un forage appartenant à un particulier qui a fait l'objet d'un prélèvement.

Les analyses chimiques réalisées par l'IEEB ont montré qu'à l'exception des éléments caractéristiques de l'eau de mer (sodium, chlorures, sulfates, bore...) et de quelques paramètres bactériologiques (organismes revivifiables à 36°C et pseudomonas aeruginosa), les eaux des forages respectaient les limites de qualité du décret du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine.

Dans la mesure où les forages réalisés et analysés sont destinés à alimenter des réseaux collectifs, une demande d'autorisation comportant la présente étude ainsi qu'une étude environnementale de chaque ouvrage devra être transmise à l'Administration.

Dans le cas où un avis favorable serait donné, une gestion précise de la ressource s'imposera dans la mesure où la disponibilité des eaux souterraines salées n'est pas aussi importante que celle de l'eau de mer.

Sommaire

1. Introduction.....	11
2. Contexte géologique et hydrogéologique	13
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	13
2.1.1. Paléogéographie.....	13
2.1.2. Stratigraphie	14
2.1.3. Géométrie des formations	14
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	27
2.2.1. Nombre de réservoirs et exutoires	27
2.2.2. Caractéristiques hydrodynamiques des réservoirs	29
2.2.3. Piézométrie et relations nappe-rivière	30
2.2.4. Caractéristiques hydrochimiques des réservoirs	30
3. Expertise des forages ostréicoles.....	37
3.1. IDENTIFICATION DES EXPLOITATIONS DOTEES D'UN FORAGE.....	37
3.2. METHODE D'EXPERTISE	37
3.3. RESULTATS DE L'EXPERTISE.....	40
3.3.1. Examen général des données autour du bassin.....	40
3.3.2. Examen détaillé des mesures par secteur géographique	47
3.4. CONCLUSION	66

4. Réalisation des nouveaux forages, tests de pompage, suivi de la qualité et prélèvements	69
4.1. PORT DE GUJAN-PASSERELLE (GUJAN-MESTRAS).....	69
4.1.1. Implantation de l'ouvrage	69
4.1.2. Réalisation de l'ouvrage	70
4.1.3. Tests de pompage	74
4.1.4. Suivi de la qualité	82
4.2. PORT DE LA TESTE.....	84
4.2.1. Implantation de l'ouvrage	84
4.2.2. Réalisation de l'ouvrage	85
4.2.3. Diagraphies.....	88
4.2.4. Tests de pompage	88
4.2.5. Suivi de la qualité	97
4.3. COTE OUEST	100
4.3.1. Implantation de l'ouvrage	100
4.3.2. Réalisation de l'ouvrage	101
4.3.3. Diagraphies.....	103
4.3.4. Réalisation du second ouvrage	106
4.3.5. Recherche d'une solution pour l'approvisionnement en eau salée	108
4.4. BILAN DES OPERATIONS DE FORAGE, DE POMPAGE ET DE PRELEVEMENT	109
5. Résultats des analyses chimiques, modalités d'exploitation et de suivi et conséquences	111
5.1. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES COMPLETES.....	111
5.1.1. Mode de présentation des résultats.....	111

5.1.2. Analyse des résultats	111
5.1.3. Conclusion	113
5.2. MODALITES D'EXPLOITATION ET DE SUIVI DES FORAGES	113
5.3. CONSEQUENCES LIEES A L'EXPLOITATION DES FORAGES.....	114
5.3.1. Tours d'eau	114
5.3.2. Futurs aménagements	114
6. Conclusion	117

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation des ports du Bassin d'Arcachon.....	11
Illustration 2 : Présentation synthétique de la superposition virtuelle des formations continentales présentes à l'échelle de la zone d'étude (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	15
Illustration 3 : Carte géologique (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	16
Illustration 4 : Carte de localisation des 390 forages susceptibles de fournir une information géologique (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	17
Illustration 5 : Nombre d'ouvrages par formation (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	17
Illustration 6 : Tableaux de correspondance lithologie / perméabilité (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	19
Illustration 7 : Isohypses du toit des différentes formations plio-quaternaires (d'après rapport BRGM RP-54666-FR).....	21
Illustration 8 : Isohypses du toit des formations flandriennes (Quaternaire) (d'après rapport BRGM RP-54666-FR).....	23
Illustration 9 : Extension des épontes séparant les niveaux aquifères (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	25
Illustration 10 : Coupes lithostratigraphiques réalisées dans l'environnement du Bassin d'Arcachon (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	26
Illustration 11 : Nombre d'épontes à tendance imperméable et de réservoirs au droit de chaque maille (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	28
Illustration 12 : Carte des formations affleurantes au fond du Bassin d'Arcachon (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	28
Illustration 13 : Valeurs de transmissivité T (m ² /s) et de coefficient d'emmagasinement (S) disponibles en bibliographie (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	29

Illustration 14 : Forages faisant ou ayant fait l'objet de mesures piézométriques (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	31
Illustration 15 : Evolution des niveaux piézométriques sur 2 ouvrages du Bassin d'Arcachon(d'après rapport BRGM RP-54666-FR)	31
Illustration 16 : Répartition des analyses en fonction des formations (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	32
Illustration 17 : Valeurs de pH et de conductivité (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	32
Illustration 18 : Teneurs en chlorures (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	32
Illustration 19 : Teneurs en fer (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	33
Illustration 20 : Teneurs en chlorures (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	34
Illustration 21 : Diagramme de Piper (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	34
Illustration 22 : Diagrammes de Schoeller-Berkaloff pour les formations quaternaires, pliocènes et miocènes (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)	36
Illustration 23 : Détails de la campagne d'expertise	38
Illustration 24 : Matériel utilisé pour la mesure des paramètres physico-chimiques	39
Illustration 25 : Répartition des températures de l'eau des forages expertisés.....	42
Illustration 26 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés	43
Illustration 27 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés.....	44
Illustration 28 : Répartition des teneurs en oxygène dissous des eaux des forages expertisés	45
Illustration 29 : Répartition du potentiel redox des eaux des forages expertisés	46
Illustration 30 : Principales caractéristiques des forages expertisés sur la côte ouest	48
Illustration 31 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés sur la côte ouest	49
Illustration 32 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés sur la côte ouest	50
Illustration 33 : Coupe schématique visant à mettre en évidence le rôle de protection des niveaux argileux flamands vis-à-vis de l'intrusion d'un biseau salé	51
Illustration 34 : Principales caractéristiques des forages expertisés sur la côte est	54
Illustration 35 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés sur la côte est	55
Illustration 36 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés sur la côte est.....	56
Illustration 37 : Coupe schématique du port d'Andornos.....	57
Illustration 38 : Principales caractéristiques des forages expertisés à La Teste.....	59
Illustration 39 : Répartition du pH et de la salinité des eaux des forages expertisés à La Teste	60
Illustration 40 : Principales caractéristiques des forages expertisés à Gujan-Mestras	62
Illustration 41 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés à Gujan-Mestras	63
Illustration 42 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés à Gujan-Mestras	64

Illustration 43 : Emplacement des forages expertisés sur les deux darses du port de Gujan-Passerelle et emplacement proposé pour le futur forage	70
Illustration 44 : Caractéristiques des forages nouvellement expertisés à Gujan-Passerelle (darse est) et de ceux déjà expertisés	71
Illustration 45 : Emplacement du forage, soupape de forage et tube guide mis en place à l'avancement	72
Illustration 46 : Equipement de l'ouvrage : mise en place des tubes PVC et du massif filtrant.....	73
Illustration 47 : Rabattement mesuré après les 3 phases de pompage sur le forage de Gujan-Mestras.....	74
Illustration 48 : Evolution des niveaux du forage de Gujan-Mestras lors de l'essai de puits.....	75
Illustration 49 : Evolution du rabattement en fonction du débit pompé sur le forage de Gujan-Mestras.....	75
Illustration 50 : Evolution du rabattement en fonction du débit spécifique sur le forage de Gujan-Mestras.....	77
Illustration 51 : Détermination des coefficients B et C pour le calcul des pertes de charge sur le forage de Gujan-Mestras	77
Illustration 52 : Enregistrements effectués lors du pompage d'essai de longue durée sur le forage de Gujan-Mestras.....	79
Illustration 53 : Correction des niveaux enregistrés sur PZ1 des effets de la marée	80
Illustration 54 : Diagramme semi-logarithmique représentant le rabattement en fonction du temps sur le forage de Gujan-Mestras.....	80
Illustration 55 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de la foration	82
Illustration 56 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de l'essai de puits	83
Illustration 57 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors du pompage de longue durée	83
Illustration 58 : Emplacement des forages expertisés sur les trois darses du port de La Teste et emplacement proposé pour le futur forage	84
Illustration 59 : Caractéristiques du forage nouvellement expertisé à La Teste (en gras) et de ceux déjà expertisés	86
Illustration 60 : Emplacement du forage, trappière mécanique utilisée pour les premiers mètres et tube guide mis en place à l'avancement.....	87
Illustration 61 : Résultats des diagraphies de type Gamma ray et température-conductivité effectuées sur le forage de La Teste	89
Illustration 62 : Opérations de pompage avec mesure du rabattement par sonde automatique et sonde manuelle et évacuation des eaux exhaurées dans le chenal le plus proche.....	90
Illustration 63 : Rabattement mesuré après les 4 phases de pompage sur le forage de La Teste	91
Illustration 64 : Evolution des niveaux du forage de La Teste lors de l'essai de puits.....	92

Illustration 65 : Evolution du rabattement en fonction du débit pompé sur le forage de La Teste	92
Illustration 66 : Evolution du rabattement en fonction du débit spécifique sur le forage de La Teste	93
Illustration 67 : Détermination des coefficients B et C pour le calcul des pertes de charge sur le forage de La Teste	93
Illustration 68 : Enregistrements effectués lors du pompage d'essai de longue durée sur le forage de La Teste	95
Illustration 69 : Correction des niveaux enregistrés sur PZ1 des effets du pompage et de la marée	96
Illustration 70 : Diagramme semi-logarithmique représentant le rabattement en fonction du temps sur PZ1	96
Illustration 71 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés au cours de la foration	98
Illustration 72 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de l'essai de puits	99
Illustration 73 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors du pompage de longue durée	100
Illustration 74 : Emplacement des forages expertisés sur le port de l'Herbe et emplacement proposé pour le futur forage	101
Illustration 75 : Opérations de forage et forage équipé à l'Herbe (premier site)	102
Illustration 76 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de la foration	103
Illustration 77 : Résultats des diagraphies réalisées sur le forage de l'Herbe (premier site)	104
Illustration 78 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de l'essai au débit de 18 m ³ /h	105
Illustration 79 : Emplacement des forages expertisés sur le port de l'Herbe et emplacement proposé pour le deuxième forage	106
Illustration 80 : Réalisation du deuxième forage sur le port de l'Herbe	107
Illustration 81 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés au cours de la foration du deuxième ouvrage sur le site de l'Herbe	107
Illustration 82 : Tableau de synthèse concernant les paramètres hydrodynamiques des forages réalisés dans le cadre de l'étude	109
Illustration 83 : Tableau de synthèse concernant les paramètres physico-chimiques des forages réalisés dans le cadre de l'étude	110

Liste des annexes

Annexe 1 : Fiche récapitulative utilisée pour l'expertise des forages ostréicoles

Annexe 2 : Fiches synthétiques

Annexe 3 : Logs de forage

Annexe 4 : Résultats des analyses chimiques complètes

1. Introduction

Le Bassin d'Arcachon correspond à un des 7 bassins ostréicoles français.

Il est jalonné par une dizaine de communes littorales comprenant souvent plusieurs ports dont l'activité professionnelle maritime est très variable (cf. illustration 1).

Le caractère industriel est bien marqué au Sud et à l'Est alors que la côte Norois a conservé une activité traditionnelle de petite envergure. Elle constitue de ce fait la « vitrine » de l'ostréiculture arcachonnaise avec une série de petits ports emblématiques.



Illustration 1 : Localisation des ports du Bassin d'Arcachon

L'élevage des huîtres est une activité qui est grande consommatrice d'eau.

Les besoins en eau de mer sont satisfaits à partir de systèmes d'adduction gravitaires (écluses) ou de chenaux d'alimentation.

L'eau de mer prélevée est le plus souvent stockée dans des réservoirs de grandes dimensions appelés « malines ». Elle sert ensuite au remplissage des bassins de finition appelés « bassins dégorgeoirs insubmersibles », à l'alimentation des bassins dits de production (bassins de stockage temporaire avant tri et re-parcage) et au nettoyage des huîtres (eau sous pression utilisée au moment du criblage) et des quais.

Certaines adductions, comme sur les ports ostréicoles de la côte Norois, sont munies de systèmes de pompage pour prélever l'eau de mer depuis l'estran ou la plage et la stocker dans des bassins de finition.

Sur certaines exploitations, les opérations de nettoyage (huîtres, quais) sont réalisées à partir d'eaux souterraines pompées dans la nappe superficielle au moyen de forages.

Dans les secteurs où les nappes recèlent des eaux de salinité comparable à celle de l'eau de mer et présentent des critères de potabilité conformes à la réglementation en vigueur, on peut imaginer l'utilisation de ces eaux souterraines, en particulier lorsque les eaux du bassin sont de mauvaise qualité.

Au printemps 2005, la présence de dinophysis dans les eaux du Bassin d'Arcachon a en effet entraîné une interdiction de vente des coquillages pendant plusieurs semaines. La présence de zones refuges autour du Bassin d'Arcachon aurait ainsi permis de mettre des coquillages à l'abri en période de pré-crise en vue de leur commercialisation durant la crise.

Les ressources en eaux souterraines pourraient ainsi pallier au besoin d'eau ponctuel d'une telle période critique.

C'est dans ce contexte que le Conseil général de Gironde a demandé au BRGM de caractériser les nappes d'eau sollicitées par certains forages ostréicoles.

Le projet, co-financé par l'Europe, le BRGM, le Conseil Général de la Gironde et le Conseil Régional d'Aquitaine, prévoyait une expertise des forages ostréicoles exploités sur le pourtour du bassin, la réalisation de champs captants sur des zones tests et le suivi hydrologique d'un des sites en période de crise.

Après une description du contexte géologique et hydrogéologique (chapitre 2), les résultats de l'inventaire des forages et des mesures effectuées seront présentés dans le chapitre 3. Les chapitres suivants seront consacrés aux travaux de création et de tests des 3 champs captants et aux modalités d'exploitation.

2. Contexte géologique et hydrogéologique

Le Bassin d'Arcachon est un secteur qui a fait l'objet de nombreuses études du fait de la présence de pétrole dans le sous-sol.

Les terrains plio-quaternaires ne présentent pas d'intérêt pour la recherche pétrolière et n'ont donc jamais fait l'objet de recherches poussées.

L'analyse fine des niveaux plio-quaternaires, entreprise par le BRGM en 2005 dans le cadre de la convention régionale « Eaux souterraines » a permis de mieux préciser l'agencement de ces formations et la géométrie des différents réservoirs.

Elle a aussi permis d'identifier les zones possibles d'échange entre les niveaux aquifères et de caractériser les relations entre eaux souterraines et eaux superficielles.

Les paragraphes suivants font état des derniers résultats obtenus.

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

2.1.1. Paléogéographie

Le Bassin d'Arcachon appartient au domaine des Landes de Gascogne dont l'évolution paléogéographique a été marquée par :

- une transgression au *Miocène inférieur* et le dépôt de 70 à 100 m d'argiles carbonatées sableuses et glauconieuses
- le dépôt de sables glauconieux verdâtres (Sables verts ou Sables fauves lorsqu'ils ont subi une altération pédogénétique) et de marnes à huîtres au maximum de la transgression, au *Miocène moyen*
- le développement de faciès de plaine d'inondation (dépôts à tendance molassique et lacustre à l'est et faciès argileux (Glaïses Bigarrées) + accumulations ligniteuses à la limite eaux douces eaux salées à l'ouest) au *Miocène supérieur*
- une régression marine au *Pliocène* avec des dépôts ligniteux sur le trait de côte et des épandages détritiques grossiers (formation d'Arengosse) sur la région landaise
- un ultime comblement de la région des Landes de Gascogne (et du Médoc) au *Quaternaire ancien* par différents apports détritiques et en particulier par des sables fins blanchâtres d'origine fluviale (formation de Castets) qui seront plus tard éolisés et formeront le Sable des Landes.

Deux autres faciès mis en place au Quaternaire sont remarquables : d'une part les alluvions récentes constituées de dépôts détritiques (sables et argiles silteuses grises) qui représentent l'ultime comblement des chenaux creusés lors de la dernière phase glaciaire wurmienne et d'autre part, les accumulations éoliennes détritiques sableuses *holocènes* (Quaternaire récent) qui constituent, à l'ouest, un cordon dunaire côtier d'environ 6 km de large.

2.1.2. Stratigraphie

Les dépôts néogènes (Miocène + Pliocène) et quaternaires constituent un ensemble de séquences progradantes d'est en ouest formées par le déplacement latéral des distributaires du sud vers le nord.

Leur puissance totale peut atteindre 150 m mais aucune coupe complète de cette série continentale n'est observable sur une même verticale, même en sondage.

La succession virtuelle des terrains a toutefois pu être représentée sur l'illustration 2.

L'illustration 3 représente, quant à elle, les zones d'affleurement des différentes formations.

2.1.3. Géométrie des formations

Le dépouillement, l'analyse et le traitement des données issues de la Banque des Données du Sous-Sol entrepris en 2005 a permis d'établir un certain nombre de documents graphiques et en particulier une cartographie du toit des différentes formations (cf. illustration 7).

Dans une première phase, le dépouillement des dossiers BSS a permis d'identifier 390 ouvrages susceptibles de fournir une information géologique (cf. illustration 4).

La qualité des informations contenues dans les dossiers BSS est variable et étroitement liée à la présence d'un géologue au moment de la foration. Sur les 390 dossiers sélectionnés, 209 dossiers comportaient une très bonne description des terrains, 112, une bonne description et 69, une mauvaise description.

Il est à noter que sur les 390 forages, seuls 164 ont atteint le toit des calcaires miocènes qui constitue la seule référence aisément reconnaissable en terme de lithostratigraphie.

Il faut aussi mentionner que sur les 390 forages, 216 correspondent à des forages pétroliers pour lesquels la description des terrains plio-quaternaires était parfois très sommaire.

Par ailleurs, deux sondages se distinguent des autres :

- le forage 08257X0020/F qui est situé au centre de l'île aux Oiseaux, au cœur même du Bassin d'Arcachon (cf. illustration 4) et qui, du fait de sa profondeur (104,55 m), traverse toutes les formations plio-quaternaires avant d'atteindre le Miocène qu'il capte.

- le forage 08495X0001/S est le seul à se situer en mer (cf. illustration 4). Distant d'environ 10 km de la côte et atteignant une profondeur de 40 m, il correspond à un carottage sous-marin datant de 1964 et réalisé en vue de l'installation d'une plateforme de forage.

Après validation ou réinterprétation des données de la BSS, le toit des différentes formations a été modélisé. L'illustration 5 précise le nombre de forages utilisés pour la modélisation des différentes surfaces.

SERIE VIRTUELLE DES TERRAINS CONTINENTAUX					
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
QUATERNAIRE			D	Dunes	
			F	Dépôts marins et alluviaux flandriens (10300 ans)	
	PLEISTOCENE		NF2	Sable des Landes s.l. Sables moyens éolisés jaunes.	
			NF1	Formation de Castets - Lignites sableux. - Argiles silteuses gris sombre à débris organiques. - Sables grossiers blanchâtres fluviatiles.	
			Ivb	Formation de Belin. - Argiles gris bleu à marbrures rouilles. - Gravieres et sables blancs kaoliniques.	Séq. 5
		(1,8Ma)	Iva	Formation de Beliet. - Argiles silteuses gris bleuté. - Lignite. - Silts et argiles gris sombre micacés. - Sables blanchâtres et graviers.	Séq. 4
TERTIAIRE	PLIOCENE		P	Formation d'Arengosse, partie supérieure (Mézos). - Lignites (type Mézos). - Argiles silteuses kaoliniques blanchâtres à taches rouille. - Sables et graviers blanchâtres à matrice kaolinique.	Séq. 3
		(5,3Ma) (9Ma)		Formation d'Arengosse, partie inférieure (Solférino). - Lignite (type Solférino) et argiles. - Sables organiques brun foncé et graviers altérés.	Séq. 2
	MIOCENE	(16Ma)	M4-5	Formation des Glaïses bigarées et des Sables fauves. - Lignites (type Arjuzanx). - Argiles bariolées. - Sables plus ou moins fins, ocre à rouge brique, parfois verdâtres ou blanchâtres.	Séq. 1
				Substratum marin. Marnes, calcaires et grès.	

- (a) Ère stratigraphique.
 (b) Sous-système stratigraphique.
 (c) Age en millions d'années (Ma).
 (d) Notation conventionnelle.
 (e) Description lithologique des faciès les plus typiques.
 (f) Numérotation et succession des séquences deltaïques.

Illustration 2 : Présentation synthétique de la superposition virtuelle des formations continentales présentes à l'échelle de la zone d'étude (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

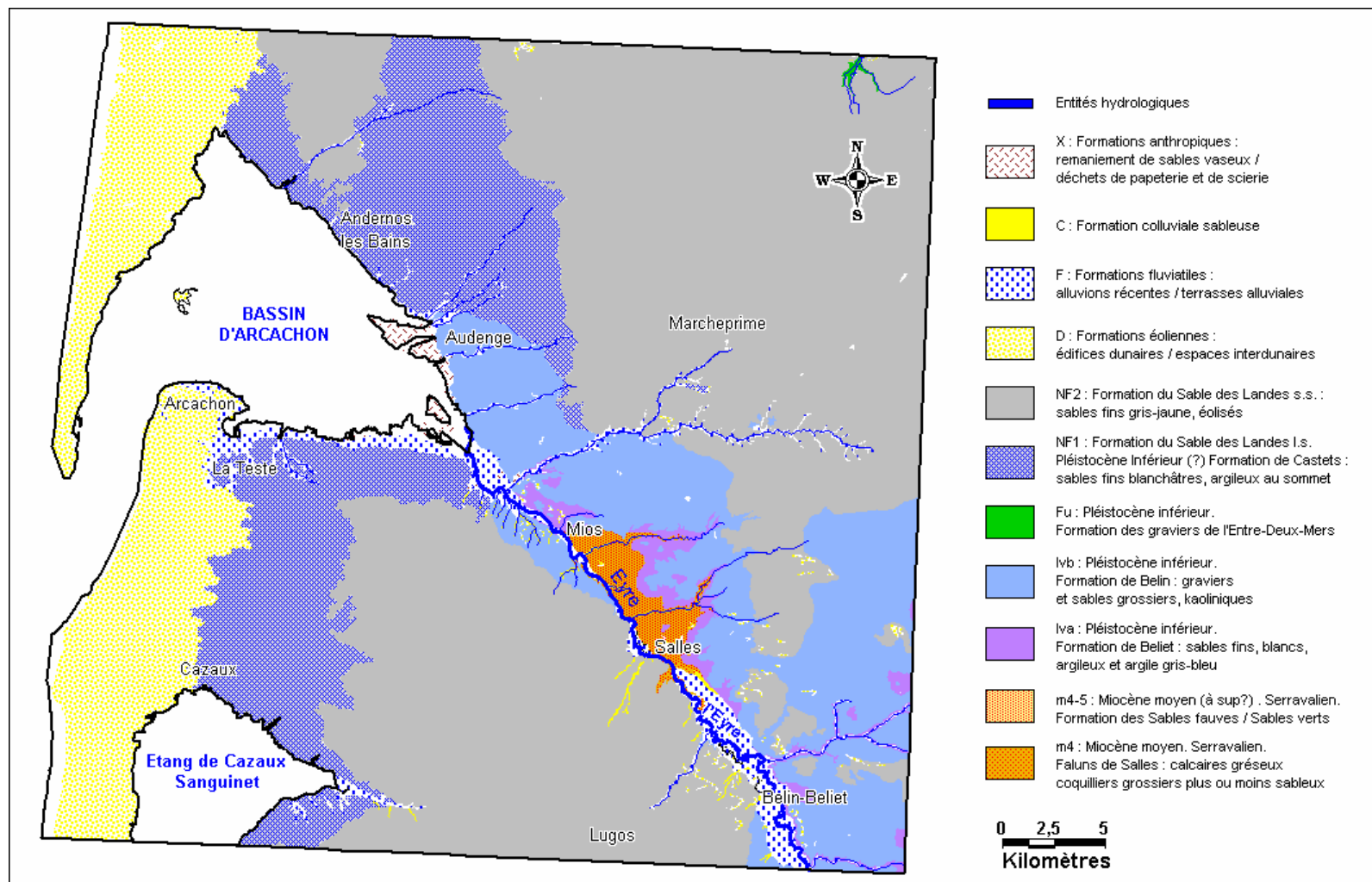


Illustration 3 : Carte géologique (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

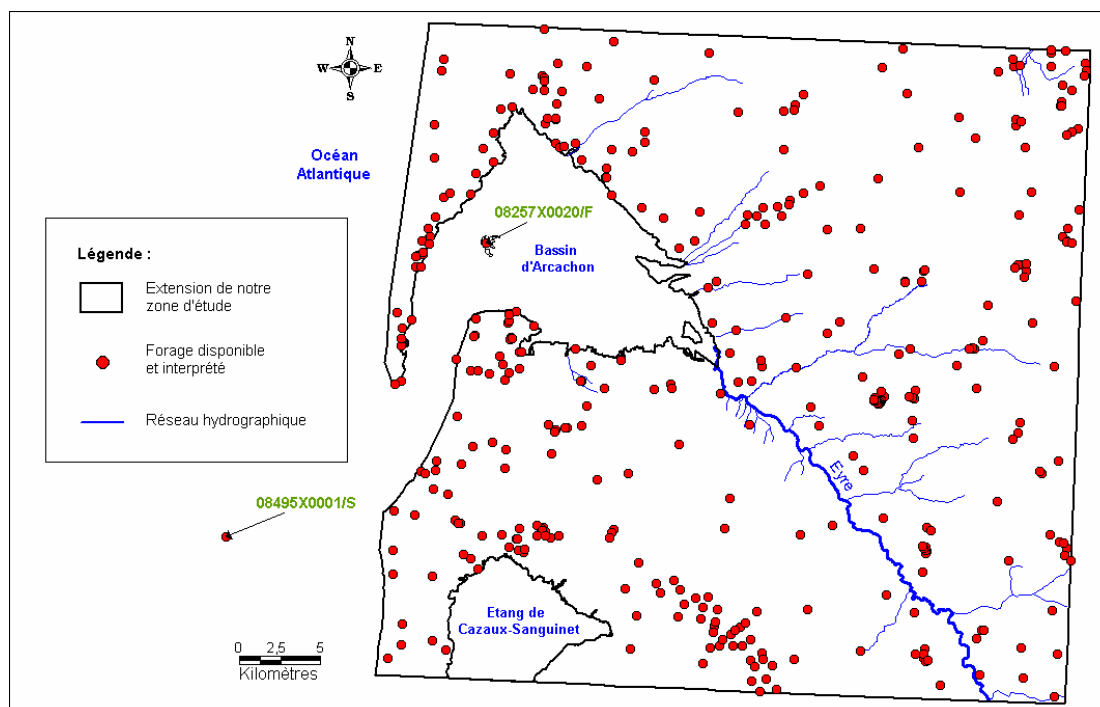


Illustration 4 : Carte de localisation des 390 forages susceptibles de fournir une information géologique (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

	Formation	Nombre d'ouvrages concernés
D	Edifices dunaires	87
F	Dépôts fluvio-marins (Flandrien)	71
NF	Formation du Sable des Landes s.l. (NF1+NF2)	314
Fu	Formation des Gravieres de l'Entre-deux-Mers	12
IV	Formations de Belin et de Beliet (IVa + IVb)	268
P	Formation d'Arengosse	158
m	Miocène	164

Illustration 5 : Nombre d'ouvrages par formation (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

Compte tenu de la position sommitale des édifices dunaires et du faible nombre d'ouvrages ayant intercepté les graviers de l'Entre-Deux-Mers (12/390), le toit de ces formations n'a pas été cartographié.

Les isohypses sont des courbes qui relient les points d'une surface situés à une même altitude. Elles ont été tracées sur les illustrations 7 et 8 pour représenter :

- le toit des formations miocènes
- le toit de la formation d'Arengosse
- le toit de la formation de Belin
- le toit de la formation du Sable des Landes
- le toit des dépôts flandriens

Il convient de noter :

- l'approfondissement régulier du toit **des formations miocènes** vers l'ouest avec des altitudes variant de -40 m à -100 m NGF entre Biganos et le Cap Ferret ainsi que 2 structures particulières : un axe majeur d'alimentation orienté Est-Ouest faisant penser à un estuaire dans la partie nord et un « éperon » plus élevé qui a pu favoriser la karstification des dépôts dans la partie sud (cf. illustration 7)

- l'absence **de formations pliocènes** dans la partie orientale de la carte ainsi qu'une épaisseur (déterminée par différence entre les altitudes du toit de cette formation et celles du toit du Miocène) relativement constante sur les pourtours du Bassin. Elle peut en effet être évaluée à 40 m dans les environs du Cap Ferret et de la Teste et à environ 30 mètres, au nord du bassin et sur la côte est (cf. illustration 7)

- l'agencement complexe de la **formation de Belin** lié à l'évolution du système d'alimentation (vers un système de type deltaïque) et en particulier à la divagation des axes d'alimentation (cf. illustration 7)

- l'étendue des affleurements de **la formation du Sable des Landes** dans les parties centrale et orientale de la carte et la localisation des secteurs où la formation est recouverte par des dépôts flandriens ou par les dunes littorales (cf. illustration 7)

- la présence **de dépôts flandriens** (mis en place lors de la dernière transgression marine) sur toute la bordure atlantique et sur une bonne partie du bassin d'Arcachon avec une courbe isohypse -10 m NGF qui représente la limite entre des dépôts flandriens argileux à l'ouest et sableux à l'Est (cf. illustration 8)

Le codage des formations lithologiques basé sur les tableaux de correspondance de l'illustration 6 a permis d'établir des cartes du caractère argileux au mur (base) et au toit de chaque formation.

La sommation de l'information au toit d'une formation et au mur de celle qui la surplombe a ensuite permis d'établir une cartographie des épontes (cf. illustration 9), ces dernières devant être considérées comme des couches peu perméables à très peu perméables au regard de la perméabilité de l'aquifère contigu.

Code lithologique	Signification	Code de perméabilité
A	Argiles	1
S	Sables	3
C	Calcaires	3
G	Graviers	3
T	Tourbes	1
L	Lignites	1
AC	Argiles calcaires (marnes)	2
AG	Argiles graveleuses	2
AS	Argiles sableuses	2
CA	Calcaires argileux	2
GA	Graviers argileux	2
SA	Sables argileux	2
CS	Calcaires sableux	3
SC	Sables calcaires	3
SG	Sables graveleux	3
SAG	Sables argilo-graveleux	2
Alt_A_C	Alternances de niveaux sableux et de niveaux calcaires	2
Alt_S_A	Alternances de niveaux sableux et de niveaux argileux	2
Alt_S_AC	Alternances de niveaux sableux et de lignites	2
Alt_S_L	Alternances de niveaux sableux et de tourbes	2
Alt_S_T	Alternances de niveaux sableux et de tourbes	2
Alt_S_C	Alternances de niveaux sableux et de niveaux calcaires	3

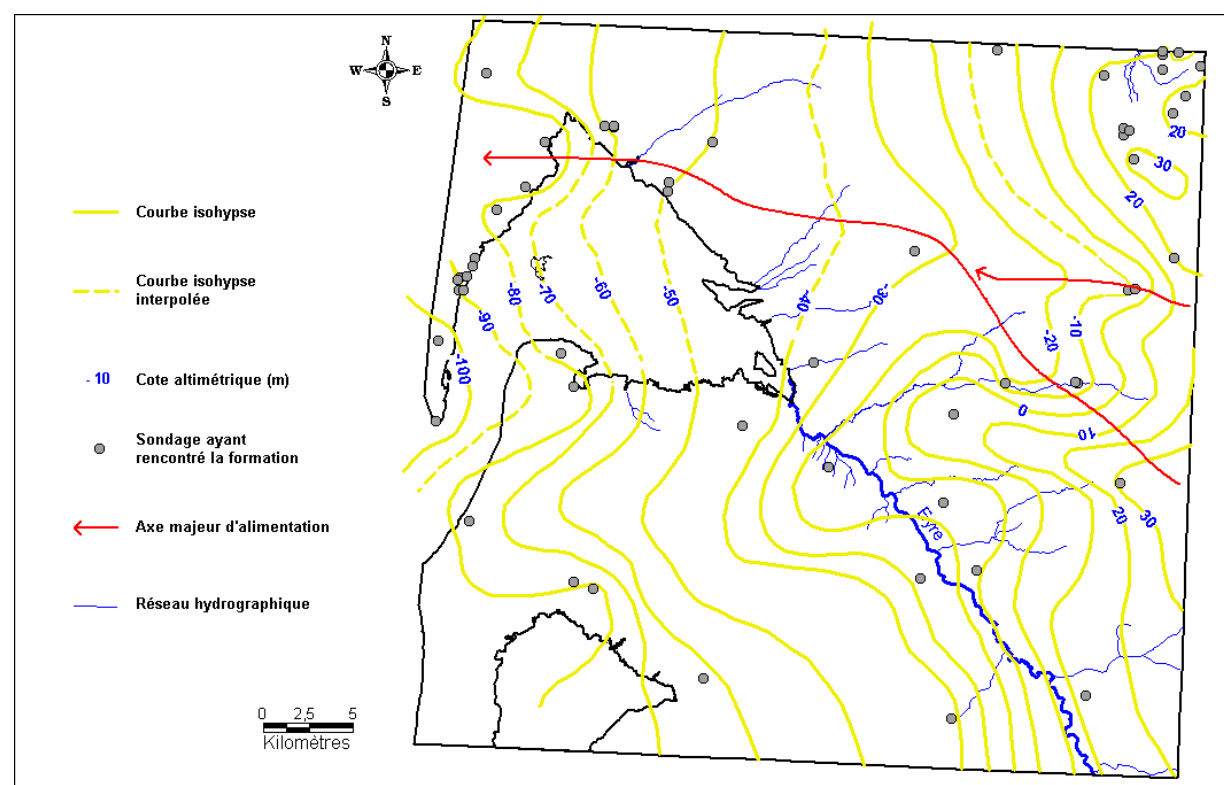
Code de perméabilité	Signification
1	Très peu perméable
2	Peu perméable
3	Perméable

Illustration 6 : Tableaux de correspondance lithologie / perméabilité (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

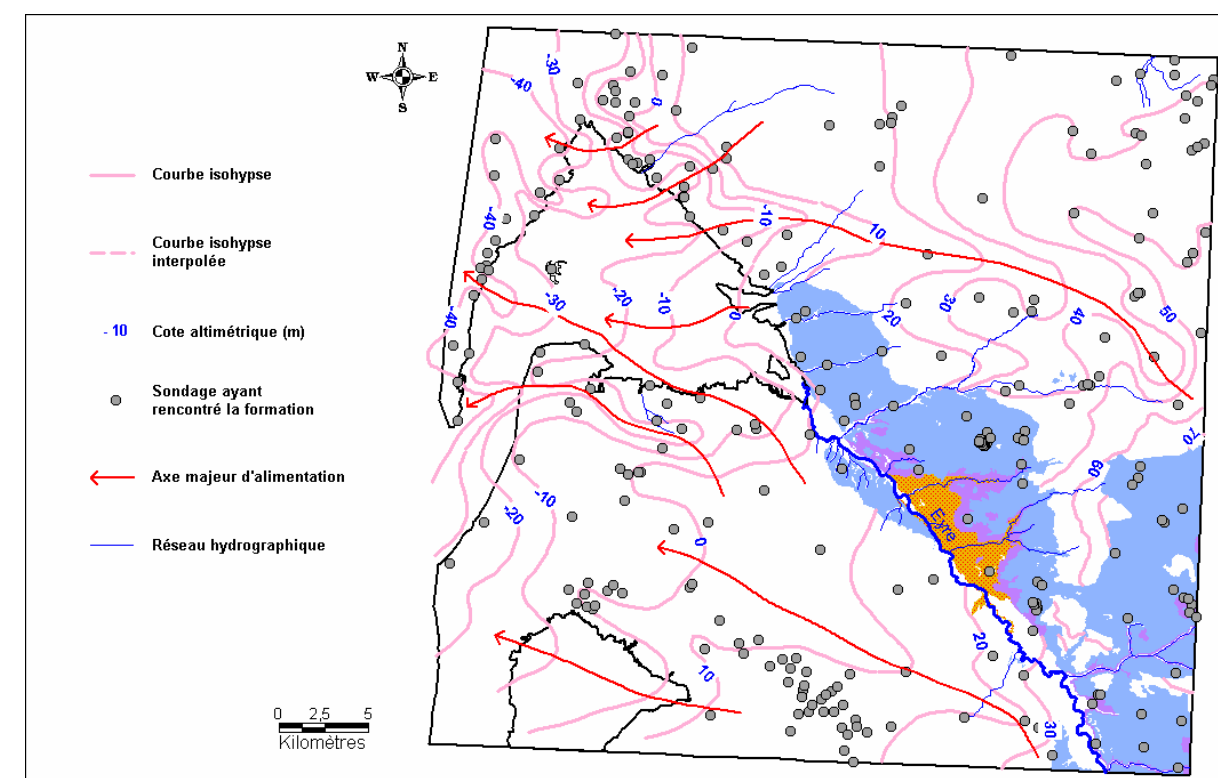
Il apparaît que l'extension des épontes Miocène / Pliocène et Pliocène / Formation de Belin concerne le Bassin d'Arcachon et une grande partie de ses bordures immédiates.

L'éponte Formation de Belin / Formation du Sable des Landes présente une extension plus réduite et plus discontinue. Elle concerne une grande partie du Bassin d'Arcachon et surtout la côte sud.

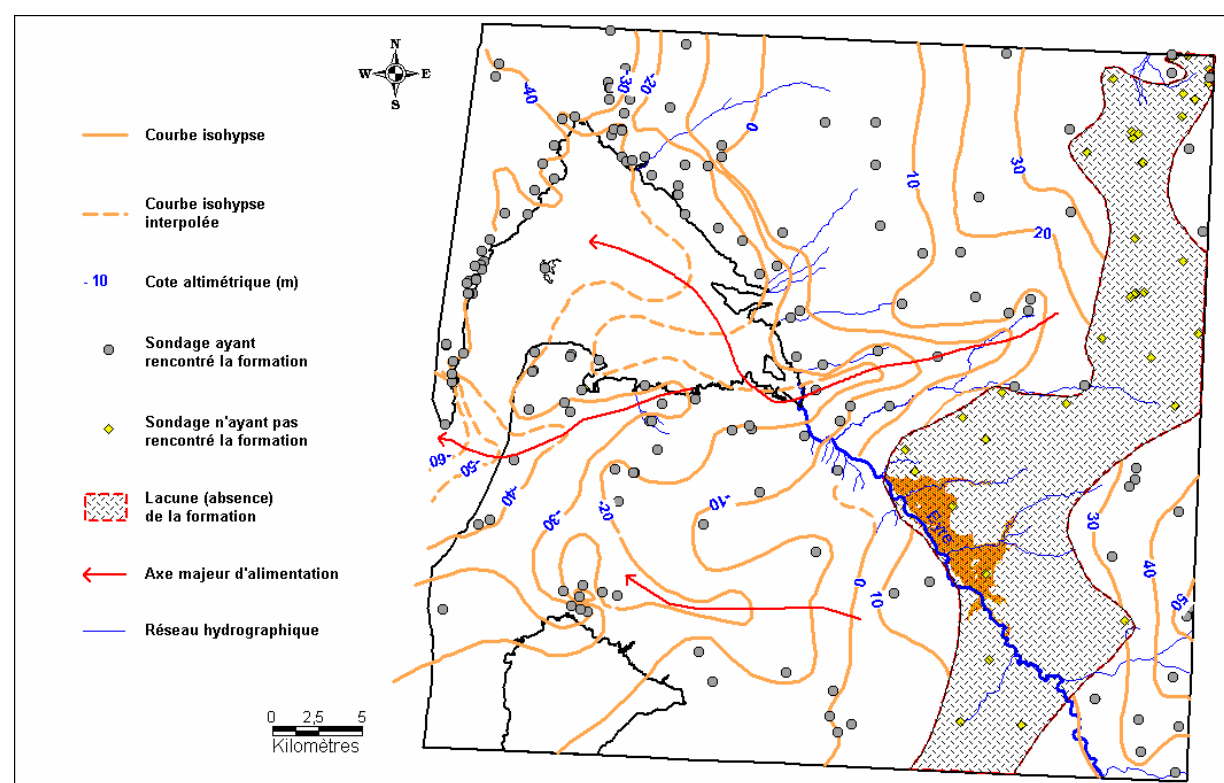
Enfin, l'éponte Formation du Sable des Landes *s.l.* / Dépôts flamandiens est essentiellement due aux argiles flamandaises. Du fait de l'extension de ces dernières, l'éponte ne concerne qu'une partie de la côte Nordois, la partie occidentale du Bassin d'Arcachon et la bande littorale située plus au sud.



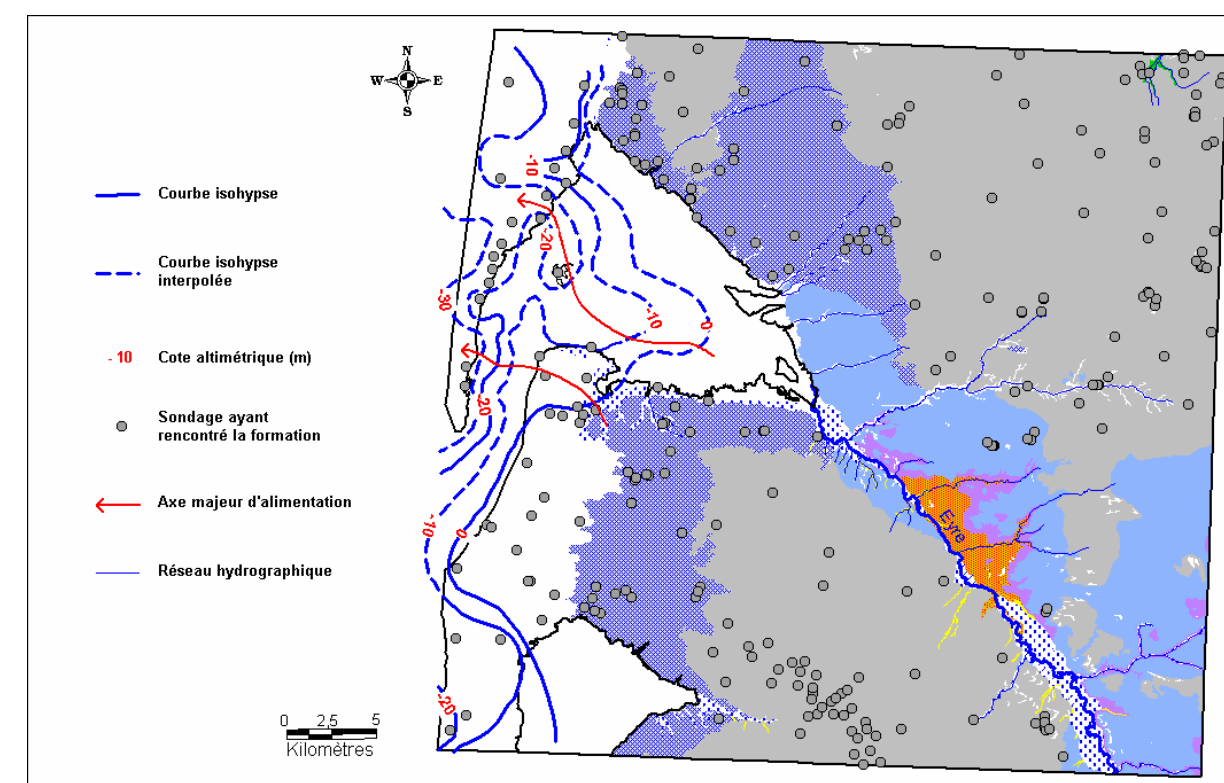
Isohypes du toit de l'Helvétien (Miocène calcaire)



Isohypes du toit de la formation de Belin (Quaternaire)



Isohypes du toit de la formation d'Arenegosse (Pliocène)



Isohypes du toit de la formation du Sable des Landes s.l. (Quaternaire)

Illustration 7 : Isohypes du toit des différentes formations plio-quaternaires (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

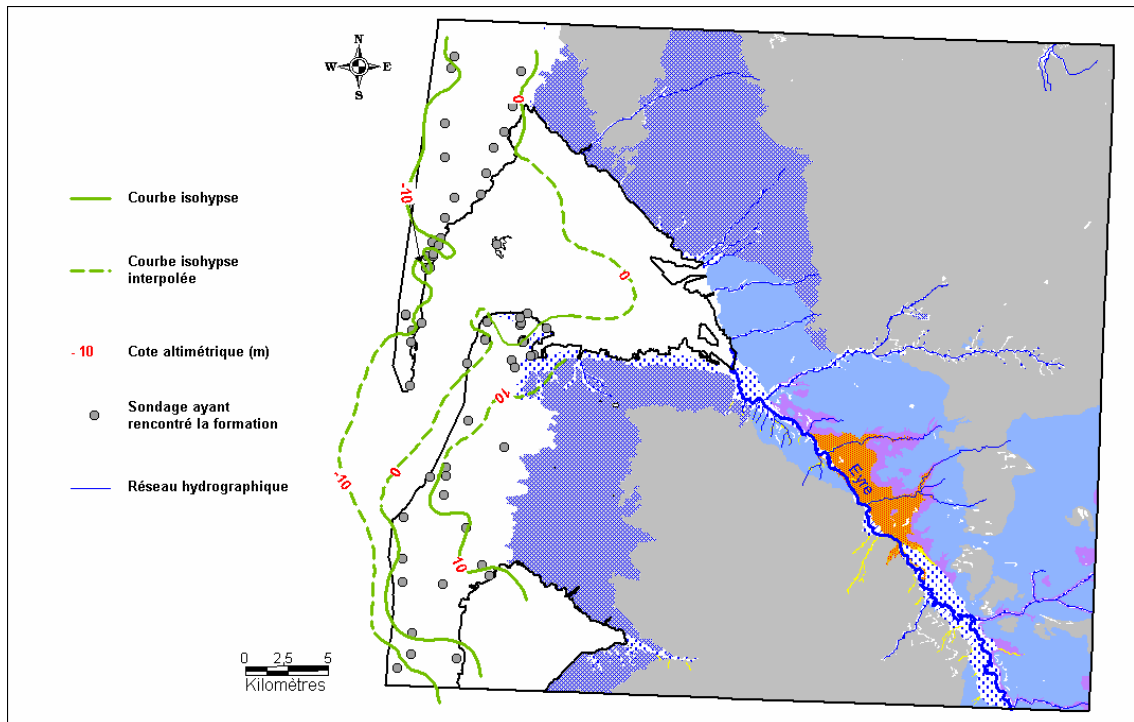
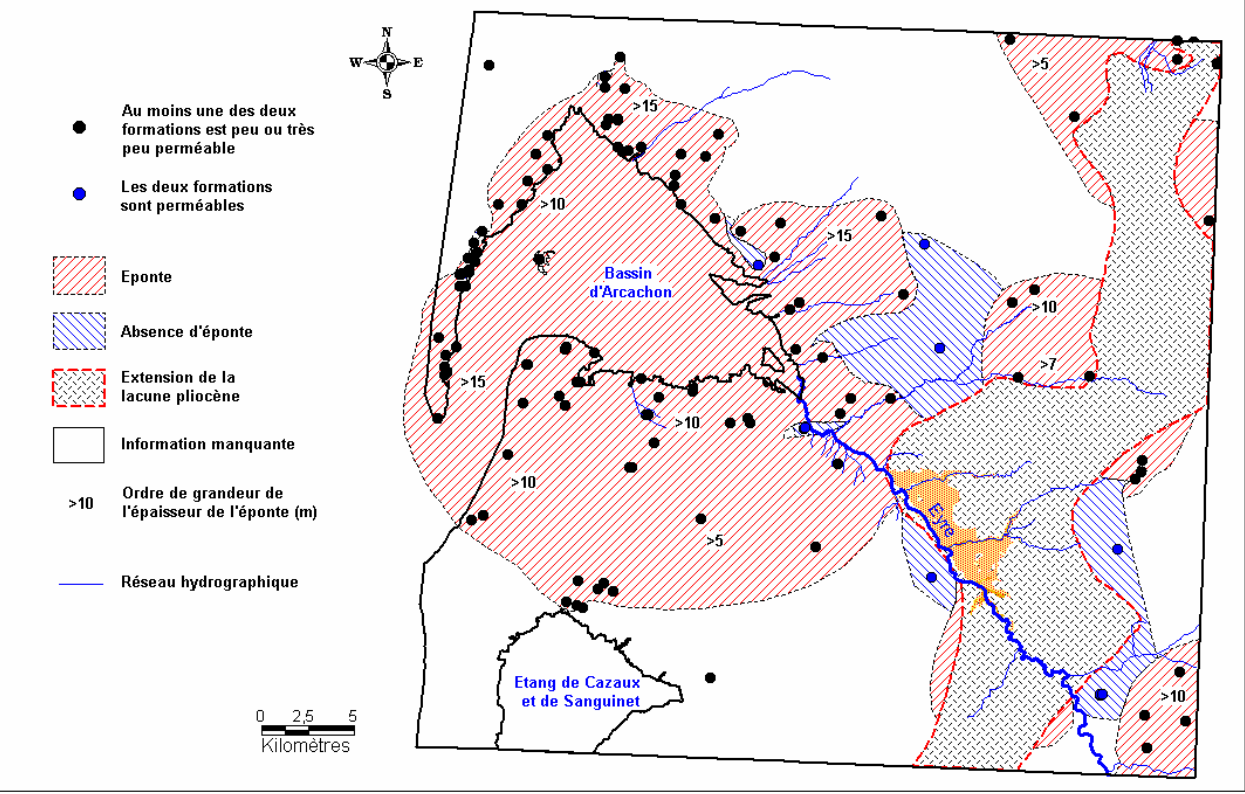


Illustration 8 : Isohypses du toit des formations flandriennes (Quaternaire) (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

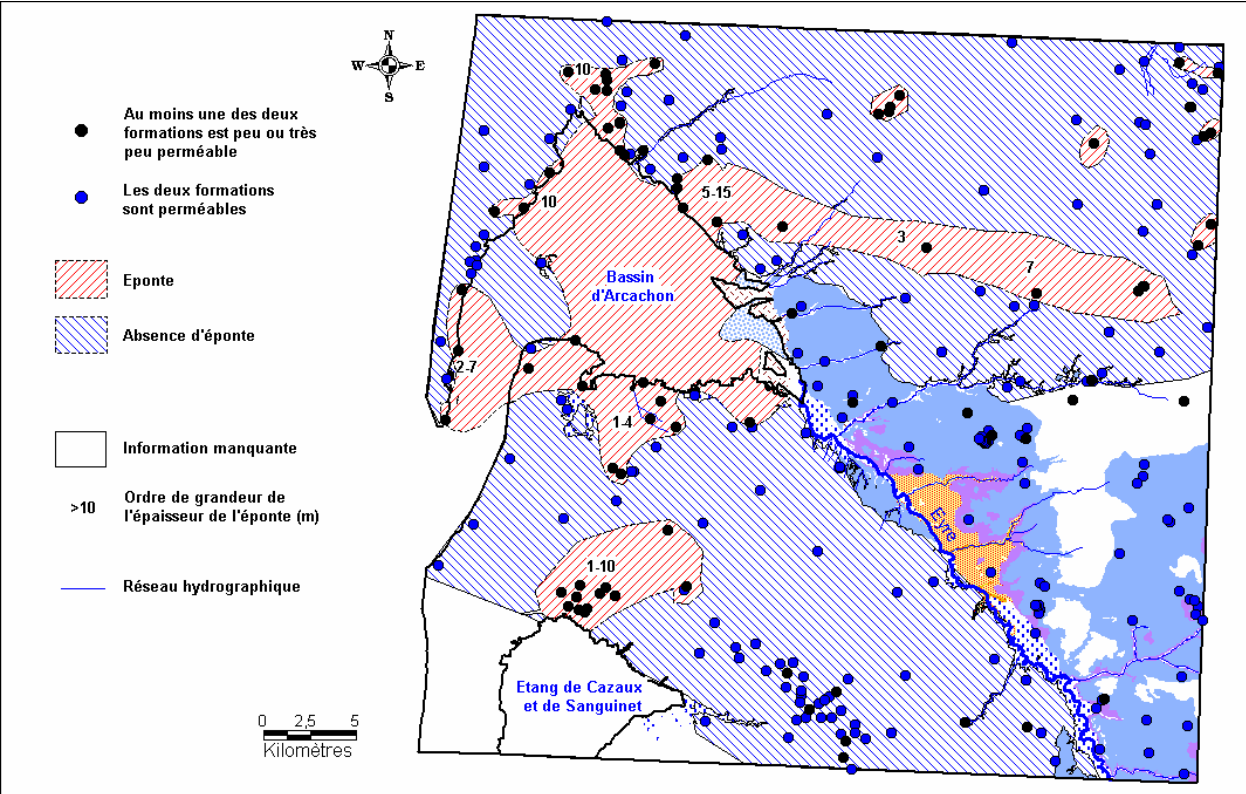
Les coupes lithostratigraphiques dont le tracé est reporté sur la figure centrale de l'illustration 10 permettent d'avoir une vision complémentaire de l'agencement des épontes.

Si l'on considère les 50 premiers mètres, profondeur que la plupart des ouvrages utilisés par les particuliers ou les ostréiculteurs ne dépasse pas, il apparaît :

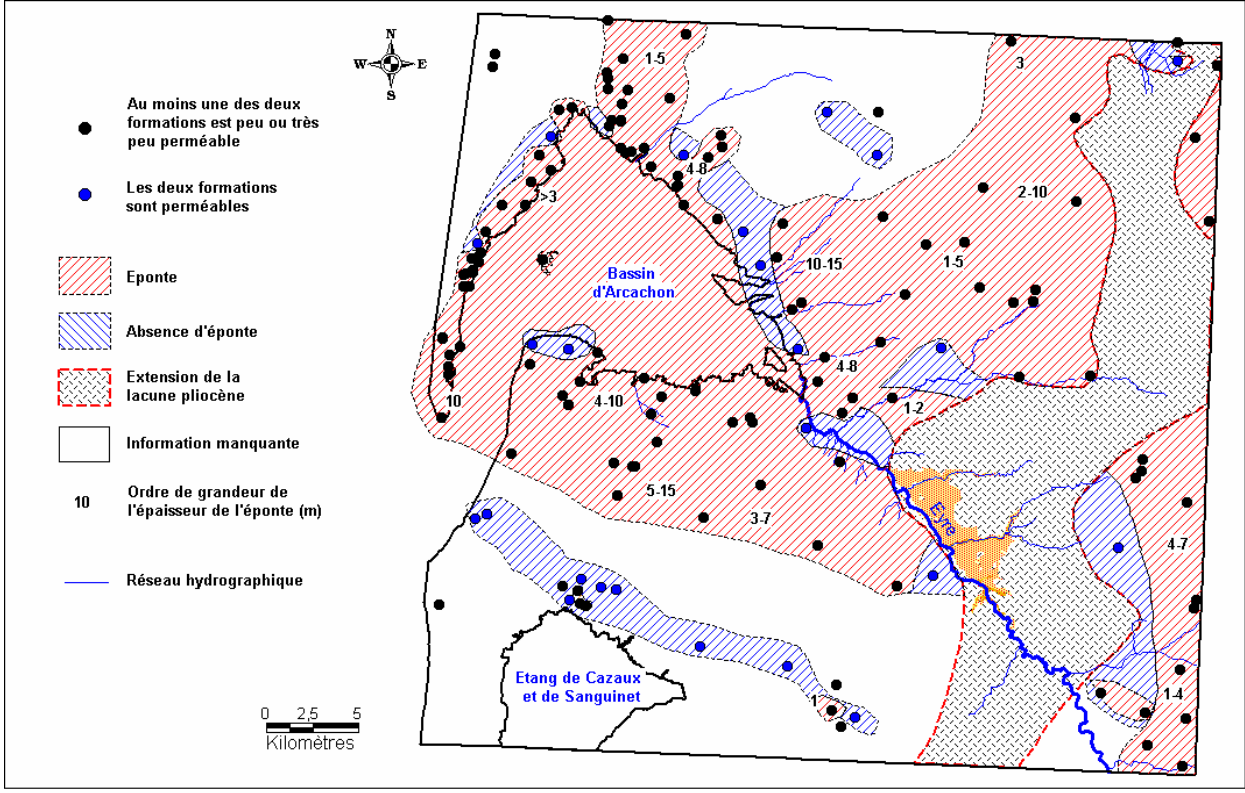
- que les forages situés dans les parties nord et médiane de la côte Norois interceptent les argiles flandriennes à faible profondeur puis un deuxième ensemble peu perméable aux alentours de la cote - 40 m NGF (coupes CC' et BB')
- que le forage 08257X0035, situé plus au sud, intercepte des niveaux flandriens sablo-argileux perméables (coupe DD') puis les niveaux moins perméables du Pliocène et du Miocène
- que les niveaux les plus superficiels situés entre Arès et Audenge se caractérisent par une meilleure perméabilité que ceux situés plus au sud (coupe EE')
- les secteurs de la Teste et de la Hume, sur la côte sud, se caractérisent par la présence de dépôts superficiels perméables alors qu'à Gujan-Mestras, ces mêmes dépôts sont entrecoupés de passées imperméables (coupes DD', AA' et FF')



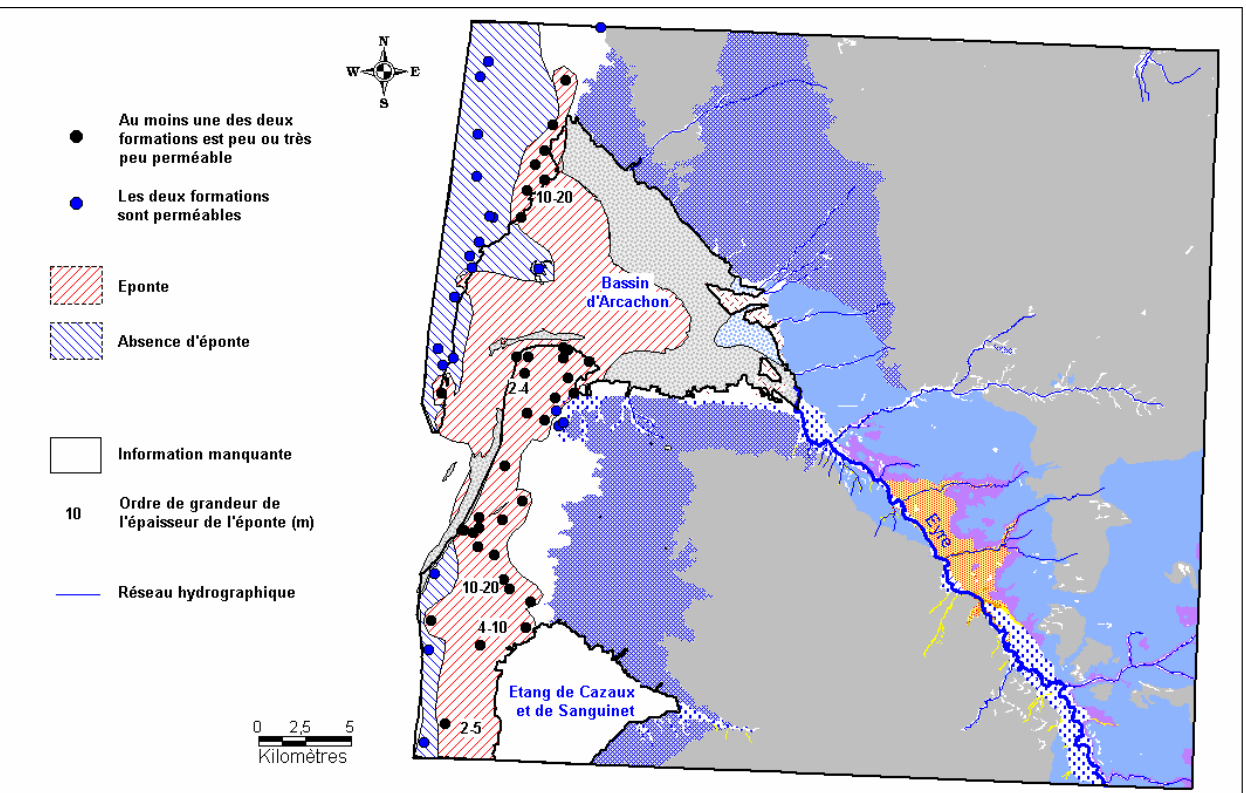
Eponte Miocène / formation d'Arengosse (Pliocène)



Eponte formation de Belin (Quaternaire) / Sable des Landes au s.l. (Quaternaire)



Eponte formation d'Arengosse (Pliocène) / formation de Belin (Quaternaire)



Eponte formation du Sable des Landes (Quaternaire) / dépôts flandriens (Quaternaire)

Illustration 9 : Extension des épontes séparant les niveaux aquifères (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

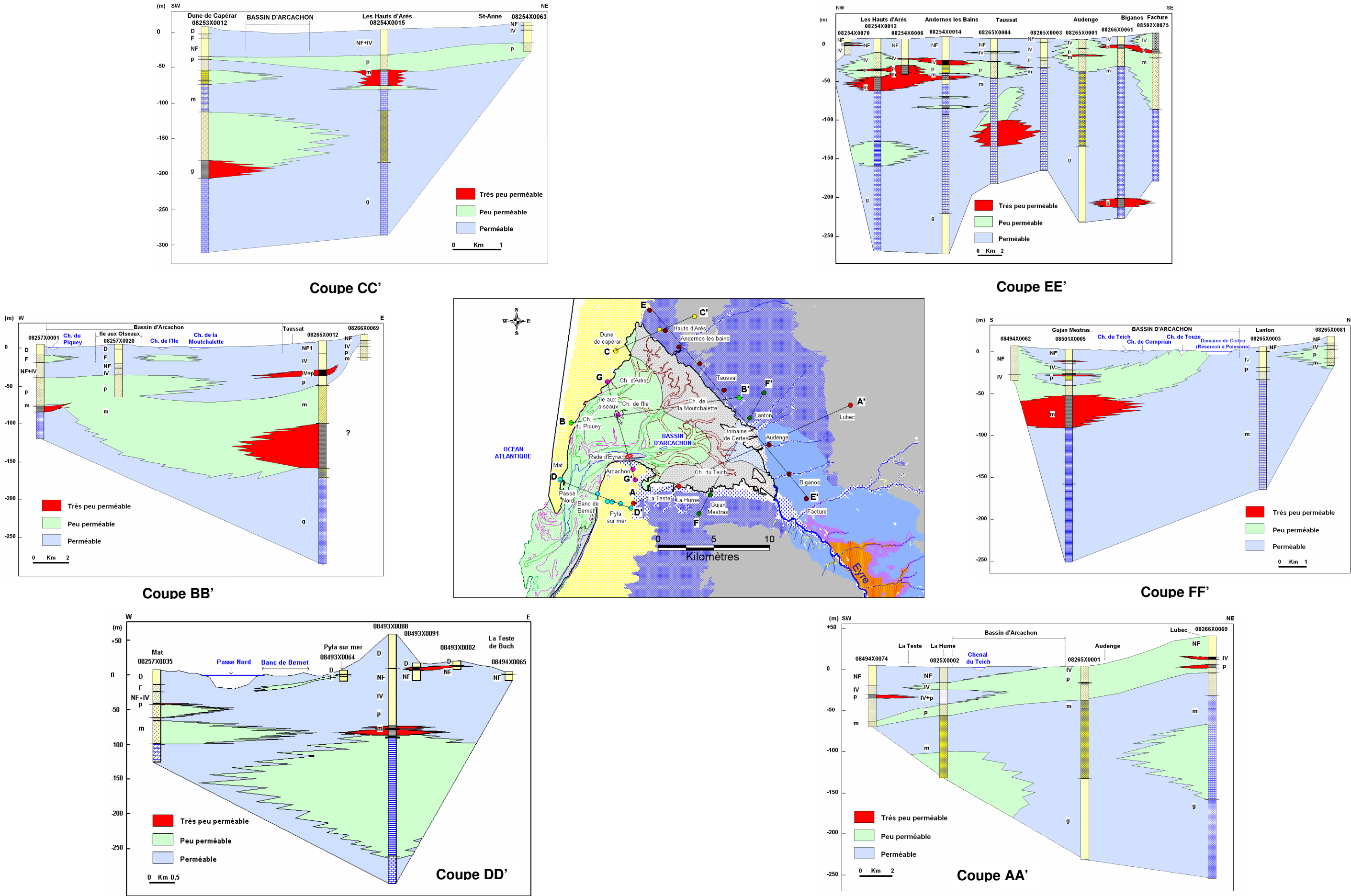


Illustration 10 : Coupes lithostratigraphiques réalisées dans l'environnement du Bassin d'Arcachon (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

2.2.1. Nombre de réservoirs et exutoires

La transposition des cartes de l'illustration 9 en cartes simplifiées basées sur un carroyage et des mailles de 1 km de côté et la sommation des informations relatives aux différentes épontes a permis d'obtenir l'illustration 11.

Cette dernière représente pour chaque maille du modèle, le nombre d'épontes et de réservoirs. Elle met en évidence :

- un nombre maximal d'épontes (4) et de réservoirs (5) locaux au centre du Bassin d'Arcachon ainsi qu'au niveau du débouché sur l'Océan
- une superposition de 4 réservoirs et de 3 épontes sur une grande partie du Bassin et de ses pourtours (en particulier sur la côte sud) ainsi que sur quelques zones de faible extension au sud et à l'est du bassin
- une superposition de 3 réservoirs individualisés et de 2 épontes sur quelques zones de la côte Norois mais surtout sur des zones situées à l'est et au sud du bassin
- une superposition de 2 réservoirs et d'une éponte sur de nombreuses petites zones ainsi que sur une zone plus étendue située à l'est du bassin

Cette illustration montre donc que contrairement à ce qui était couramment admis, l'aquifère plio-quaternaire du Bassin d'Arcachon n'est pas constitué d'un nombre fixe de réservoirs dans l'environnement du Bassin d'Arcachon.

Si le nombre de réservoirs est peu variable sur la bordure sud du Bassin (4 à 5 réservoirs, voire 3, très localement), il n'en va pas de même sur les côtes est et Norois.

Sur la côte est, le nombre de réservoirs présente en effet une assez grande variabilité entre la partie méridionale (Audenge, Biganos) où il est de l'ordre de 2 à 3 et les parties médiane et septentrionale où il varie de 3 à 4.

Sur la côte Norois, la variabilité est encore plus grande : le nombre de réservoirs peut en effet varier de 2 à 5 sur une très faible distance.

Dans la mesure où la formation sablo-graveleuse pliocène dite d'Arengosse est celle qui s'individualise le mieux (cf. illustration 9), on retiendra dans une première approche qu'à l'échelle du Bassin d'Arcachon, les aquifères plio-quaternaires sont représentés d'une part par l'aquifère pliocène et d'autre part par l'aquifère quaternaire superficiel qui peut localement se présenter sous la forme de plusieurs réservoirs secondaires (notamment au toit de la formation de Belin et au niveau des dépôts flandriens). Cette hypothèse demande néanmoins à être confirmée dans le cadre des études en cours *.

(*) : Le BRGM mène actuellement une étude intitulée « Etude des nappes du Plio-Quaternaire et mise en place d'un réseau de surveillance de la quantité et de la qualité autour du Bassin d'Arcachon » dans le cadre de la convention Eaux Souterraines signée avec la Région (CPER 2002-2006) ; l'objectif étant d'aboutir à une gestion appropriée et raisonnée de ces nappes et de compléter les réseaux existants. Cette action constituera un apport de connaissances pour l'élaboration des SAGE « Leyre » et « Etangs médocains ».

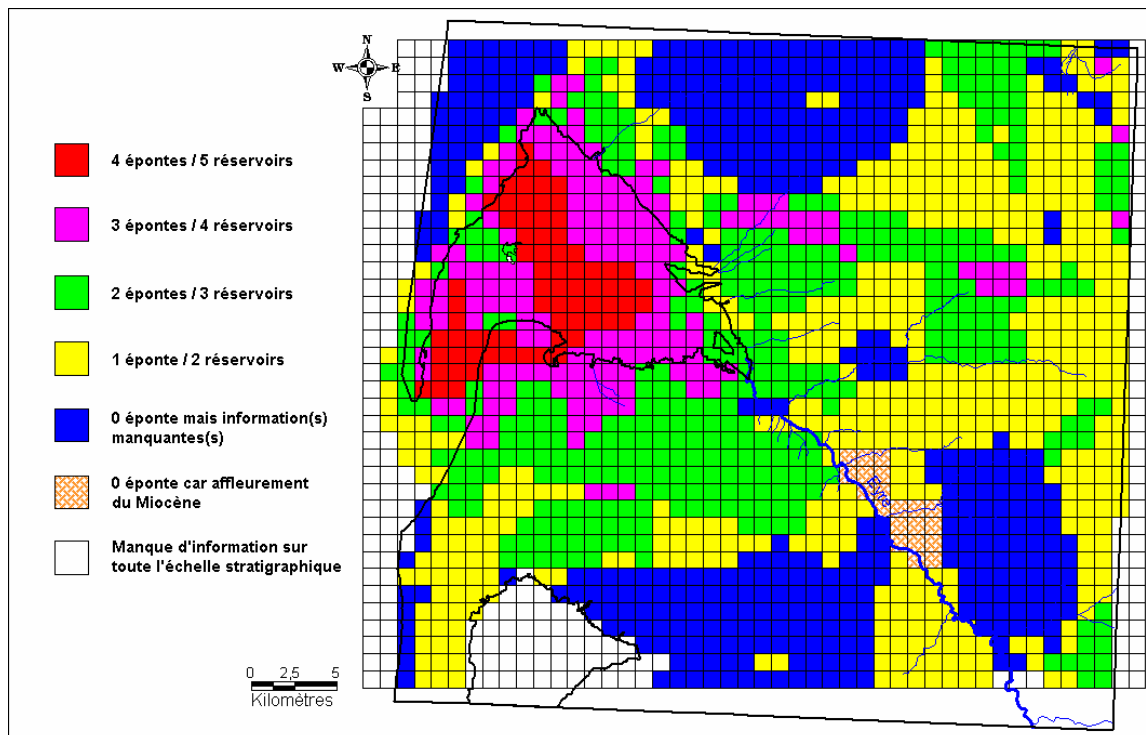


Illustration 11 : Nombre d'éponges à tendance imperméable et de réservoirs au droit de chaque maille (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

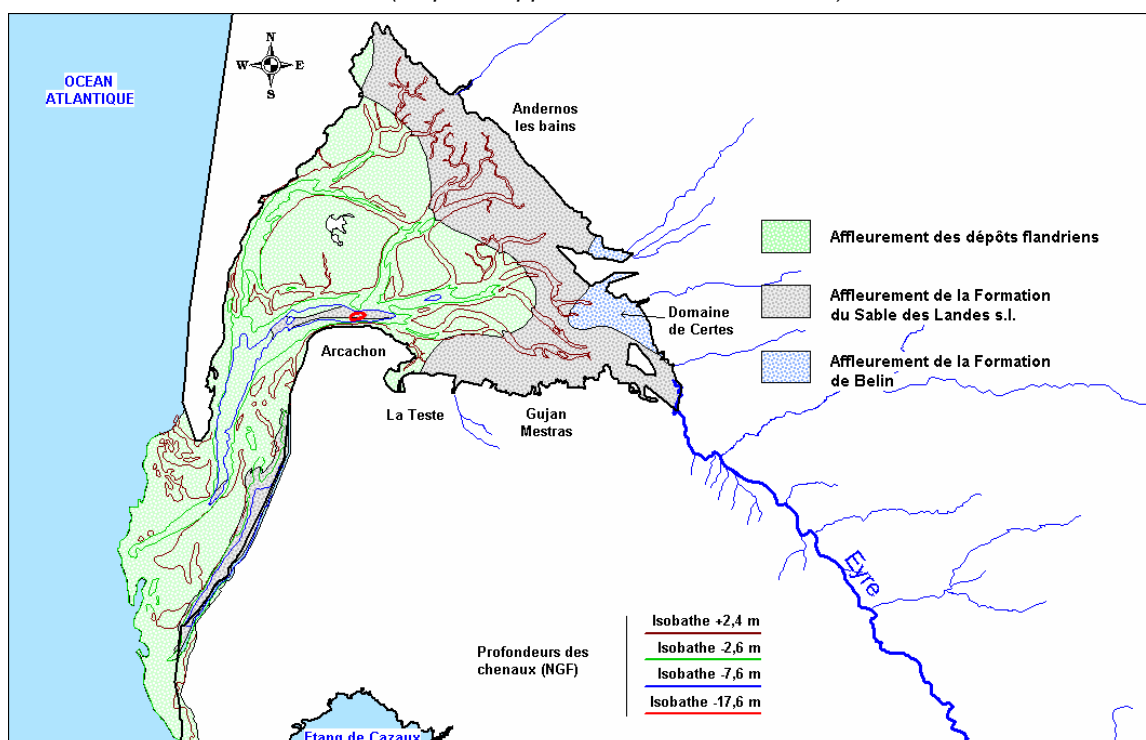


Illustration 12 : Carte des formations affleurantes au fond du Bassin d'Arcachon (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

Les exutoires de ces aquifères restent mal connus dans la mesure où aucune carte piézométrique n'a encore été établie en distinguant les différentes formations.

On peut néanmoins imaginer un écoulement global vers l'océan et supposer des venues d'eaux douces dans le bassin compte tenu de la géométrie des formations.

Dans la partie occidentale du bassin, les dépôts flandriens à dominance argileuse (cf. illustration 12) peuvent bloquer ou du moins limiter les venues d'eaux souterraines qui restent toutefois possibles à la faveur des chenaux les plus profonds (Rade d'Eyrac, Passe nord et Passe sud).

Plus à l'est des venues d'eau en provenance de la formation du Sable des Landes, voire de la formation de Belin sont tout à fait plausibles. La présence de sources d'eau douce dans certains ports de la côte Est, mentionnée par certains ostréiculteurs, semble confirmer cette hypothèse.

2.2.2. Caractéristiques hydrodynamiques des réservoirs

Les valeurs de transmissivité et de coefficient d'emmagasinement disponibles en bibliographie pour le secteur étudié ont été reportées dans le tableau de l'illustration 13.

Il apparaît que les transmissivités mentionnées pour les formations quaternaires sont comprises entre $2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et $6,6 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les formations pliocènes et miocènes sous-jacentes se caractérisent, quant à elles, par des transmissivités comprises entre $3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et $4,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Auteur	Formation captée	Transmissivité (m^2/s)	Coefficient d'emmagasinement
Denis (1962)	Quaternaire	$0,48 \times 10^{-3} < T < 0,62 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-4} < S < 0,715 \times 10^{-2}$
Chapoutot (1965)	Quaternaire	$T = 2,2 \times 10^{-4}$	$S = 3,3 \times 10^{-3}$
	Pliocène	$5,6 \times 10^{-4} < T < 4,3 \times 10^{-3}$	
	Miocène	$3,6 \times 10^{-4} < T < 5 \times 10^{-4}$	$6.10^{-4} < S < 6,3 \times 10^{-4}$
Saint-Pé (1966) Borneuf (1968)	Quaternaire	$4,5 \times 10^{-3} < T < 5 \times 10^{-3}$	
Teissier (1967)	Pliocène	$4 \times 10^{-4} < T < 9,2 \times 10^{-4}$	
Elmounhi (1984)	Quaternaire	$8,7 \times 10^{-3} < T < 6,6 \times 10^{-2}$	
	Miocène	$5,4 \times 10^{-4} < T < 1,75 \times 10^{-3}$	
Astié et Marionnaud (1968)	Miocène	$7,8 \times 10^{-4} < T < 1,5 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-5} < S < 2 \times 10^{-4}$

Illustration 13 : Valeurs de transmissivité T (m^2/s) et de coefficient d'emmagasinement (S) disponibles en bibliographie (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

2.2.3. Piézométrie et relations nappe-rivière

L'inventaire des points d'eau disposant de mesures piézométriques (cf. illustration 14) dans l'environnement du Bassin d'Arcachon a permis de recenser 27 forages parmi lesquels 5 disposaient de chroniques assez longues pour être étudiées.

L'examen de ces chroniques a montré que l'évolution des niveaux était très sensible à la pluviométrie mais que l'amplitude des fluctuations restait faible (de 1,0 m à 1,5 m suivant les années) quel que soit le cycle et l'horizon capté.

La mise en parallèle des niveaux mesurés sur les ouvrages 08502X0104 et 08502X0079 captant respectivement les formations plio-quaternaires et miocènes au sud-est du bassin d'Arcachon a montré une très bonne corrélation (cf. illustration 15).

Cette observation laisse supposer l'existence de communications entre les aquifères malgré la présence d'une éponte (cf. illustration 9).

Les relations entre les nappes et l'Eyre ont quant à elles été appréhendées à partir d'une modélisation pluie-débit (Winckel et al., 2005) qui a mis en évidence que la contribution de la nappe plio-quaternaire au débit de la rivière était de 100 % en période d'étiage et de 15 à 35 % (en fonction des années) en période de crue.

2.2.4. Caractéristiques hydrochimiques des réservoirs

La synthèse hydrochimique menée parallèlement à l'étude fine des niveaux plio-quaternaires (rapport BRGM-RP-54666-FR) s'est basée sur les résultats de 47 analyses concernant 26 forages situés dans l'environnement du Bassin d'Arcachon.

L'illustration 16 précise le nombre d'analyses disponibles pour chaque formation ainsi que les dates de l'analyse la plus ancienne et de l'analyse la plus récente.

La mauvaise répartition entre formations (70 % des analyses concernent les formations miocènes), temporelle (prélèvements et analyses réalisées avec des techniques différentes) et spatiale (analyses réparties de façon non homogène sur l'ensemble de la zone d'étude) fait que l'interprétation des résultats a été délicate.

D'un point de vue des paramètres physico-chimiques, il est apparu que :

- les eaux issues **des niveaux plio-quaternaires** se caractérisaient par de faibles valeurs de pH (cf. illustration 17), l'acidité de l'eau étant liée à la nature sableuse ou sablo-graveleuse des formations ainsi qu'à la présence de matière organique. Les faibles conductivités peuvent, quant à elles, s'expliquer par des phénomènes de dissolution quasiment inexistantes au sein des dépôts détritiques siliceux.
- les eaux issues des formations **miocènes** présentaient un pH légèrement basique et des conductivités plus élevées (cf. illustration 17) en accord avec la nature carbonatée des matériaux.

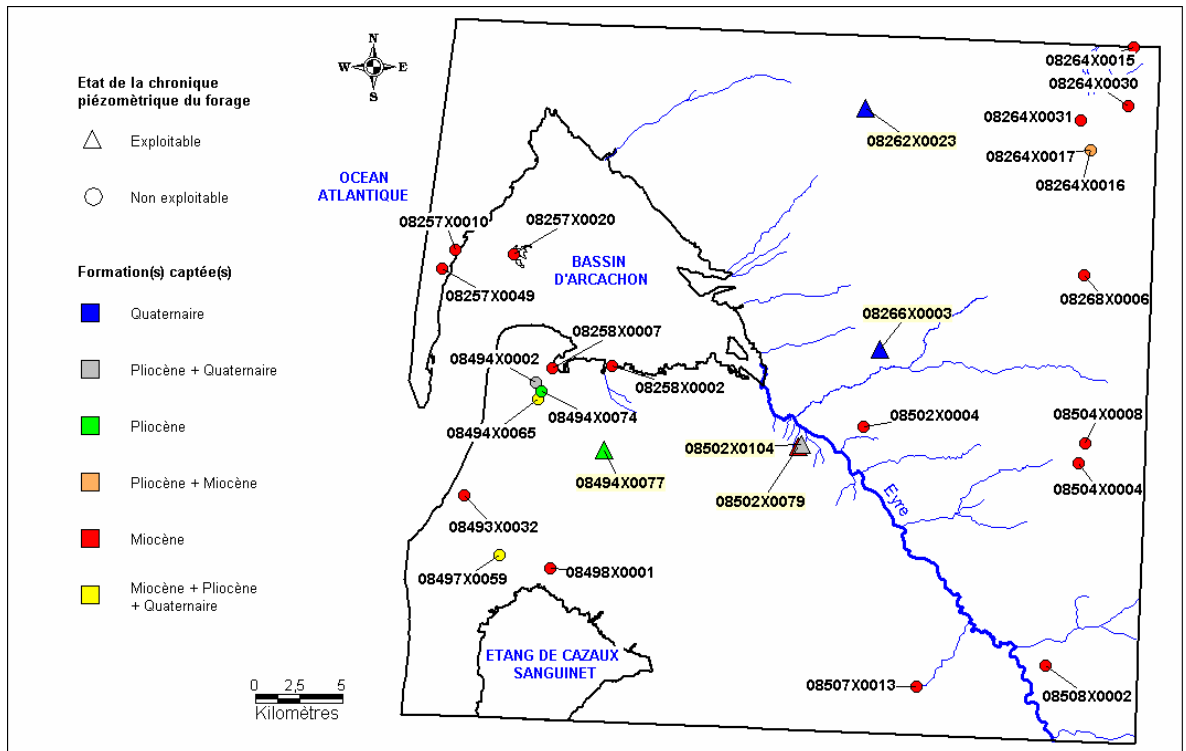


Illustration 14 : Forages faisant ou ayant fait l'objet de mesures piézométriques (d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

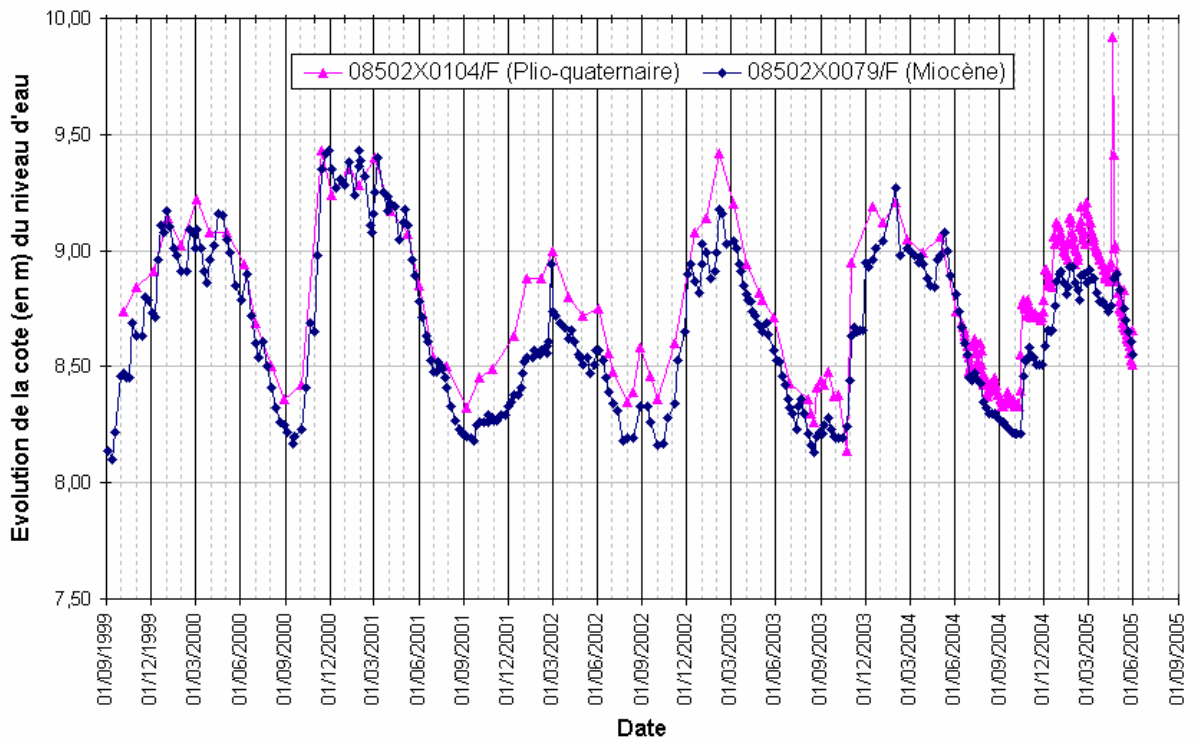


Illustration 15 : Evolution des niveaux piézométriques sur 2 ouvrages du Bassin d'Arcachon(d'après rapport BRGM RP-54666-FR)

		Nombre d'analyses	Nombre de forages	Analyse la plus ancienne	Analyse la plus récente
QUATÉNAIRE	Dépôts flandriens (F)	1	1	29/06/2000	
	Sables des Landes (NF)	6	3	1966	19/10/2004
	Sables des Landes (NF) + Formation de Belin (IV)	1	1	11/01/1963	
	Formation de Belin (IV) + Pliocène (p)	1	1	25/07/1989	
Pliocène (p)		5	4	avril 1963	07/12/2000
Miocène (m)		33	16	26/09/1961	

Illustration 16 : Répartition des analyses en fonction des formations (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

	Potentiel d'Hydrogène (pH)				Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20 °C			
	Nb. Val.	MOY	MIN	MAX	Nb. Val.	MOY	MIN	MAX
Quaternaire	2	6,25	6,10	6,40	3	187	129	262
Pliocène	4	6,29	6,17	6,34	5	172	112	203
Miocène	31	7,92	7,40	8,30	31	267	218	485

Illustration 17 : Valeurs de pH et de conductivité (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

	Concentrations en chlorures (mg/l)			
	Nb. Val.	MOY	MIN	MAX
Quaternaire	8	43,41	28,40	65,00
Pliocène	5	31,00	26,62	35,50
Miocène	33	28,36	15,70	106,30

Illustration 18 : Teneurs en chlorures (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

	Concentrations en fer (mg/l)			
	Nb. Val.	MOY	MIN	MAX
Quaternaire	8	4,60	0,50	7,60
Pliocène	5	9,89	1,60	13,20
Miocène	30	0,31	0,00	2,00

Illustration 19 : Teneurs en fer (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

D'un point de vue des teneurs en chlorures (cf. illustrations 18 et 20), il est ressorti que :

- la teneur moyenne ou minimale était d'autant plus forte que le réservoir était superficiel
- les fortes teneurs observées dans le Miocène (5 valeurs / 33 supérieures à 35.5 mg/l) pouvaient s'expliquer pour au moins 2 forages situés sur la presqu'île du Cap Ferret par la proximité de l'océan et la présence d'un affleurement de Tertiaire en mer, à faible distance de la côte

Il semble de plus que Chapoutot en 1965 ait pu montrer que tout forage situé sur la presqu'île du Cap-Ferret et sollicité à un débit supérieur à 5 ou 6 m³/h voyait sa teneur en chlorures augmenter progressivement.

Quoiqu'il en soit, à l'exception des secteurs où la nappe est affectée par une invasion marine ou par des effluents anthropiques, les teneurs en chlorures des nappes superficielles sont essentiellement liées au lessivage des embruns par les pluies et au transfert de ces chlorures de nappe en nappe.

Comme les teneurs en chlorures, les teneurs en fer sont plus élevées dans les eaux quaternaires et pliocènes que dans les eaux miocènes (cf. illustration 19).

Ce constat trouve son explication dans le caractère acide des eaux superficielles qui permet la dissolution des éléments lourds contenus dans les formations sableuses.

Il est à préciser que l'utilisation de ces ressources pour l'alimentation en eau potable nécessiterait une déferrisation dans la mesure où les normes de potabilité ont été fixées à 200 µg/l.

La représentation graphique des résultats d'analyse sous la forme d'un diagramme de Piper (cf. illustration 21) a de plus montré :

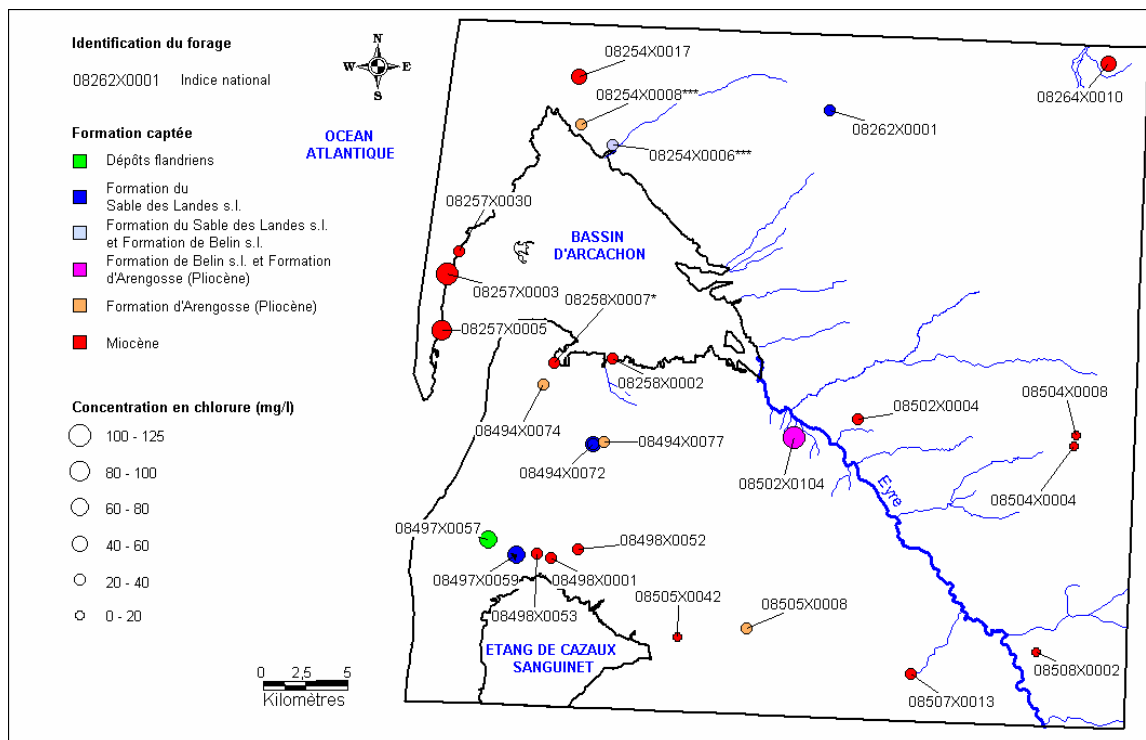


Illustration 20 : Teneurs en chlorures (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

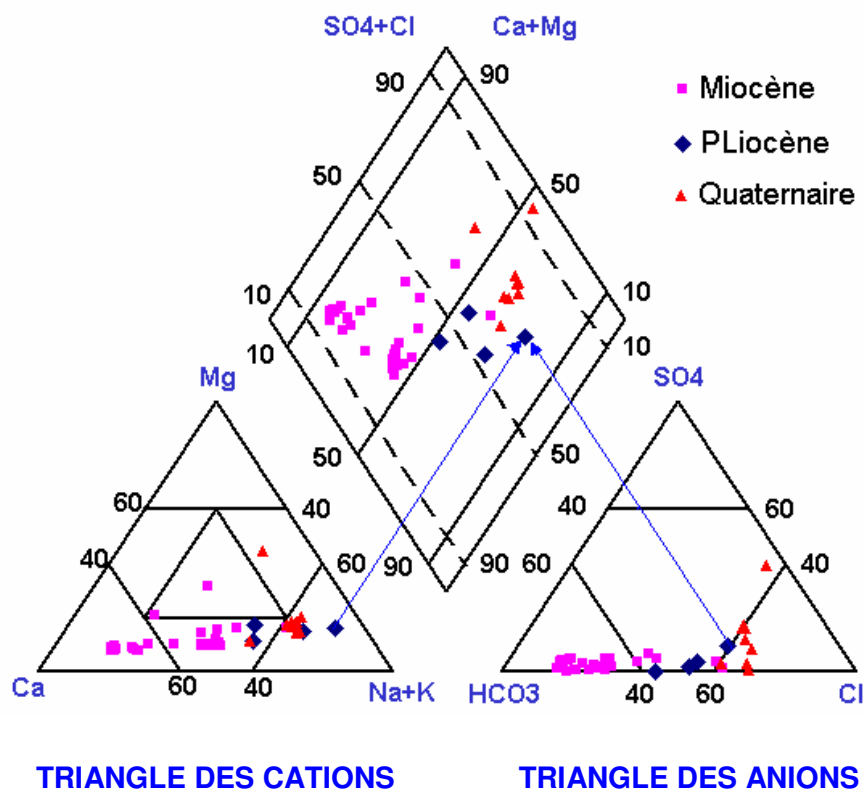


Illustration 21 : Diagramme de Piper (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

- que les eaux miocènes s'individualisaient nettement, tant pour les cations que pour les anions et qu'elles tendaient vers le pôle bicarbonaté calcique (faciès pouvant être directement mis en relation avec l'environnement géologique constitué de calcaires et de grès carbonatés)

- que les eaux pliocènes et quaternaires s'individualisaient moins bien, notamment en ce qui concerne les cations. Du côté des anions, la distinction est plus aisée : les eaux pliocènes présentent globalement une composition intermédiaire entre les eaux miocènes plutôt bicarbonatées calciques et les eaux quaternaires qui tendent vers le pôle chloruré sodique.

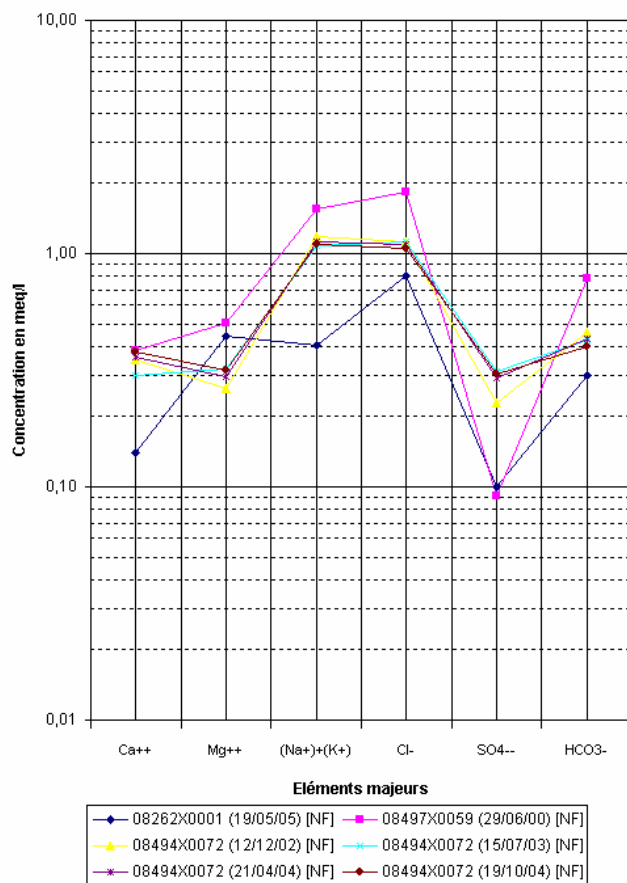
La représentation des résultats sous forme de diagrammes de Schoeller-Berkalof (cf. illustration 22) a, quant à elle, confirmé la signature chlorurée sodique des eaux plio-quaternaires et bicarbonatée calcique des eaux miocènes.

La variabilité observée sur le graphique (a) (forages sollicitant le Sable des Landes) peut s'expliquer par la nature superficielle de la nappe qui est susceptible de subir diverses influences (marine, agricole, industrielle...).

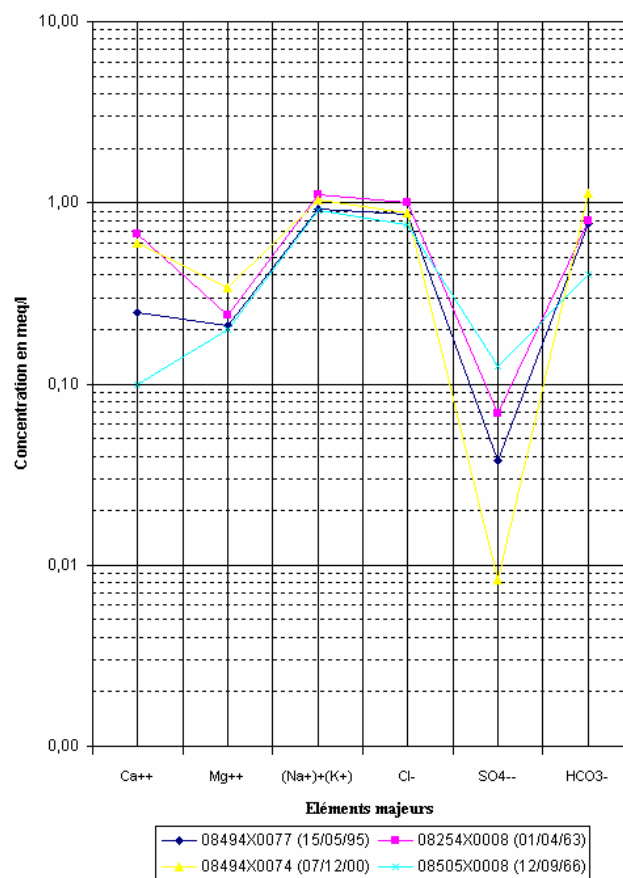
Dans le cas des échantillons pliocènes (graphique b), on observe des concentrations en sodium et en chlore relativement constantes et une variabilité des autres teneurs.

Cette dernière peut s'expliquer par la présence d'un horizon sableux plus ou moins argileux et d'épaisseur variable entre la formation d'Arengosse (Pliocène) et le niveau calcaire miocène le plus récent (Helvétien).

(a) : Sables des Landes (Quaternaire)



(b) : Pliocène



(c) : Miocène

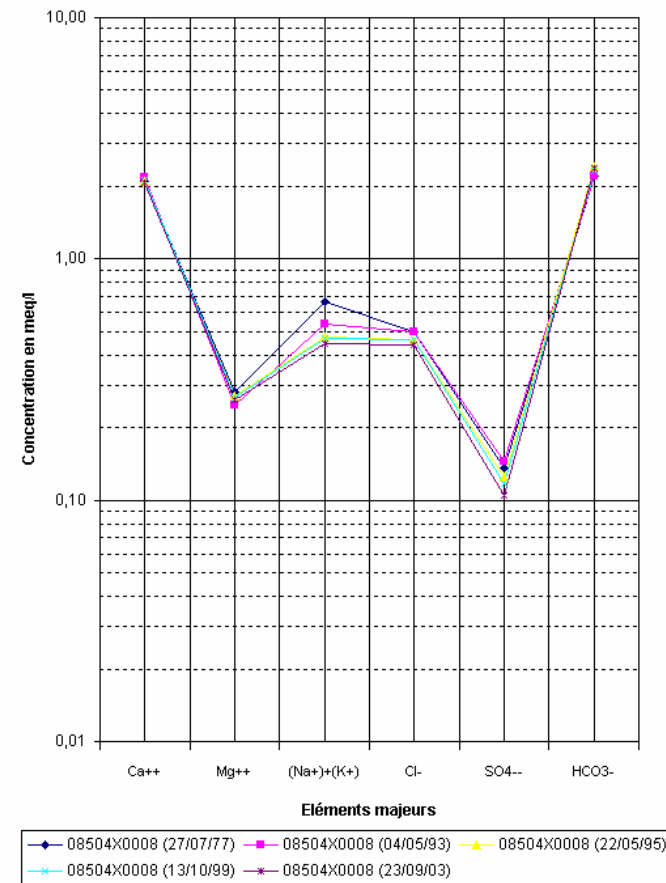


Illustration 22 : Diagrammes de Schoeller-Berkaloff pour les formations quaternaires, pliocènes et miocènes (d'après rapport BRGM-RP-54666-FR)

3. Expertise des forages ostréicoles

3.1. IDENTIFICATION DES EXPLOITATIONS DOTEES D'UN FORAGE

Les forages ayant fait l'objet d'une expertise correspondent :

- d'une part, aux ouvrages déclarés par les exploitants à l'occasion de l'enquête menée en mars 2006 par la Section Conchylicole Régionale (SCR) auprès de tous les producteurs d'huîtres du bassin d'Arcachon
- d'autre part, à des forages non déclarés à l'occasion de l'enquête mais connus des représentants de la profession qui ont accompagné les techniciens du BRGM sur le terrain

Au total, ce sont près de 80 ouvrages qui ont fait l'objet d'une visite pour un total de 69 forages expertisés (mesures de paramètres physico-chimiques). Leur répartition géographique n'est pas homogène sur l'ensemble des ports (cf. illustration 23). Il apparaît en effet que 64 % des forages (44) ayant fait l'objet d'une expertise se trouvent sur la côte Sud dont près de 50 % (34) sur la seule commune de Gujan-Mestras. Les deux autres côtes se partagent les 36 % restants à part égale (13 forages pour la côte Est et 12 pour la côte Ouest).

Il est à préciser que les différences qui peuvent être notées entre les colonnes 2 et 3 du tableau correspondent à des pompages directs en mer déclarés comme forages mais non retenus pour l'expertise. Les différences entre les colonnes 3 et 4 et 5 et 6 correspondent, quant à elles, à des points non équipés de pompes ou à des forages condamnés.

3.2. METHODE D'EXPERTISE

L'expertise des forages ostréicoles a consisté en une visite de terrain au cours de laquelle plusieurs opérations ont été effectuées.

Après la localisation du forage sur l'exploitation, la première opération a systématiquement consisté en une mesure du niveau de l'eau à l'aide de la sonde électrique lorsque cela a été possible (forage non fermé et espace suffisant entre le tube et la colonne d'exhaure).

Après une photographie du dispositif de prélèvement et un temps de pompage suffisant pour renouveler l'eau de la colonne d'aspiration, des prélèvements ont été réalisés de façon à mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau.

Port	Fiches retournées	Forages déclarés	Forages effectifs déclarés	Forages expertisés	Forages supplémentaires visités	Forages supplémentaires expertisés	Total forages expertisés	% forages expertisés
La Teste	7	7	7	7	3	3	10	14,5 %
Gujan-Mestras	25	30	28	25	9	9	34	49,3 %
Audenge	0	0	0	0	1	1	1	1,5 %
Lanton	0	0	0	0	3	3	3	4,4 %
Andernos	3	3	3	3	4	4	7	10,1 %
Arès	1	1	1	1	1	1	2	2,9 %
Lège-Cap-Ferret	7	7	4	3	11	9	12	17,4 %
Total	43	48	43	39	32	30	69	100,0 %

Illustration 23 : Détails de la campagne d'expertise

L'appareillage utilisé est représenté sur l'illustration 24. Il est constitué :

- d'un conductimètre de poche avec compensation de température de type LF330/SET équipé d'une cellule de conductivité standard TetraCon® 325 permettant la mesure de la température, de la conductivité et de la salinité
- d'un pH-Oxy-mètre de poche de type MultiLine P3 pH/OXI équipé de trois sondes permettant de mesurer respectivement le pH (électrode combinée de pH à sonde de température intégrée Sen Tix 41), le potentiel d'oxydo-réduction (électrode Sen Tix ORP Ag/AgCl – KCl 3M) et l'oxygène dissous (sonde à oxygène dissous Cellox 325 et son bécher de calibration OxiCal® - SL).

Les informations recueillies sur le terrain concernant l'ouvrage (profondeur, diamètre, position des crépines...), la pompe et les modalités de prélèvement ainsi que les résultats des mesures effectuées ont été consignés dans des fiches de terrain semblables à celle de l'annexe 1.

Ces dernières ont par la suite servi à l'élaboration des fiches synthétiques consignées dans l'annexe 2 qui outre le fait de comporter les items précédemment mentionnés permettent de localiser les points de mesure dans les différents ports.



Illustration 24 : Matériel utilisé pour la mesure des paramètres physico-chimiques

3.3. RESULTATS DE L'EXPERTISE

Les 5 paramètres physico-chimiques mesurés correspondent :

- à la température
- à la conductivité (convertie également en salinité)
- au pH
- au potentiel redox
- à l'oxygène dissous

Il est à noter que les mesures ont été effectuées sur des eaux fraîchement prélevées et ayant subi un minimum d'échange avec le milieu, ceci afin d'éviter le réchauffement (ou le refroidissement) de l'eau ainsi que l'oxygénation.

3.3.1. Examen général des données autour du bassin

Les 69 forages expertisés correspondent à des ouvrages peu profonds : 57 d'entre eux présentent une profondeur comprise entre 6 et 16 m et 6, une profondeur comprise entre 16 et 25 m. La profondeur reste indéterminée pour les 6 forages restants.

Si l'information concernant la profondeur de l'ouvrage a pu être récupérée dans la plupart des cas (63/69), il n'en va pas de même pour la position des crépines où l'information manque pour 32 forages (soit pour un peu moins de la moitié).

La température de l'eau varie notablement puisqu'elle oscille entre 8,5 et 18°C (cf. illustration 25) avec une majorité de points situés entre 12 et 17°C.

Il est possible que ces variations soient liées aux modalités d'exploitation du forage avant la phase de prélèvement, la température de l'eau d'un forage reflétant celle de la nappe dans le cas d'un ouvrage sollicité et celle de l'air dans le cas d'un forage non utilisé. Elles sont en tout cas trop importantes pour être uniquement liées au gradient géothermique (+0,3°C tous les 10 m en moyenne).

Le pH correspond au potentiel hydrogène de l'eau (activité en ions H^+) et traduit son acidité. Un pH de 7 correspond à la neutralité. L'eau déminéralisée a un pH voisin de 6 alors qu'une eau de mer a un pH voisin de 8.

Ce paramètre varie entre 5,9 et 8,3 sur les 69 forages expertisés avec une répartition quasi égale entre eaux à tendance acide (33 valeurs inférieures à 7) et eaux à tendance basique (36 valeurs supérieures au seuil de neutralité).

L'illustration 26 représente la répartition des valeurs de pH sur les 69 forages expertisés et permet de constater :

- que les eaux de la **côte ouest** sont plutôt alcalines (pH > 7,3 pour les 12 forages expertisés)
- que les eaux de la **côte est** sont plutôt acides (pH < 6,7 pour 12 des 13 forages expertisés)
- que les eaux de la **côte sud** sont proches de la neutralité avec 39 forages sur un total de 44 qui présentent un pH compris entre 6,5 et 7,5.

La conductivité de l'eau est un paramètre qui est directement lié à la minéralisation ou à la teneur en sels (au sens large).

Elle correspond à l'inverse de la résistivité et s'exprime en $\mu\text{S/cm}$ ou en mS/cm .

$$\text{Conductivité } \sigma (\mu\text{S/cm}) = 1\,000\,000 / \text{Résistivité } \rho (\Omega.\text{cm})$$

L'appareillage utilisé sur le terrain a permis de mesurer la conductivité des eaux et leur salinité exprimée en g/kg pour les fortes teneurs (supérieures à 1 g/kg) ou en mg/l pour les valeurs inférieures à 1500 mg/l.

L'illustration 27 représente les résultats obtenus sur les 69 forages expertisés du Bassin d'Arcachon. Elle montre que des salinités élevées (supérieures à 25 g/l) ont été mesurées sur l'ensemble des trois côtes, mais leur répartition est hétérogène : elles sont majoritaires sur la côte sud mais peu nombreuses sur les côtes est et ouest.

Le potentiel redox et la teneur en oxygène dissous traduisent le potentiel oxydant d'un milieu : plus la teneur en oxygène dissous d'une eau est élevée, plus son potentiel redox est élevé et plus son pouvoir oxydant est fort.

Les eaux superficielles (ex. : cours d'eau) sont les plus riches en oxygène. Les eaux très profondes sont, quant à elles, dépourvues d'oxygène et parfois riches en sulfures, ce qui leur confère un potentiel redox très bas et un pouvoir réducteur très élevé.

Parmi toutes les mesures physico-chimiques, celles du potentiel redox et de la teneur en oxygène dissous sont les plus difficiles à réaliser en raison de l'instabilité de ces paramètres.

Certaines précautions peuvent néanmoins être prises pour atténuer les instabilités : la réduction du débit d'exhaure au moment du prélèvement permet par exemple de minimiser l'oxygénation de l'eau. Il est aussi conseillé de pratiquer les mesures dans une cellule quasi fermée (petit flacon à col étroit) afin de limiter l'oxygénation de l'échantillon.

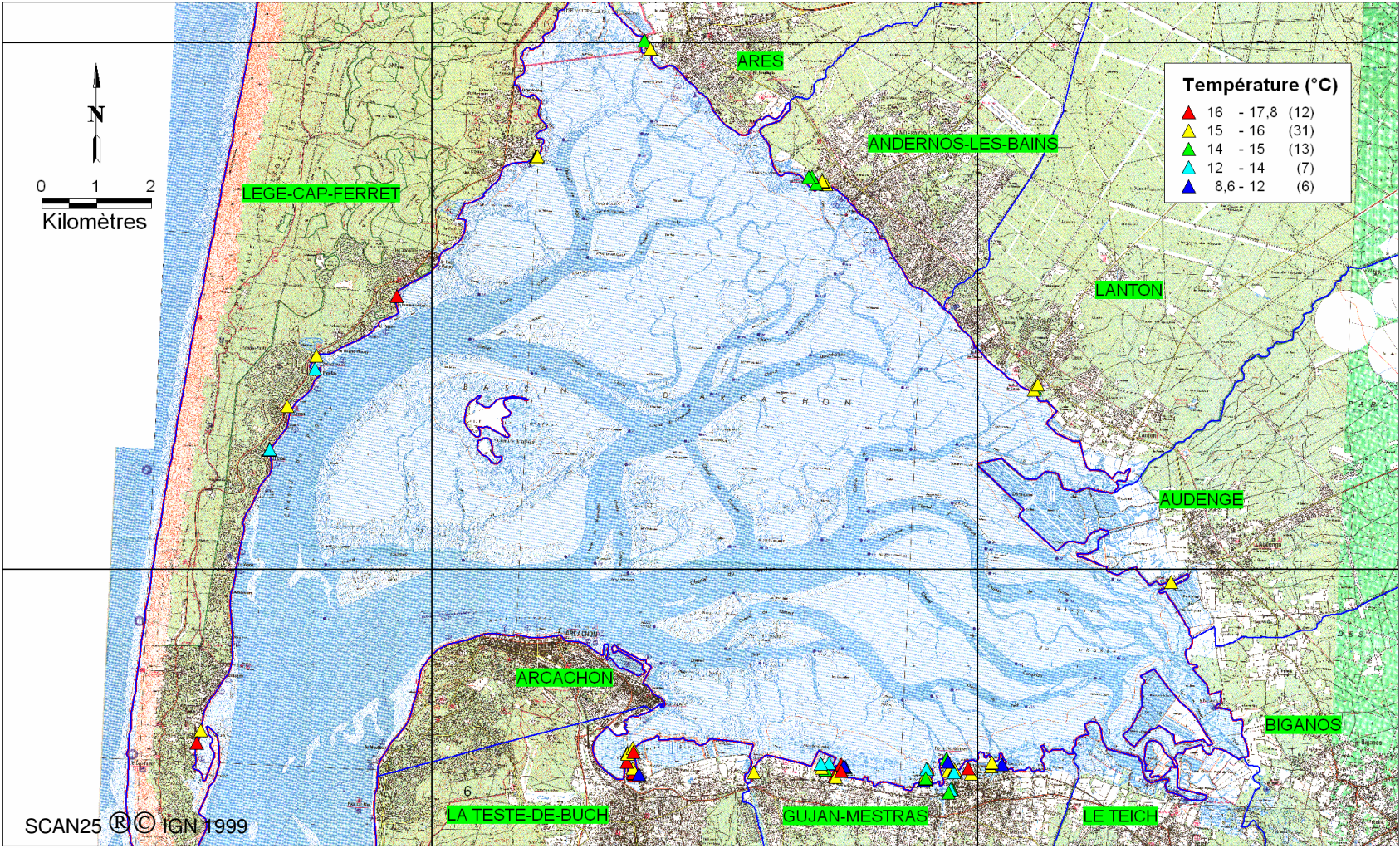


Illustration 25 : Répartition des températures de l'eau des forages expertisés

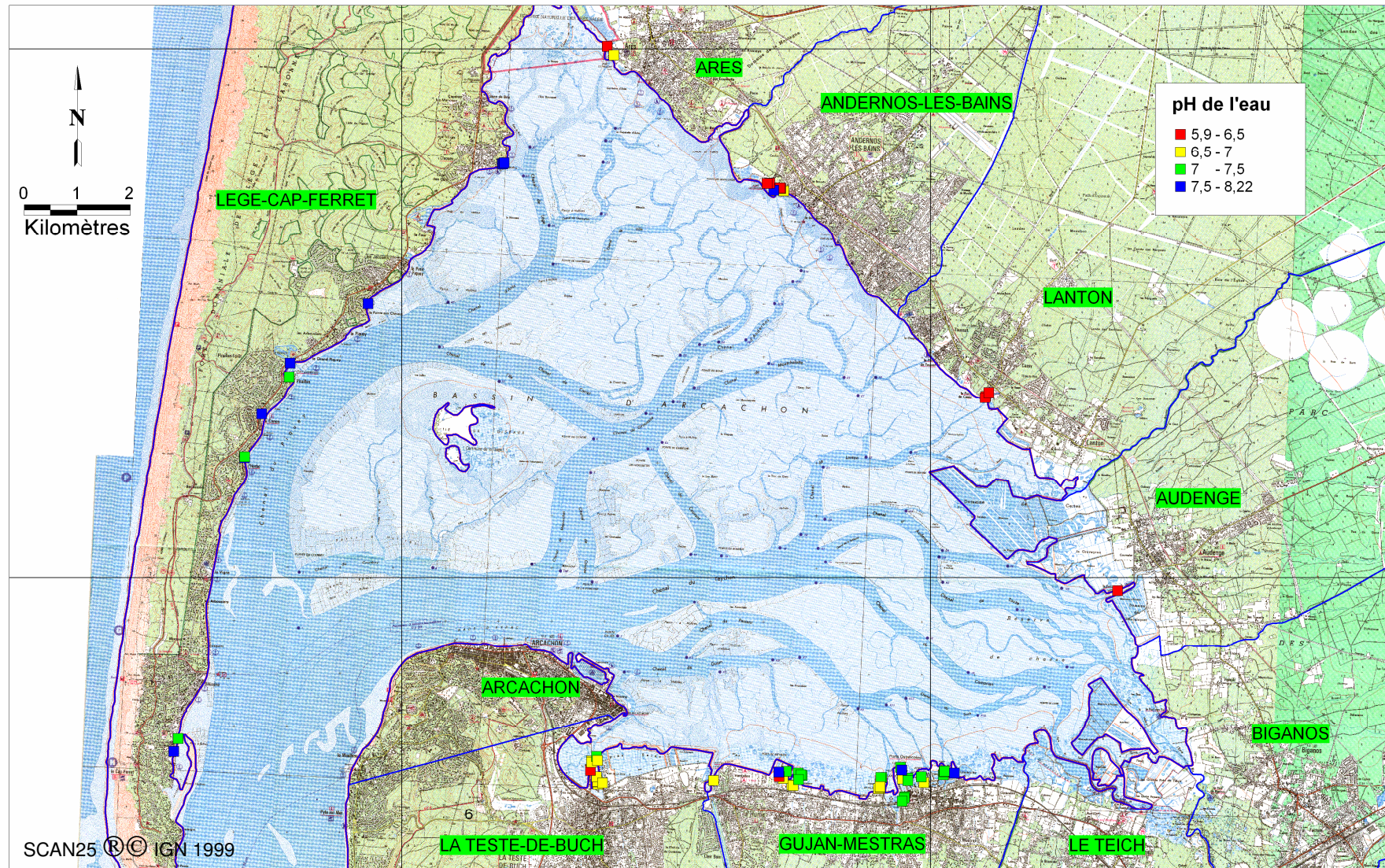


Illustration 26 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés

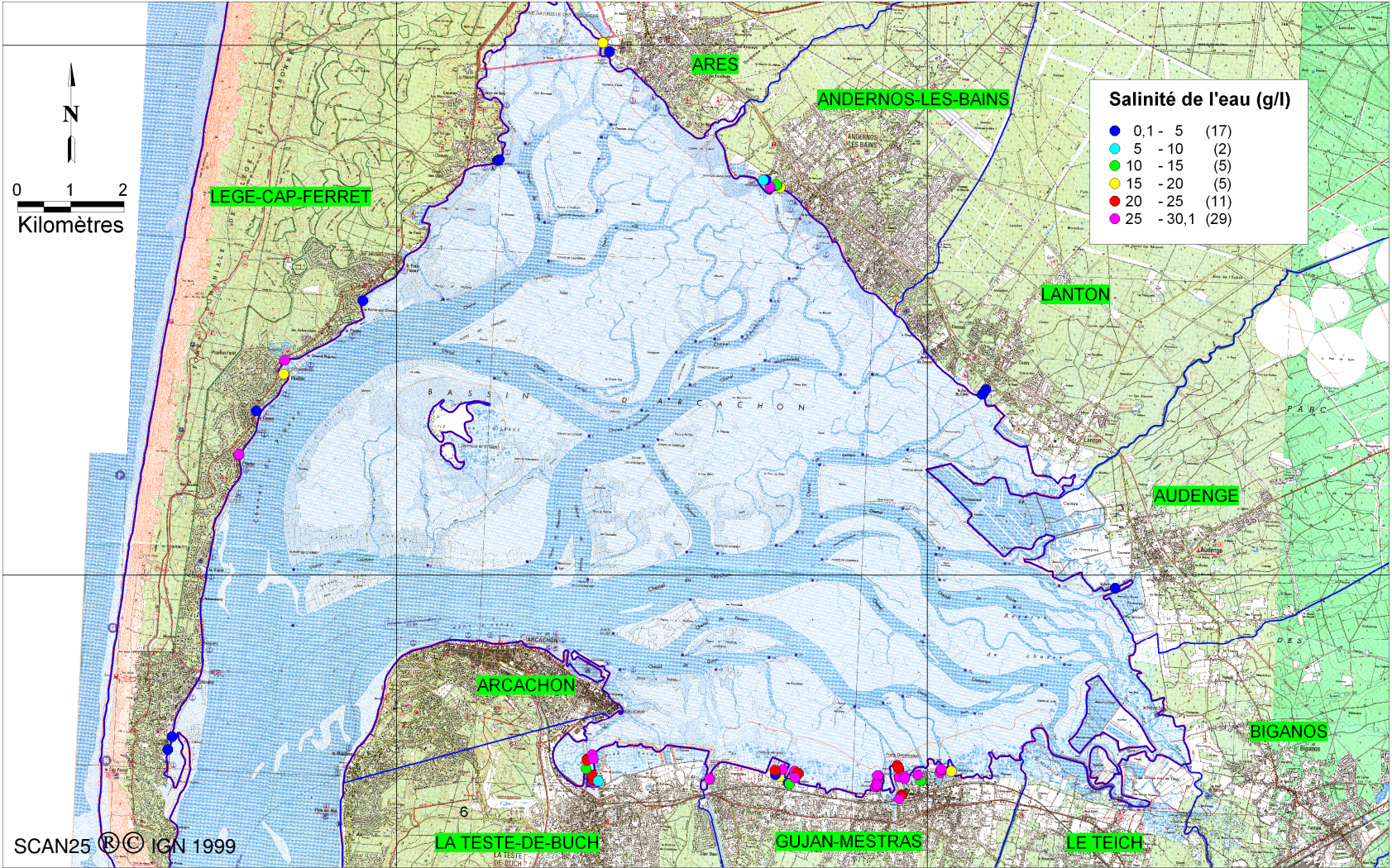


Illustration 27 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés

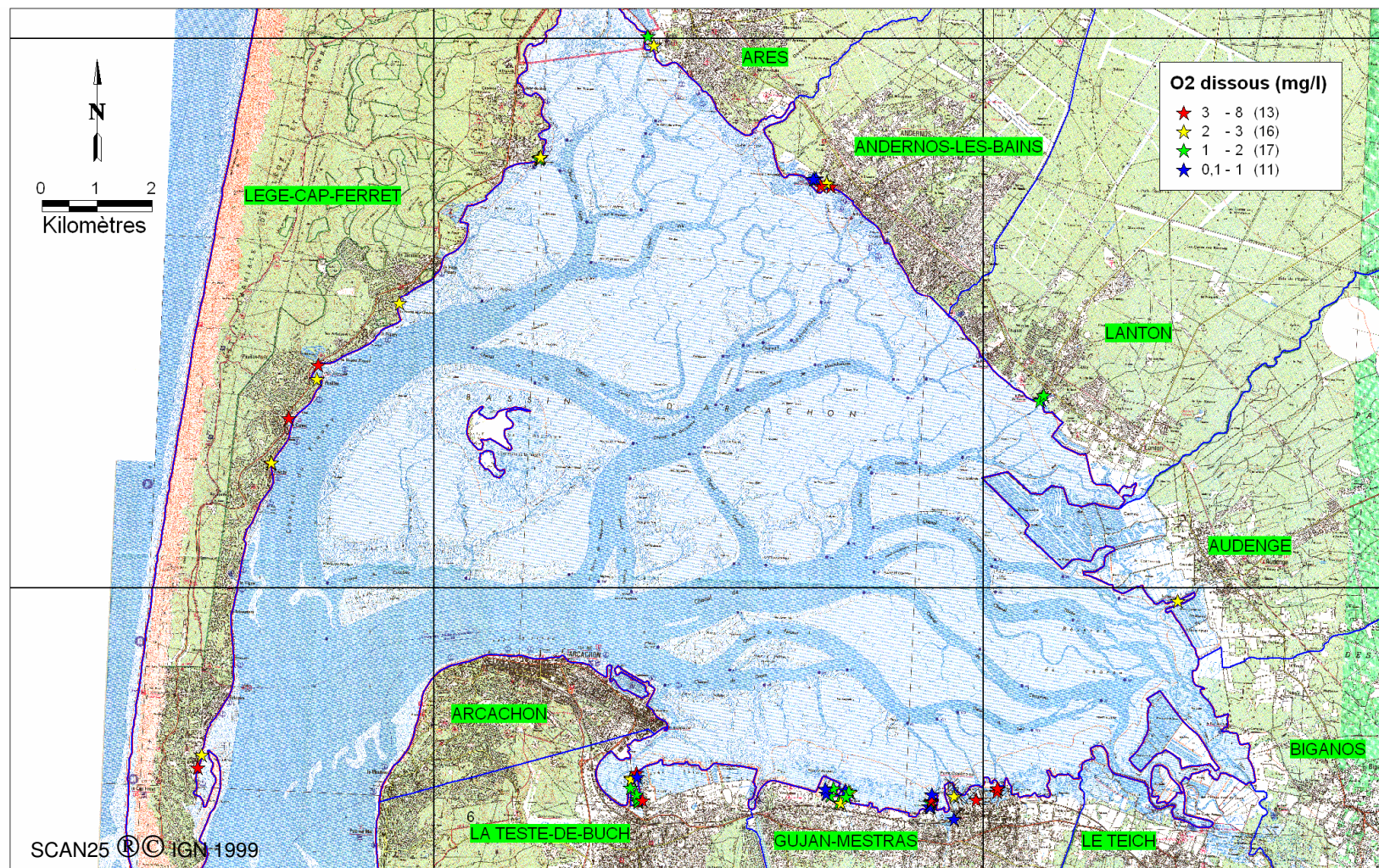


Illustration 28 : Répartition des teneurs en oxygène dissous des eaux des forages expertisés

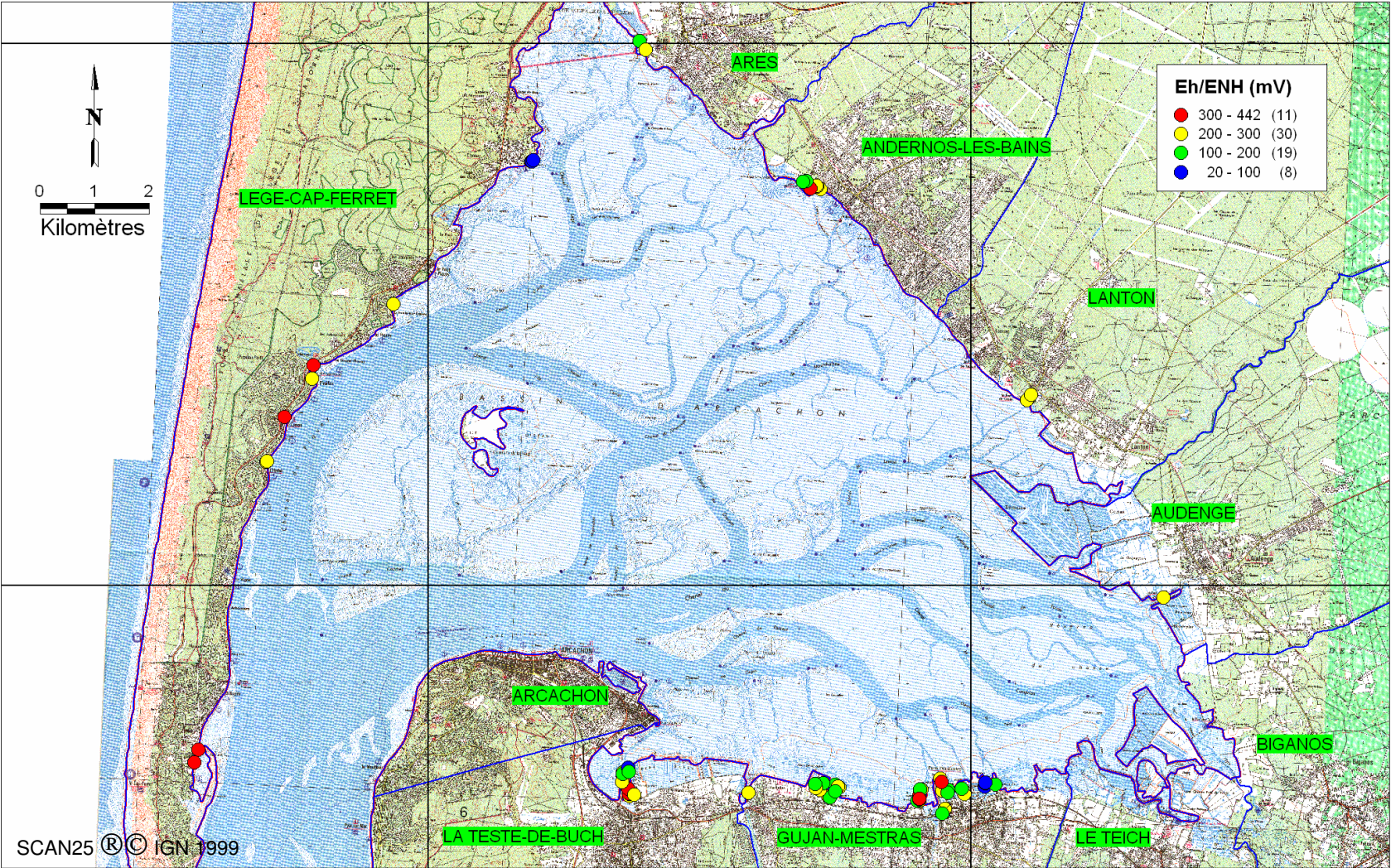


Illustration 29 : Répartition du potentiel redox des eaux des forages expertisés

Lors de la campagne de terrain, il n'a pas toujours été possible de réduire le débit du forage lors du prélèvement, ce qui a pu entraîner une aération de l'eau et par conséquent une augmentation de sa teneur en oxygène dissous.

Les teneurs en oxygène dissous (cf. illustration 28) ont été multipliées par un facteur correctif de façon à éliminer les effets de la salinité. A titre indicatif, ce facteur est très proche de 1 pour les eaux douces mais atteint 0,84 pour une salinité de 30 g/l.

Dans la mesure où tous les forages expertisés se situent en bord de mer, il n'a pas été nécessaire d'appliquer de correction supplémentaire visant à éliminer les effets de l'altitude.

Les valeurs de potentiel redox (cf. illustration 29) ont quant à elles été recalculées par rapport à l'électrode normale à hydrogène (ENH) et corrigées de la dérive de l'électrode Ag/AgCl utilisée.

3.3.2. Examen détaillé des mesures par secteur géographique

Côte Ouest

La commune de Lège-Cap-Ferret (12 forages expertisés) occupe à elle seule toute la côte ouest du Bassin d'Arcachon. Elle est constituée de plusieurs villages dont 6 ont fait l'objet d'une visite en vue de l'expertise d'un ou de plusieurs forages. Il s'agit des villages de Claouey (4 forages), Petit Piquey (1 forage), Piraillan (2 forages), Le Canon (1 forage), L'Herbe (2 forages) et Le Phare (2 forages).

L'illustration 30 précise les caractéristiques des ouvrages visités.

La profondeur des ouvrages oscille entre 11 et 16 m avec des niveaux piézométriques qui varient entre 1,92 et 2,62 m de profondeur (8 mesures possibles).

Neuf échantillons sur 12 ont présenté une température supérieure à 15°C et la totalité des échantillons, un pH supérieur à 7,3 (cf. illustration 31) pouvant traduire la présence de coquilles ou une éventuelle influence marine.

En ce qui concerne la salinité, les eaux prélevées sur la côte ouest se divisent en deux catégories : une première constituée par des eaux salées (salinité comprise entre 15 et 30 g/l) prélevées à Piraillan et à L'Herbe et une seconde constituée par des eaux douces (salinité comprise entre 250 et 500 mg/l) prélevées dans les autres ports (cf. illustration 32).

La coupe schématique de l'illustration 33 montre comment la nature argileuse du sommet des formations flandriennes peut protéger l'aquifère vis-à-vis de l'intrusion d'un biseau salé et expliquer les faibles salinités observées à Claouey, au Petit Piquey, au Canon et dans le secteur du Phare.

Commune	Port/Village	Profondeur (m)	niveau piézo (m)	Présence crépines	Profondeur sommet crépines (m)	Longueur crépinée (m)	T (°C)	pH	Conductivité m(S/cm)	salinité (g/l)	Eh/ENH (mV)	O2 dissous (mg/l)	couleur	odeur
Lège-Cap-Ferret	Claouey			?			15,6	7,8	0,742	0,30	120	2,16	jaunâtre	H2S très léger, plus fort s'il pleut d'après le propriétaire
Lège-Cap-Ferret	Claouey	14	2,32	oui			15,6	7,77	0,827	0,34	87	1,12	jaunâtre	oui au départ mais s'atténue ensuite
Lège-Cap-Ferret	Claouey	15		?			15,4	8,22	0,822	0,33	65	2,16	jaunâtre	H2S très léger
Lège-Cap-Ferret	Claouey	14		oui	10	4	15,5	8,14	0,64	0,26	89	2,42	un peu jaune	moyenne à légère, mais plus forte au début
Lège-Cap-Ferret	Piraillan	12	1,92	oui	4	8	12,7	7,39	25,6	15,77	281	2,78	claire	pas de problème
Lège-Cap-Ferret	Piraillan	11	2,19	oui	9	2	15,8	7,64	42,1	27,43	319	6,24	claire	pas de problème
Lège-Cap-Ferret	Petit Piquey	16	2,3	oui	8	6	17,8	7,62	1,274	0,52	286	2,45	jaune	H2S
Lège-Cap-Ferret	Canon	12	2,05	?			15,2	7,64	1,163	0,40	442	6,67	claire	pas de problème
Lège-Cap-Ferret	Herbe	15	2,59	?			14,6	7,65	45,6	30,04	206	5,83	jaunâtre	H2S
Lège-Cap-Ferret	Herbe	14	2,5	oui	8	6	13,5	7,48	42,8	27,85	278	2,63	claire	non
Lège-Cap-Ferret	Phare	12	2,62	oui	4	8	15,2	7,49	1,325	0,54	367	2,58	très claire	jamais
Lège-Cap-Ferret	Phare	11					16,1	7,82	1,148	0,46	349	6,62	très claire	pas d'odeur

Illustration 30 : Principales caractéristiques des forages expertisés sur la côte ouest

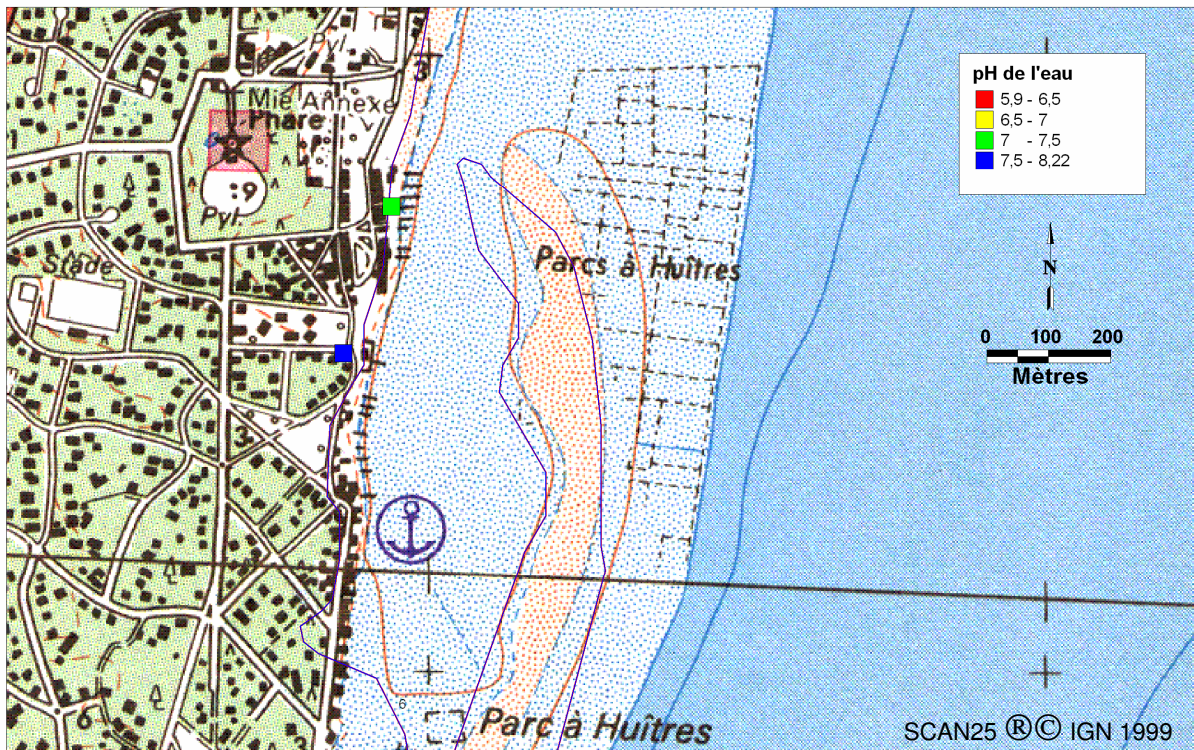
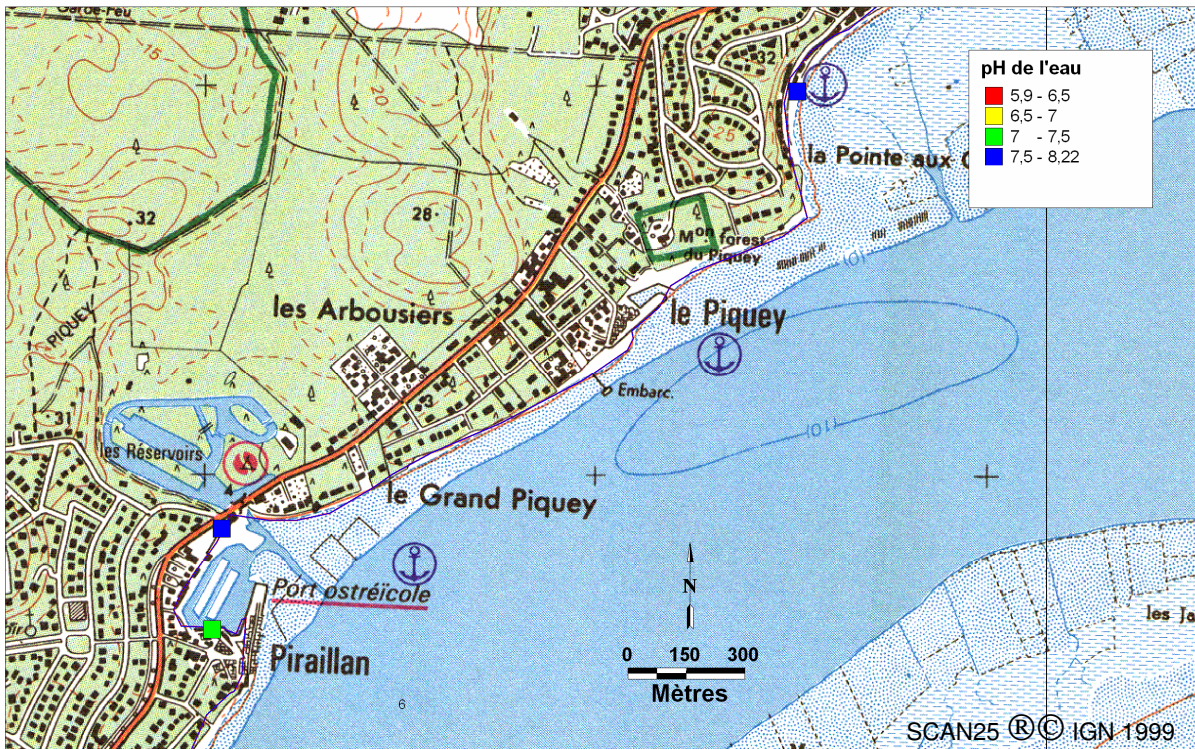
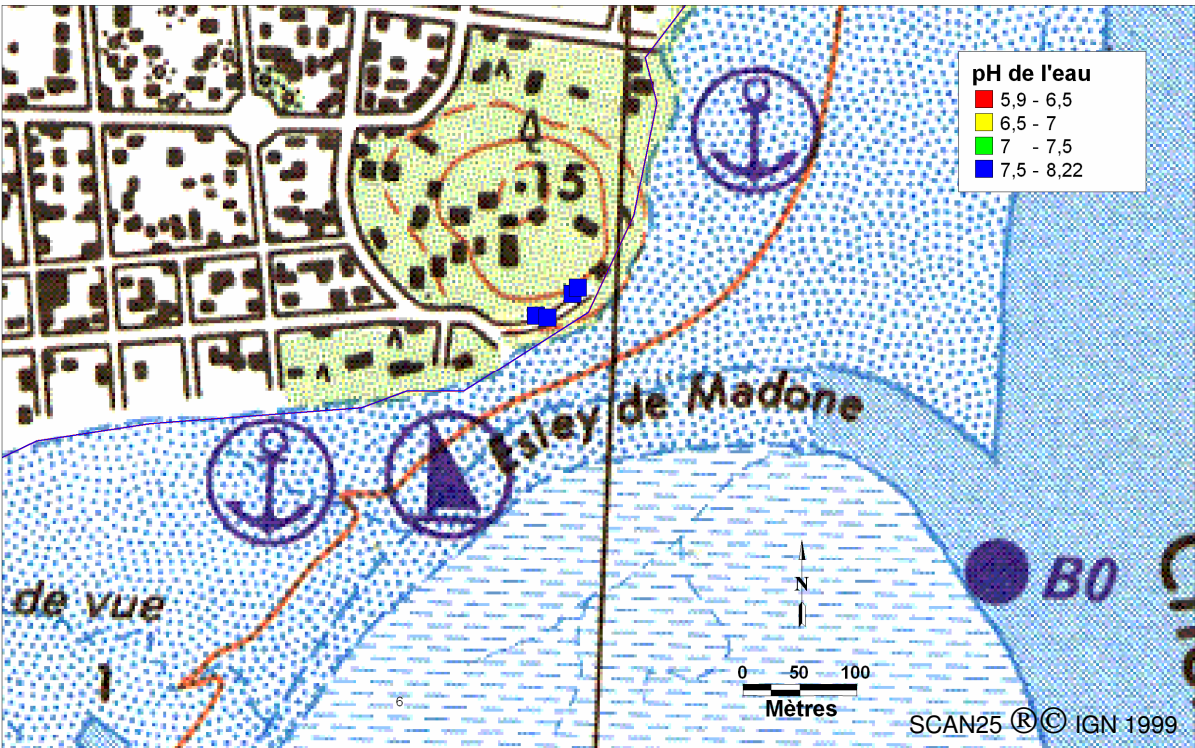


Illustration 31 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés sur la côte ouest

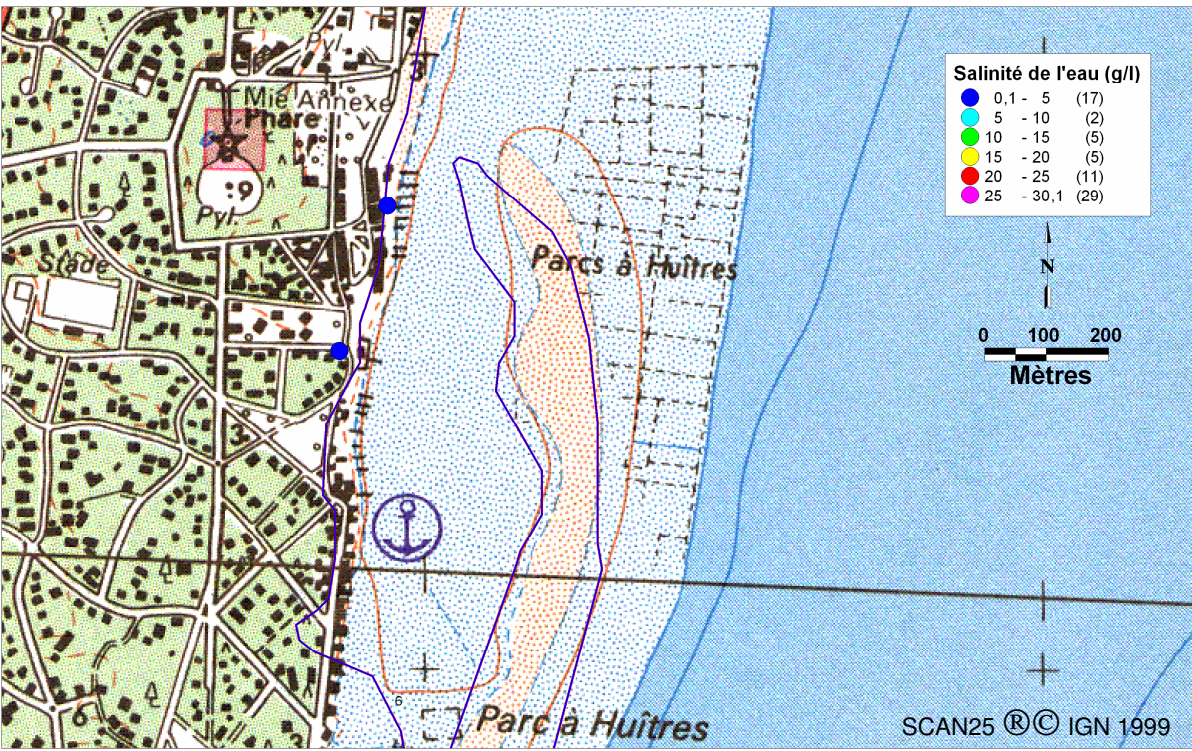
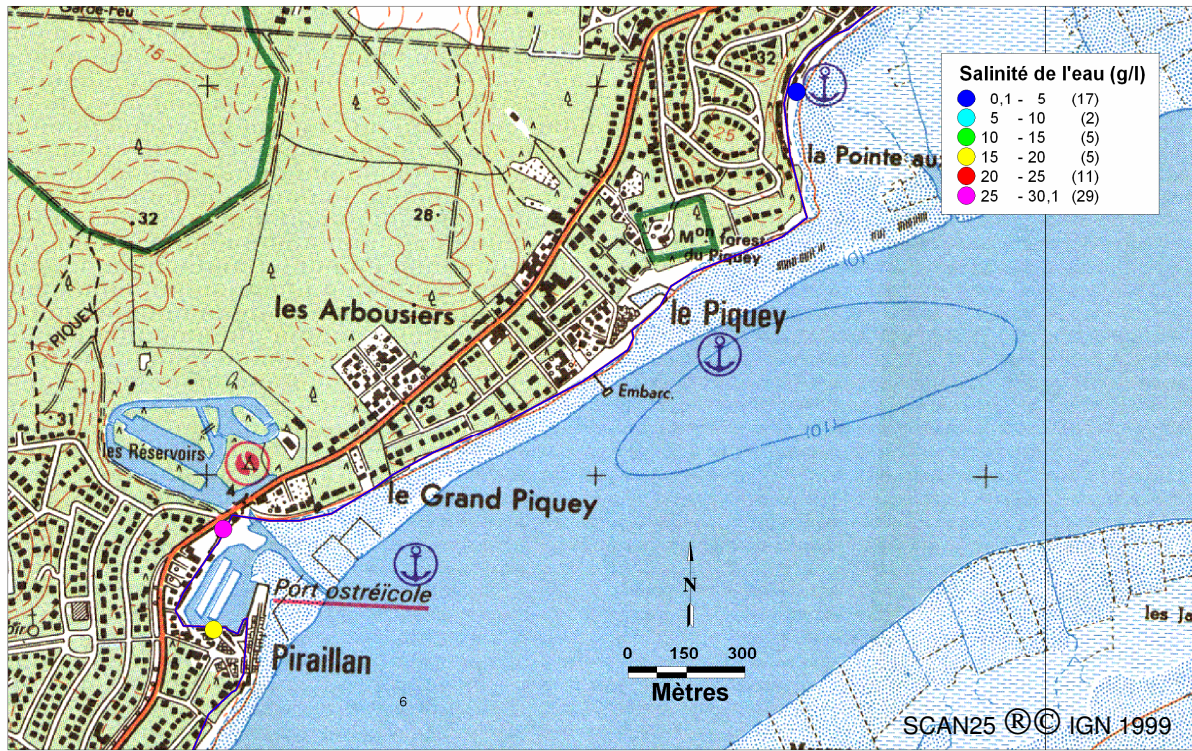
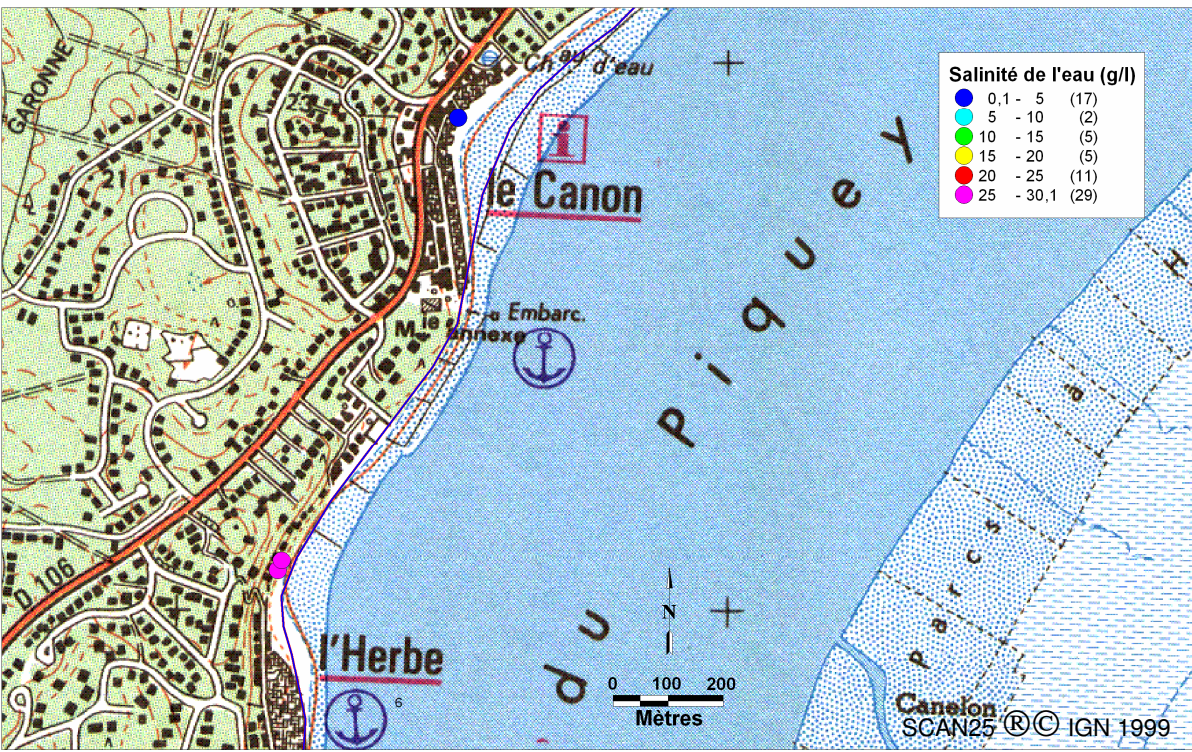
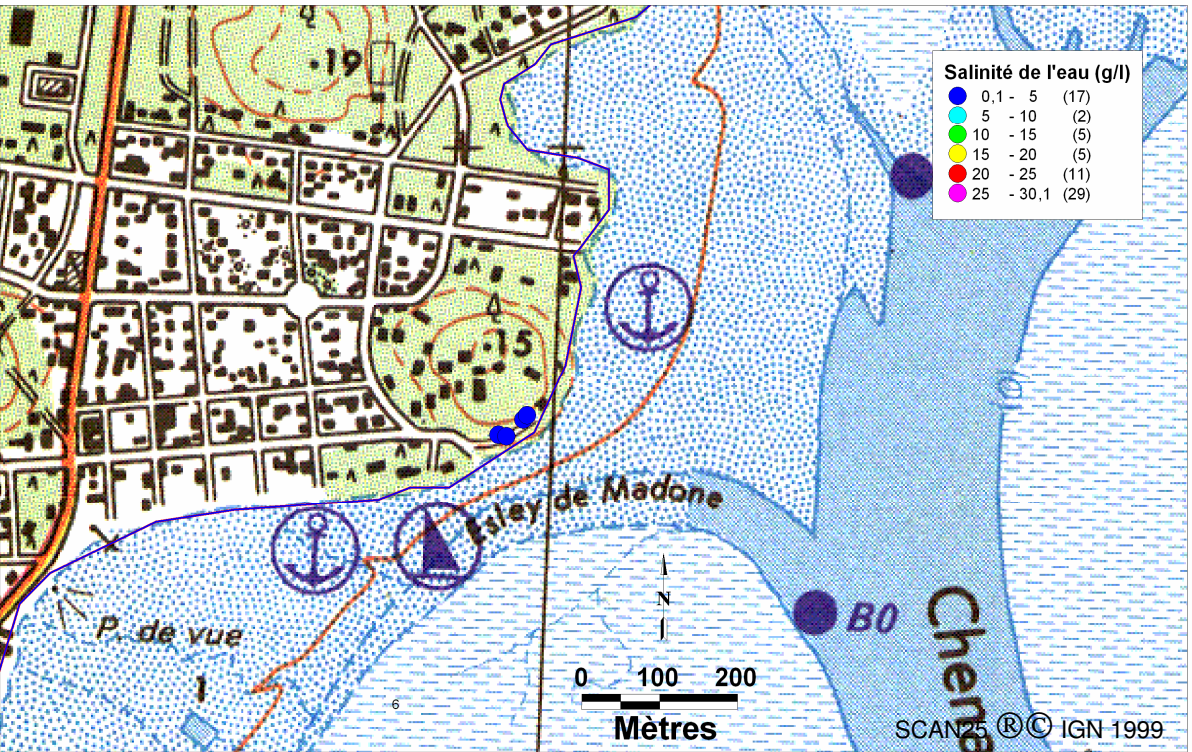


Illustration 32 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés sur la côte ouest

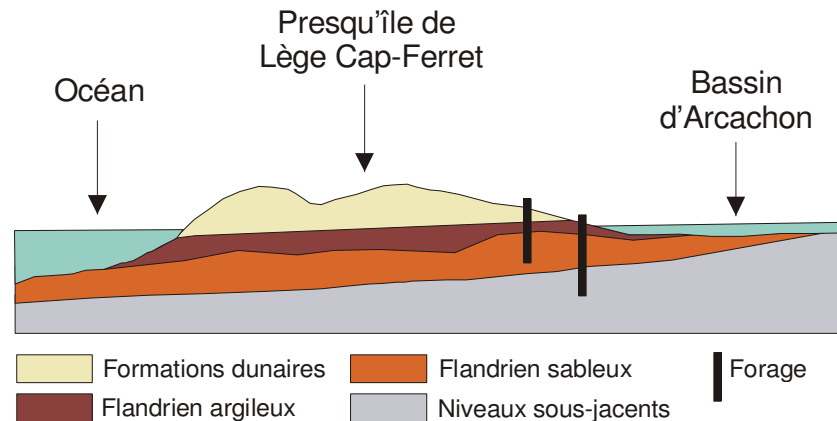


Illustration 33 : Coupe schématique visant à mettre en évidence le rôle de protection des niveaux argileux flandriens vis-à-vis de l'intrusion d'un biseau salé

A Claouey, les formations du Flandrien sont sub-affleurantes et présentent une épaisseur de l'ordre de 10 m (valeur évaluée en soustrayant la cote du toit du sable des Landes à celle du toit du Flandrien (cf. illustrations 7 et 8)). Dans ce secteur, on peut donc imaginer que les forages expertisés (qui présentent des profondeurs de l'ordre d'une quinzaine de mètres) captent les niveaux sableux du Flandrien ainsi que les assises sableuses sous-jacentes.

Au Petit Piquey, le toit des formations flandriennes se situe vers - 5 m NGF et leur épaisseur est de l'ordre de 5 m (cf. illustrations 7 et 8). Dans ces conditions, l'ouvrage expertisé (profondeur : 16 m, sommet des crépines situé à 8 m de profondeur) doit capter les niveaux sableux du Flandrien ainsi que les niveaux sous-jacents.

Au Canon, les formations flandriennes présentent une épaisseur de l'ordre de 10 m (cf. illustrations 7 et 8) et leur toit se situe vers - 10 m NGF. Compte tenu de la profondeur du seul forage expertisé (12 m), on peut imaginer que ce dernier capte la nappe d'eau douce contenue dans les formations dunaires.

Dans le secteur du Phare, le sommet du toit des formations flandriennes se situe vers - 5 m NGF et leur épaisseur est de l'ordre de 20 m (cf. illustrations 7 et 8). Les forages dont la profondeur n'excède pas 12 m captent donc les niveaux perméables flandriens.

Ailleurs (secteurs de Piraillan et de l'Herbe), on peut imaginer que l'intrusion d'un biseau salé soit rendue possible par l'absence de formations argileuses au toit du Flandrien.

Dans ces ports, les formations flandriennes sont peu profondes (toit situé aux alentours de - 10 m NGF) et peu épaisses (puissance de l'ordre de 10 m).

Les forages expertisés dont les profondeurs sont comprises entre 11 et 15 m sollicitent certainement ces niveaux au même titre que les formations dunaires sus-jacentes.

Il convient de noter que sur les 4 forages expertisés à Piraillan et à l'Herbe, un ouvrage présente une salinité quasiment 2 fois moins importante que celle des 3 autres. Il s'agit de l'ouvrage situé à Piraillan dont le sommet de la crépine se situe à 4 m de profondeur.

Compte tenu de la position du sommet de la crépine, il est possible que cet ouvrage capte un mélange d'eaux douces très superficielles et d'eaux plus minéralisées liées à l'intrusion d'un biseau salé.

Les autres forages, équipés de crépines plus profondes (cf. illustration 30), capteraient, quant à eux, uniquement des eaux salées.

Dans le cadre de la recherche d'eaux souterraines salées pouvant se substituer à celles du Bassin d'Arcachon, il apparaît que les secteurs de Piraillan et de l'Herbe sont les plus intéressants de la côte ouest.

Dans ces secteurs, l'absence probable de niveaux argileux au sommet du Flandrien (cf. illustration 34) semble en effet permettre l'intrusion d'un biseau salé.

Dans la mesure où les salinités mesurées dans les forages expertisés (cf. illustration 30) sont proches de celle de l'eau de mer, il est possible d'envisager la création d'un dispositif de pompage dans l'un de ces 2 ports.

Un forage d'une quinzaine de mètres dont seule la partie inférieure serait crépinée devrait en effet permettre de capter des eaux susceptibles d'être utilisées par les ostréiculteurs en cas de contamination des eaux du bassin.

La présence de 2 parcelles qui pourraient être transformées en réserves d'eau ou en bassins de stockage dans le port de Piraillan peut constituer un argument pour le choix définitif du site.

Côte Est

Parmi les 13 forages expertisés sur la côte est, 2 se situent sur la commune d'Arès, 7 sur la commune d'Andernos-les-Bains, 3 sur la commune de Lanton et un sur la commune d'Audenge.

L'illustration 34 précise les caractéristiques des ouvrages visités.

La profondeur des ouvrages oscille entre 6,5 et 20 m avec des niveaux piézométriques qui varient entre 1,55 et 2,59 m de profondeur (4 mesures possibles).

Les échantillons prélevés se caractérisent par des températures comprises entre 14 et 15,6 °C et des pH inférieurs à 7 (pour 12 des 13 forages) (cf. illustration 35).

Il est à préciser que le seul pH supérieur à 7 a été mesuré à Andernos sur un forage atypique directement réalisé dans le port et donc probablement influencé par les eaux du bassin dont le pH est proche de celui de l'eau de mer.

Il apparaît que la teneur en O₂ dissous, le potentiel redox, la couleur de l'eau (plutôt claire lorsqu'elle est oxygénée) et son odeur (plutôt faible lorsqu'elle est oxygénée) sont bien corrélés sauf pour le premier échantillon qui a subi une oxygénation très importante au moment du prélèvement (cf. illustration 34).

Les salinités présentent, quant à elles, une grande variabilité.

A Arès par exemple, les 2 forages expertisés qui présentent la même profondeur (7 m) et qui sont distants d'environ 200 m se caractérisent par des teneurs variant dans un rapport de 1 à 9 (entre 1,8 et 16 g/l) (cf. illustration 36).

En l'absence d'autres points d'observation, la distance au rivage ou au chenal (plus importante pour le point qui présente la plus faible salinité) est la seule hypothèse qui puisse être avancée pour expliquer la différence de salinité.

A Andernos, si l'on ne tient pas compte du forage atypique présentant une salinité de 25,87 g/l, les eaux souterraines se répartissent en 2 groupes (cf. illustration 36) :

- celles prélevées sur la darse Nord se caractérisant par des salinités comprises entre 1 et 7 g/l (3 points d'observation dont les profondeurs varient entre 11 et 12 m)
- celles prélevées sur les autres darses se caractérisant par des salinités comprises entre 12 et 16 g/l (3 points d'observation dont les profondeurs varient entre 6,5 et 9,5 m)

Dans la mesure où les salinités les plus faibles sont observées sur les forages les plus éloignés des chenaux (ceux de la darse nord), on peut imaginer que la nature salée des eaux souterraines soit liée à l'imprégnation des terrains par l'eau du port (cf. illustration 37).

Dans la mesure où les salinités les plus faibles sont aussi observées sur les forages les plus profonds (ceux de la darse nord), on peut aussi imaginer que des venues d'eaux douces sous jacentes contribuent à atténuer l'invasion marine (cf. illustration 37).

Commune	Port/Village	Profondeur (m)	niveau piézo (m)	Présence crépines	Profondeur sommet crépines (m)	Longueur crépinée (m)	T (°C)	pH	Conductivité m(S/cm)	salinité (g/l)	Eh/ENH (mV)	O2 dissous (mg/l)	couleur	odeur
Audenge	Le Port	20	2,1	oui	12	8	15,3	6,3	2,84	1,15	214	2,51	claire	pas de problème
Lanton	Cassy	7		oui	5	2	14,6	5,9	0,851	0,46	211	0,64	jaune soutenu	H2S très fort
Lanton	Cassy	19	2,59	?			15,3	6,26	7,78	4,31	226	1,85	claire	H2S faible
Lanton	Cassy	15		oui	9	6	15,1	5,96	0,197	0,11	266	1,30	claire	H2S
Andernos	Ostréicole	9,5		oui	6,5	3	15,2	6,53	25,2	15,47	280	46,88	claire	pas d'odeur, pas de trace rouge
Andernos	Ostréicole	8		oui	7	1	15,0	6,22	23,5	14,34	234	2,28	légèrement jaune	H2S
Andernos	Ostréicole	6,5		oui	4,5	2	15,2	6,08	20,4	12,30	247	2,38	légèrement jaune	H2S au démarrage couleur rouille
Andernos	Ostréicole	12		oui	8	4	14,0	7,68	40,0	25,87	327	6,20	un peu trouble	pas d'odeur
Andernos	Ostréicole	12	1,55	oui	11	1	14,5	5,91	4,69	1,90	191	0,84	légèrement jaune	H2S prononcé
Andernos	Ostréicole	12	1,72	oui	6	6	14,3	6,01	2,31	0,93	132	1,74		
Andernos	Ostréicole	11		oui	9	2	14,0	6,21	11,75	6,73	101	0,62	jaunâtre	H2S moyen surtout au démarrage
Arès	Ostréicole	7		oui	5	2	14,2	6,43	25,8	15,88	105	1,28	légèrement trouble	H2S
Arès	Ostréicole	7					15,6	6,68	3,27	1,75	210	2,27	jaune	H2S

Illustration 34 : Principales caractéristiques des forages expertisés sur la côte est

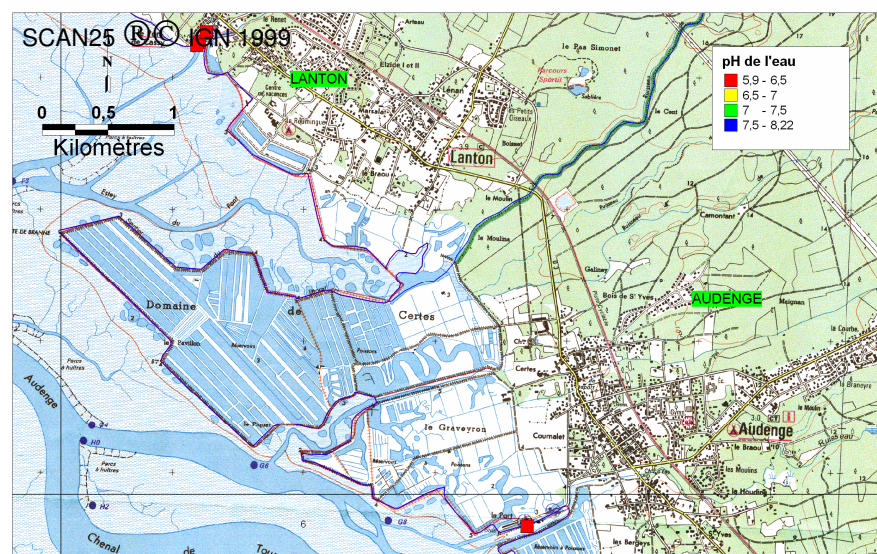
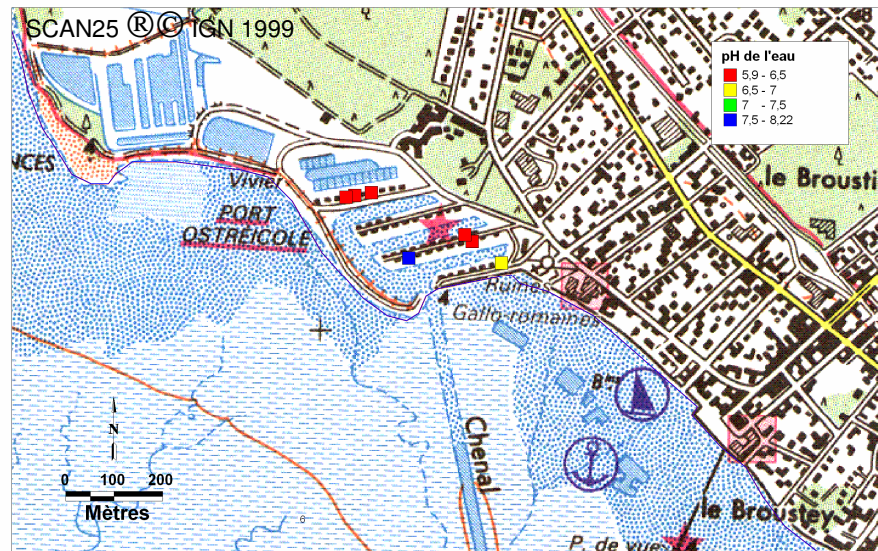
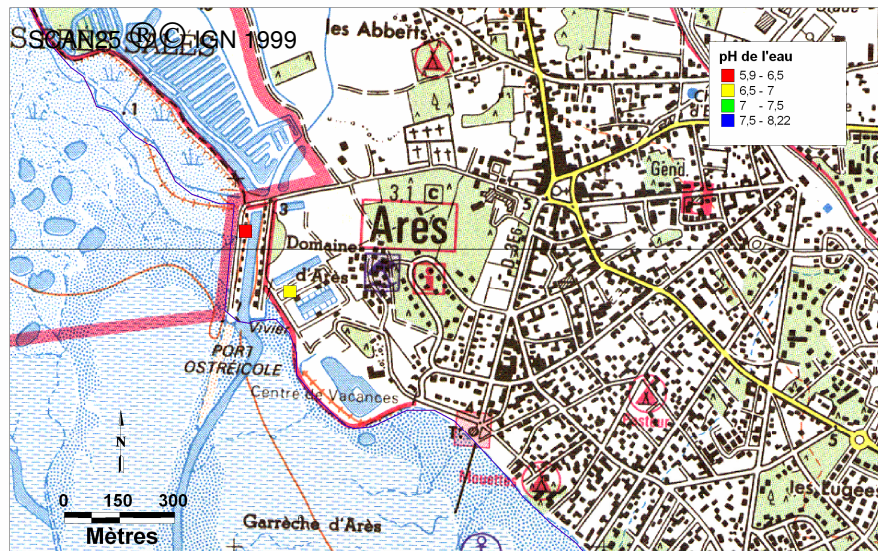


Illustration 35 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés sur la côte est

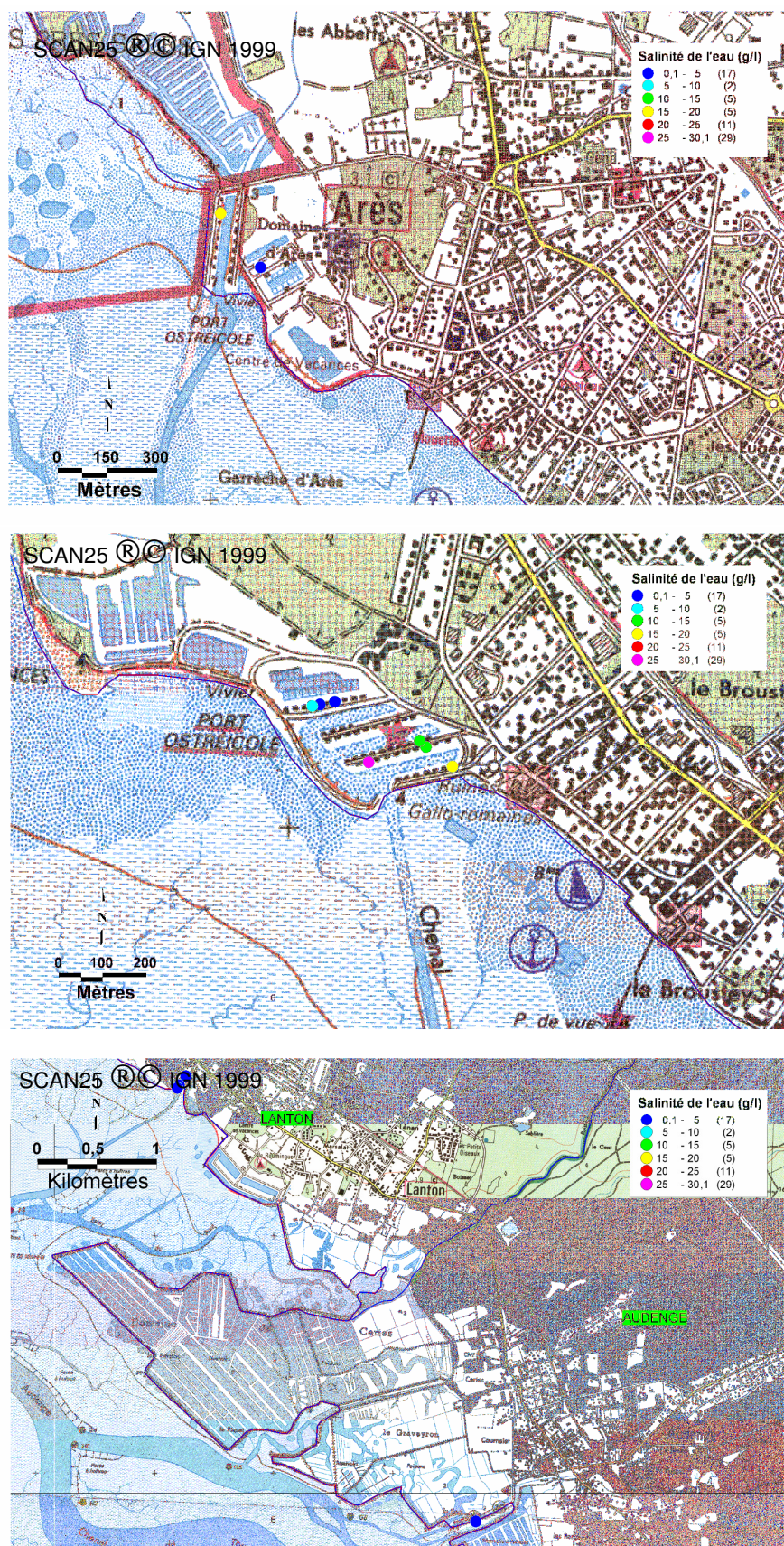


Illustration 36 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés sur la côte est

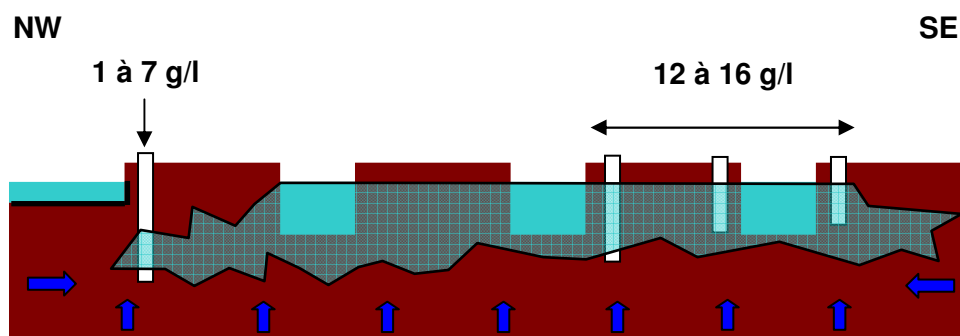


Illustration 37 : Coupe schématique du port d'Andernos

Ces hypothèses basées sur un faible nombre de points d'observation restent à démontrer même si l'existence de venues d'eaux douces est confirmée par la présence de sources dans les différents ports de la côte est.

A Lanton et Audenge, les mesures effectuées ont mis en évidence des salinités inférieures à 5 g/l quelle que soit la profondeur de l'ouvrage.

Dans le cadre de la recherche d'eaux souterraines salées sur la côte est du Bassin d'Arcachon, le secteur d'Andernos est le plus intéressant.

Les salinités mesurées dans ce port et en particulier sur les darses situées les plus au sud sont en effet les plus importantes de cette côte.

Les valeurs maximales restent toutefois inférieures à 16 g/l, ce qui d'un point de vue biologique peut poser souci pour le maintien en vie des huîtres.

Dans la mesure où ce port serait retenu pour la création d'un dispositif de pompage et dans l'objectif d'obtenir l'eau la plus salée possible, un forage d'une dizaine de mètres pourrait être réalisé sur la darse sud.

Côte sud

Parmi les 44 forages expertisés sur la côte sud, 10 se trouvent sur la commune de la Teste (port du Centre) et 34 sur la commune de Gujan-Mestras. Ces derniers se répartissent d'ouest en est de la façon suivante :

- port de La Hume : 1 forage
- port de Meyran : 10 forages
- port de Gujan-Passerelle : 8 forages
- port de Larros : 8 forages
- port du Canal : 2 forages
- port de La Barbotière : 5 forages

L'illustration 38 précise les caractéristiques des ouvrages visités à la Teste.

Ces derniers présentent une profondeur comprise entre 10,5 et 18 m et des niveaux piézométriques qui atteignent 1,5 à 2 m pour la darse est et 3 m pour la darse centrale (aucune mesure possible sur la darse ouest).

La température de l'eau varie entre 15,1 et 17,6°C sauf pour le forage dont le sommet de la crépine est à 3 m de profondeur (température légèrement inférieure à 12°C).

Les pH présentent une faible variabilité : ils sont tous compris entre 6,73 et 6,94 à l'exception d'une valeur (7,3) mesurée sur la pointe nord de la darse est (cf. illustrations 38 et 39).

L'examen des teneurs en oxygène (cf. illustration 38) montre que ces dernières sont plutôt faibles à moyennes et en accord avec les valeurs du potentiel redox et l'odeur sulfurée des eaux.

Deux forages se démarquent néanmoins des autres. Le premier correspond au forage de la pointe nord de la darse est dont l'eau réductrice et riche en sulfures a subi une forte oxygénation au moment du prélèvement ; le second, au forage dont la température est inférieure à 12°C, forage qui capte des eaux superficielles (donc oxygénées) du fait de la position des crépines.

Contrairement à ce qui a été observé sur les deux autres côtes, la salinité varie peu sur la commune de La Teste. Elle est comprise entre 22,87 et 27,12 g/l pour 8 des 10 forages expertisés. Les deux autres valeurs ont été relevées sur le forage captant les eaux peu profondes (environ 9 g/l) et sur le forage possédant le pH le plus acide (environ 12 g/l).

Ce dernier forage se situe sur la darse ouest comme les 2 autres forages qui présentent les plus faibles salinités (22,87 et 23,39 g/l) parmi celles qui sont supérieures à 22,87 g/l.

Compte tenu de cette observation et des caractéristiques des ouvrages sollicitant les eaux les plus salées (sommet des crépines positionné entre 7,5 et 11,5 m de profondeur pour des profondeurs totales comprises entre 10,5 et 18 m), la réalisation d'un ouvrage d'une quinzaine de mètres situé sur la darse médiane ou au bout de la darse est devrait permettre de pomper des eaux compatibles avec l'activité ostréicole.

Les alluvions et les sables blancs de la formation de Castets qui constituent théoriquement le sous-sol du port de la Teste (cf. illustration 3) semblent en effet renfermer une nappe d'eau dont la salinité est proche de celle de l'eau de mer.

Commune	Port/Village	Profondeur (m)	niveau piézo (m)	Présence crépines	Profondeur sommet crépines (m)	Longueur crépinée (m)	T (°C)	pH	Conductivité m(S/cm)	salinité (g/l)	Eh/ENH (mV)	O2 dissous (mg/l)	couleur	odeur
La Teste	Centre	14	3,11	oui	7,5	6	16,0	6,73	32,5	25,25	204	1,34	très légère turbidité	forte odeur H2S
La Teste	Centre	18	2,7	oui	11,5	6	17,6	6,93	35,6	27,12	253	1,70	légèrement turbide jaune	légère odeur d'H2S
La Teste	Centre	14		oui	7,5	6	17,0	6,89	36,1	24,01	301	1,90	légère turbidité jaune	un peu d'H2S
La Teste	Centre	13	3,03	oui	6,5	6	15,1	6,88	31,0	24,83	321	1,30	légère turbidité jaune	légère odeur H2S
La Teste	Centre	18		oui	3	15	11,7	6,9	16,5	8,85	266	7,57	légère turbidité	pas d'odeur
La Teste	Centre	13		oui			17,0	6,83	36,6	23,39	214	2,48	un peu jaunâtre	H2S fort au début, léger ensuite
La Teste	Centre	15		oui	7	8	17,0	6,33	20,4	12,30	235	1,57	légèrement jaunâtre	un peu au démarrage
La Teste	Centre	11		oui			15,9	6,91	35,8	22,87	151	2,96	claire	H2S : plus forte à l'allumage, très légère ensuite
La Teste	Centre	10,5	1,97	oui	10	0,5	15,9	7,3	41,2	26,70	77	4,87	claire	forte odeur H2S (plainte de la voisine)
La Teste	Centre	12	1,44				16,1	6,94	40,8	26,49	162	0,19	légèrement jaunâtre	H2S moyen

Illustration 38 : Principales caractéristiques des forages expertisés à La Teste

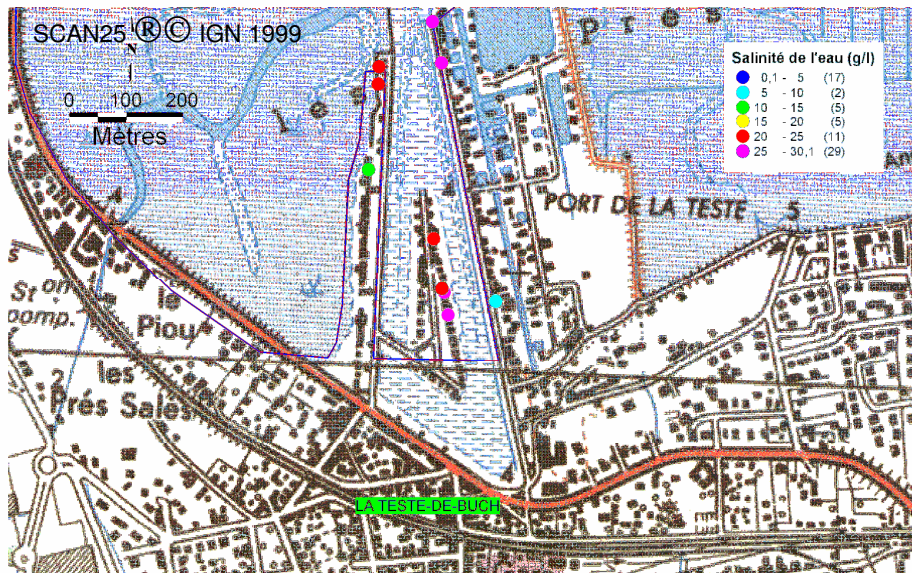
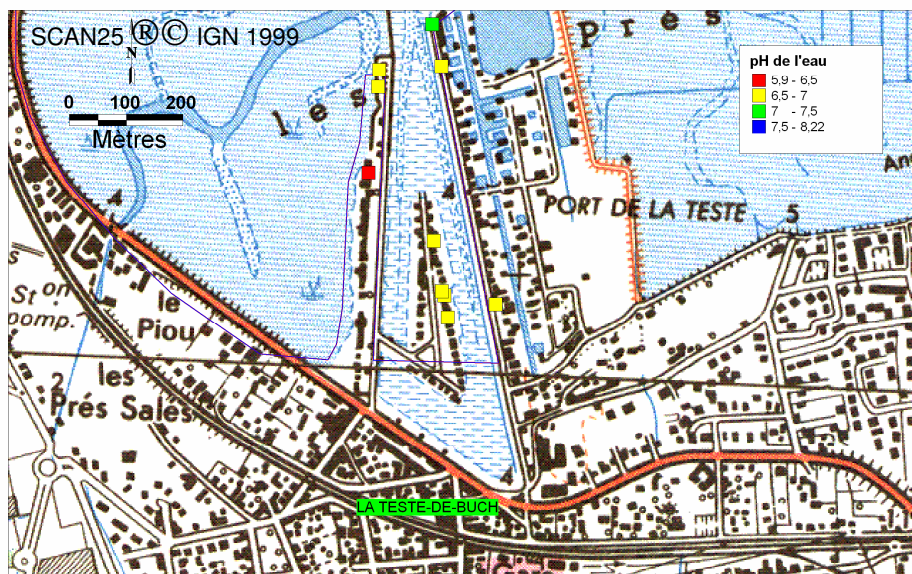


Illustration 39 : Répartition du pH et de la salinité des eaux des forages expertisés à La Teste

La commune de Gujan-Mestras regroupe à elle seule la moitié des forages expertisés sur la côte sud (34/69). Ces derniers présentent (cf. illustration 40):

- à l'exception d'un point (P = 25 m), des profondeurs comprises entre 7 et 16 m ,
- des niveaux piézométriques situés entre 0,96 et 3,35 m de profondeur

La température varie quant à elle de 8,6 à 17,5 C ; le pH, de 5,92 à 7,70 (avec une majorité de valeurs comprises entre 6,5 et 7,5) et la salinité, de 0,18 et 30 g/l avec uniquement 2 valeurs inférieures à 14,55 g/l (cf. illustrations 40, 41 et 42)).

A première vue, aucun port ne se différencie par des valeurs bien spécifiques de pH ou de salinité. L'examen plus détaillé des données permet toutefois de faire un certain nombre de remarques pour chaque port.

Port de la Hume (1 forage expertisé)

Le seul forage expertisé présente une eau à tendance acide et une salinité élevée.

Port de Meyran (10 forages expertisés)

Il s'agit du port où les plus grands écarts de pH et de salinité ont été observés. Des valeurs allant de 5,92 à 7,6 pour les pH et de 0,18 à 29,72 g/l ont en effet été mesurées dans ce port.

Les 2 forages sur lesquels les plus faibles salinités ont été mesurées comptent parmi les forages les plus éloignés du bassin mais l'éloignement n'est peut être pas le seul facteur responsable de ces faibles valeurs.

Il apparaît en effet qu'au moins un des 2 ouvrages est équipé d'une crépine dont le sommet ne se situe qu'à 3 m de profondeur (cf. illustration 40).

Dans ces conditions, il est possible d'imaginer une alimentation du forage par des eaux douces superficielles, ce qui semble confirmé par le potentiel redox et la faible odeur de l'eau.

Compte tenu de cette observation et du fait que les salinités les plus importantes ne sont pas observées sur les forages les plus profonds (cf. illustration 40), on peut imaginer que l'invasion du biseau salé ne touche qu'une faible tranche d'aquifère dans ce port.

Port de Gujan-Passerelle (8 forages expertisés)

Sur ce port, les forages expertisés ont présenté (cf. illustrations 40, 41 et 42) :

- des écarts de température (11,7 à 15,6°C) et de pH (6,60 à 7,24) plus faibles qu'à Meyran
- une salinité sensiblement la même, comprise entre 26,6 et 28,6 g/l.

Caractérisation des biseaux d'eau salée exploités sur le pourtour du Bassin d'Arcachon

Commune	Port/Village	Profondeur (m)	niveau piézo (m)	Présence crépines	Profondeur sommet crépines (m)	Longueur crépinée (m)	T (°C)	pH	Conductivité m(S/cm)	salinité (g/l)	Eh/ENH (mV)	O2 dissous (mg/l)	couleur	odeur
Gujan Mestras	Barbotière	12	2,35				15,4	7,43	42,3	27,53	76	7,90	jaune	H2S
Gujan Mestras	Barbotière	13	1,91				15,0	7,28	43,2	28,26	86	5,00	jaunâtre	H2S
Gujan Mestras	Barbotière	15			12		15,0	7,31	41,5	26,91	43	1,88		
Gujan Mestras	Barbotière	11		?			9,5	7,7	30,7	18,95	193		claire	H2S au départ
Gujan Mestras	Barbotière	16	3,35				15,2	7,26	42,4	27,64	20	3,43	foncée	très forte odeur H2S
Gujan Mestras	Canal	8	2,59	oui	7,5	1	15,6	6,52	23,7	14,55	211	3,87	légèrement jaune	H2S assez forte
Gujan Mestras	Canal	11	1,52	?			17,1	7,25	42,4	27,74	188		claire	H2S
Gujan Mestras	Larros						14,0	7,19	36,1	22,97	292		claire	légère odeur
Gujan Mestras	Larros						12,2	7,47	36,7	23,28			claire	H2S
Gujan Mestras	Larros	12	3,23				15,3	6,88	42,8	27,85	226	2,10	légèrement jaune	H2S
Gujan Mestras	Larros	12		?			14,0	7,3	37,3	23,90	221		très claire	pas d'odeur
Gujan Mestras	Larros	8	1,32	?			15,1	7,36	42,2	27,53	195		claire	non
Gujan Mestras	Larros	13		oui	10	3	13,2	7,42	40,0	25,77	171		claire	
Gujan Mestras	Larros	14	0,96	oui	12	2	11,5	7,62	34,0	21,42	336		claire	pas d'odeur
Gujan Mestras	Larros	9		oui			14,9	7,41	39,2	25,25	114	0,58	très légèrement jaunâtre	H2S fort au départ puis léger
Gujan Mestras	Gujan/Passerelle	16		oui	13	3	15,1	6,62	43,0	28,06	249	0,53	légèrement jaune	H2S léger
Gujan Mestras	Gujan/Passerelle	15					11,7	6,86	40,8	26,29	197	0,89	légèrement jaune	H2S plus fort qu'au 1er forage
Gujan Mestras	Gujan	10,5	2,93	oui	7	4	14,6	7,21	41,2	26,70	335	1,12	légèrement jaune	H2S au départ
Gujan Mestras	Gujan	12		oui	6	6	15,0	6,69	43,0	28,06	329	4,66	claire	H2S parfois
Gujan Mestras	Gujan	9	2,35	oui	5	4	15,3	7,01	42,5	27,64	202		légèrement jaune	H2S léger
Gujan Mestras	Gujan						12,7	7,24	41,1	26,60	173	0,26	légèrement jaune	H2S léger
Gujan Mestras	Gujan	12	2,55	?			15,6	6,6	43,7	28,58	285		claire	pas d'odeur
Gujan Mestras	Gujan/Passerelle	25		?			14,6	6,65	43,0	28,06	314		claire	pas d'odeur
Gujan Mestras	Meyran	10	2,59				17,5	7,12	45,1	29,72	187	0,43	trouble	H2S faible
Gujan Mestras	Meyran	14	2,24	oui	10	6	15,3	6,65	23,8	14,55	191	2,21	légèrement jaunâtre	légère odeur H2S
Gujan Mestras	Meyran	16		oui	13	3	8,6	7,4	34,9	21,84	269	2,62	claire	légère odeur H2S
Gujan Mestras	Meyran						10,4	7,21	38,8	24,73	228	1,81	claire	légère odeur H2S
Gujan Mestras	Meyran		2,69				14,0	6,53	29,9	18,64	229	1,65	jaunâtre	pas d'odeur
Gujan Mestras	Meyran	14	2,77				13,1	7,29	41,5	26,81	138	1,58	claire, très légèrement jaune	H2S moyen
Gujan Mestras	Meyran	8	2,81	oui	6	2	17,4	7,1	44,4	29,20	180	1,71	légèrement jaunâtre	ça sent fort au début puis léger
Gujan Mestras	Meyran	7	1,81	oui	3	4	16,6	6,55	3,13	1,65	298	1,42	jaune	un peu mais sans plus
Gujan Mestras	Meyran	15	2,74	oui			15,8	5,92	0,442	0,18	200	0,40	très légèrement jaunâtre	H2S léger au début, dissipée ensuite
Gujan Mestras	Meyran	14,5	3,08	oui	12,5	2	13,2	7,6	34,2	21,53	194	0,85	plutôt claire (très légèrement)	H2S après long arrêt, sinon absence
Gujan Mestras	Hume	13	2,6	oui	9	4	15,9	6,5	39,2	25,25	257		légèrement jaune	H2S léger

Illustration 40 : Principales caractéristiques des forages expertisés à Gujan-Mestras

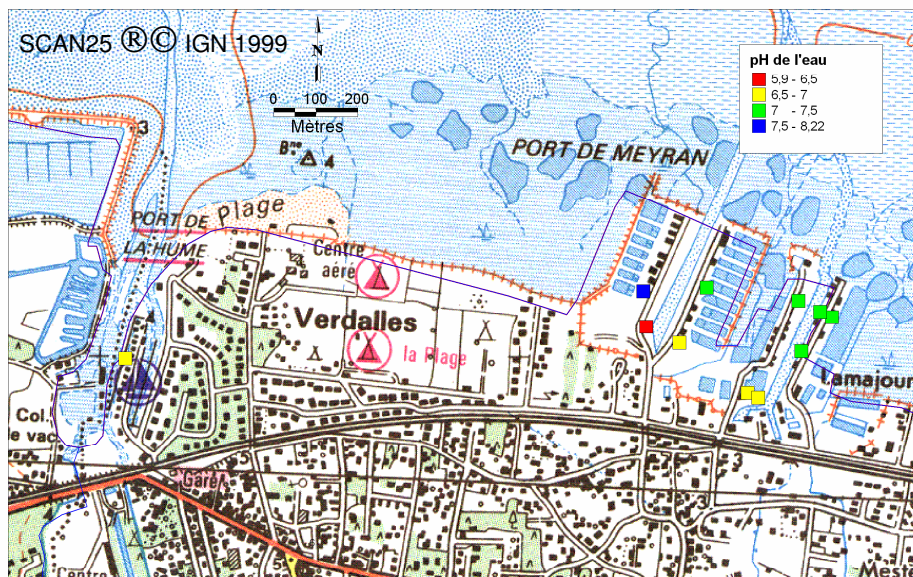
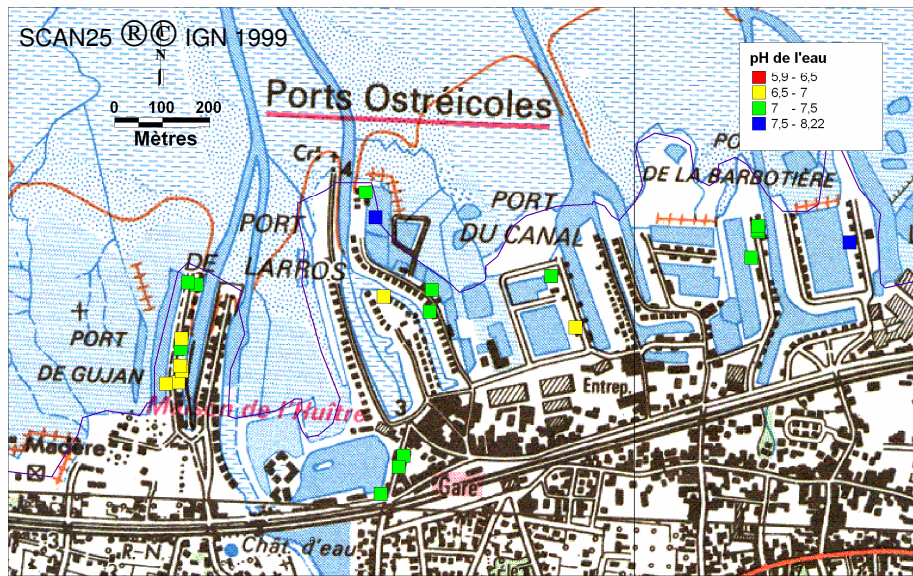


Illustration 41 : Répartition du pH des eaux des forages expertisés à Gujan-Mestras

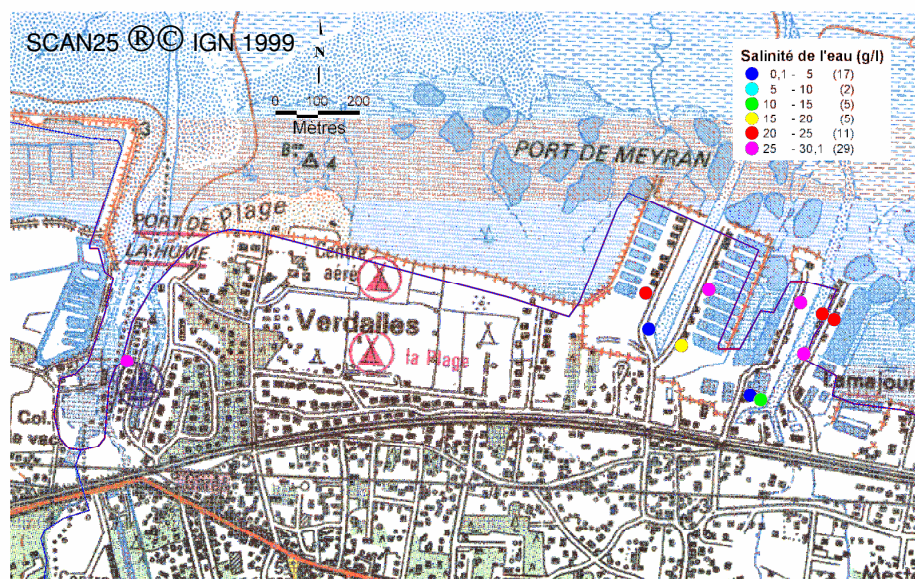
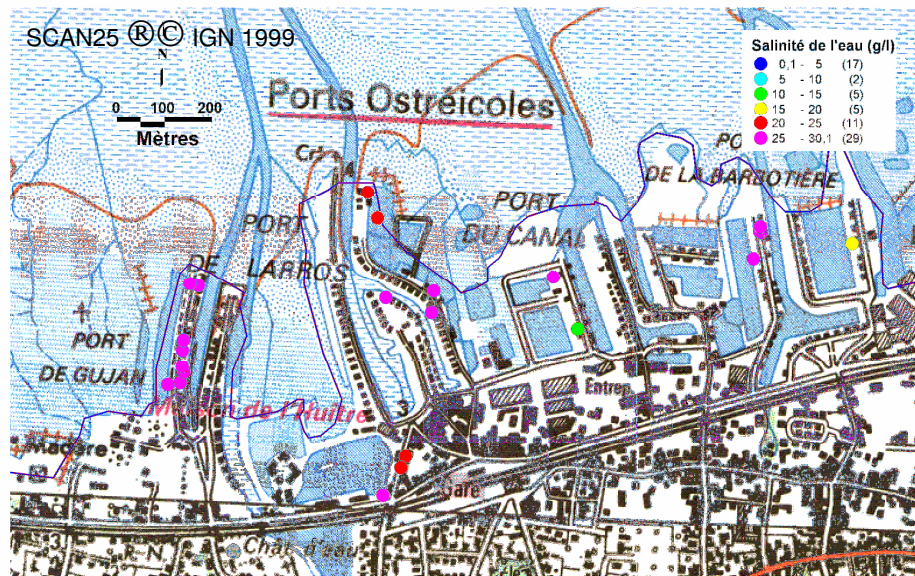


Illustration 42 : Répartition de la salinité des eaux des forages expertisés à Gujan-Mestras

Il convient de noter que ces salinités ont été mesurées sur des forages présentant des profondeurs relativement différentes allant de 10,5 à 25 m.

Cette observation laisse supposer que l'intrusion d'eau salée concerne une épaisseur assez importante d'aquifère et laisse augurer de bons résultats dans le cadre de la recherche d'eaux salées pouvant se substituer à celles du bassin d'Arcachon.

Port de Larros (8 forages expertisés)

Comme dans le cas précédent, les mesures effectuées dans les 8 forages expertisés ont mis en évidence des salinités importantes (comprises entre 21,4 et 27,85 g/l).

Les valeurs de pH sont aussi relativement homogènes (comprises entre 6,88-7,62) mais légèrement plus alcalines que sur le port de la Passerelle.

Port du Canal (2 forages expertisés)

Les 2 forages expertisés sur le port du Canal présentent des caractéristiques différentes :

- le premier, situé au début de la darse, se caractérise par une température de 15,6 °C, un pH plutôt acide et une salinité de 14,55 g/l,
- le second, situé au bout de la darse, se caractérise par une température de 17,1 °C, un pH plutôt alcalin et une salinité plus élevée (27,7 g/l).

La profondeur plus importante de ce dernier (11 m contre 8 m pour le premier) ainsi que sa position sur la darse peuvent expliquer les différences observées.

Port de La Barbotière (5 forages expertisés)

A la Barbotière, les 4 forages situés sur la darse ouest se caractérisent par une chimie différente de celle du forage situé sur la darse est.

Les premiers présentent une température comprise entre 15 et 15,4 °C, des pH compris entre 7,26 et 7,43 et des salinités comprises entre 26,91 et 28,26 g/l alors que le forage isolé présente une température de 9,5 °C, un pH de 7,7 et une salinité plus faible (18,95 g/l). Ce forage est aussi le moins profond et celui où l'eau est la plus claire et la moins réductrice.

En l'absence d'informations sur la position des crépines, il est difficile de déterminer l'origine de ces différences.

Sur la commune de Gujan-Mestras, il apparaît que les forages présentent des salinités relativement élevées en dépit de quelques valeurs faibles à moyennes.

Parmi les différents ports, celui de Gujan-la Passerelle est le seul où toutes les valeurs mesurées ont été supérieures à 25 g/l.

Les fortes salinités observées pour des ouvrages de profondeurs différentes (10,5 à 25 m) et la position centrale de ce port en font un site privilégié pour la recherche d'eaux pouvant se substituer à celles du bassin d'Arcachon.

Dans le cas où ce site serait retenu, la réalisation d'un ouvrage d'une quinzaine de mètres devrait permettre de pomper des eaux dont la salinité sera compatible avec l'activité ostréicole.

3.4. CONCLUSION

L'expertise de près de 70 forages ostréicoles répartis sur tout le pourtour du Bassin d'Arcachon a permis d'identifier les secteurs les plus favorables pour la recherche d'eaux salées pouvant se substituer à celles du bassin en cas de problème qualitatif avéré (présence de dinophysis ou autre).

Sur la **côte ouest**, ce sont les ports de **Piraillan** et de **l'Herbe** qui semblent être les sites le plus favorables pour la réalisation d'un dispositif de pompage.

Dans ces zones, l'intrusion d'un biseau salé est en effet rendue possible par l'absence de niveaux argileux au sommet des formations flandriennes.

La présence de 2 parcelles qui pourraient être transformées en réserves d'eau ou en bassins de stockage dans le port de Piraillan peut constituer un argument pour le choix définitif du site.

Dans le cas où ce port serait retenu, la réalisation d'un forage d'une quinzaine de mètres dont seule la partie inférieure serait crépinée devrait permettre de capter des eaux susceptibles d'être utilisées par les ostréiculteurs.

Sur la **côte est**, c'est le port d'**Andernos** qui semble être le site le plus intéressant.

Dans la mesure où ce port serait retenu pour la création d'un dispositif de pompage et dans l'objectif d'obtenir l'eau la plus salée possible, un forage d'une dizaine de mètres pourrait être réalisé sur la darse sud du port.

Il convient toutefois de mentionner que les salinités maximales mesurées dans cette zone n'ont pas dépassé 16 g/l, ce qui d'un point de vue biologique peut poser souci pour le maintien en vie des huîtres.

Sur la **côte sud**, 2 sites favorables se distinguent :

- le port de **la Teste** et en particulier, les darses médianes et est où un ouvrage d'une quinzaine de mètres pourrait être réalisé
- le port de **la Passerelle** à Gujan-Mestras où un ouvrage présentant les mêmes caractéristiques de profondeur pourrait être foré

Les fortes salinités (supérieures à 25 g/l) observées sur des ouvrages de profondeurs différentes et la position centrale de ce dernier port en font un site privilégié pour la recherche d'eaux pouvant se substituer à celles du bassin d'Arcachon.

A l'issue de cette expertise, il convient de noter qu'aucun ostréiculteur n'a été en mesure de fournir au BRGM un compte rendu de travaux relatif à la réalisation des ouvrages, soit que l'ouvrage ait été fait de façon artisanale, soit que ce compte-rendu ait été égaré, soit qu'il n'ait jamais été fourni au client par l'entreprise de forage.

Au fil des visites, il est aussi apparu qu'une entreprise avait réalisé une grande partie des forages de la côte sud du Bassin d'Arcachon. Dans l'objectif de rencontrer son dirigeant, aujourd'hui à la retraite, un contact a été pris mais il est resté sans suite.

Les données relatives à la géologie de surface sont aussi très peu nombreuses en BSS dans la mesure où :

- la déclaration d'un forage au titre du Code Minier et la transmission d'un compte rendu de travaux ne concerne que les ouvrages de plus de 10 m
- les forages réalisés et dépassant les 10 m de profondeur ne sont pas toujours déclarés par leur propriétaire,
- les terrains superficiels ne sont généralement pas décrits de façon précise lorsque la déclaration concerne un forage profond

Dans ces conditions, il a été difficile de mettre en relation la chimie des eaux avec la nature des terrains. Il est aussi impossible de proposer des coupes prévisionnelles au droit de chacun des sites jugés favorables pour l'implantation d'un dispositif de captage.

4. Réalisation des nouveaux forages, tests de pompage, suivi de la qualité et prélèvements

La première phase de l'étude et les 2 réunions qui se sont tenues à Lanton au mois de juillet 2006 avec toutes les personnes impliquées dans le projet ont permis d'orienter la deuxième phase de l'étude vers la réalisation de 3 forages de production dans les secteurs potentiellement les plus intéressants.

Les mesures de salinité effectuées au printemps 2006 ont montré que ces secteurs correspondaient :

- aux darses médiane et est du port de la Teste
- au port de Gujan-Passerelle
- aux quartiers ostréicoles de l'Herbe et de Pirailan sur la côte Norois

L'implantation définitive des ouvrages s'est faite avec les représentants de la profession ostréicole sur les sites jugés les plus favorables au sein de chaque secteur présélectionné.

Les travaux ont été réalisés du 19 septembre au 3 octobre 2006.

4.1. PORT DE GUJAN-PASSERELLE (GUJAN-MESTRAS)

4.1.1. Implantation de l'ouvrage

Le port de la Passerelle est le seul port de Gujan-Mestras où toutes les valeurs de salinité mesurées ont été supérieures à 25 g/l.

Ce port est constitué de deux darses : la darse ouest où se situent tous les forages expertisés au printemps et la darse est où aucun forage n'avait été déclaré.

Lors de la visite de terrain destinée à implanter le forage de production et effectuée en compagnie de M. Lacoste, il est apparu que le site le plus favorable pour la réalisation de l'ouvrage se situait sur la darse est en raison de la présence d'une maline collective (cf. illustration 43) et de l'existence d'un réseau de distribution.

Il est à préciser que ce genre d'installation n'existe pas sur la darse ouest où les ostréiculteurs travaillent avec des malines privées.

En l'absence de valeurs de référence sur la darse est, une nouvelle recherche de forages a été réalisée. Sept forages qui n'avaient pas été déclarés au printemps ont fait l'objet de mesures. Les paramètres mesurés sont conformes à ceux qui avaient été mesurés sur la darse ouest (cf. illustrations 43 et 44).

On peut tout au plus noter que contrairement à la darse ouest, aucun pH supérieur à 7 n'a été relevé sur la darse est.

A titre indicatif, les mesures réalisées sur l'eau de la maline ont abouti aux résultats suivants : T = 20,2°C, pH = 8,28, conductivité = 51,2 mS/cm et salinité = 34,1 g/l.

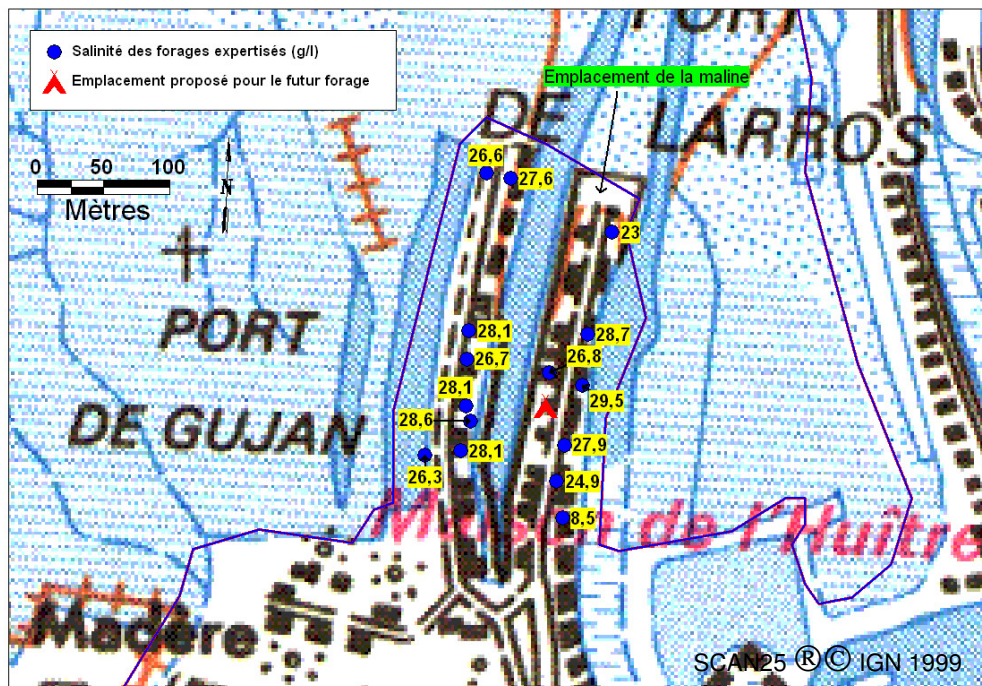


Illustration 43 : Emplacement des forages expertisés sur les deux darses du port de Gujan-Passerelle et emplacement proposé pour le futur forage

4.1.2. Réalisation de l'ouvrage

Les opérations de forage ont débuté le 19 septembre sur le site préalablement choisi (cf. illustration 45).

Le forage a été réalisé au battage. Il s'agit d'une méthode qui consiste à désagréger les terrains au moyen d'une soupape qui est régulièrement remontée et vidée (cf. illustration 45).

Au fur et à mesure de l'avancement de la soupape, un tube guide en acier est descendu (cf. illustration 45). Il permet de maintenir les terrains en attendant l'équipement définitif de l'ouvrage.

A chaque remontée du dispositif de forage, les eaux qui s'échappaient de la soupape ont fait l'objet d'un contrôle de la température, du pH et de la conductivité convertie en salinité.

Après avoir atteint un pic à 26,2 g/l à 10,5 m de profondeur, la salinité a accusé une baisse de 4 g/l entre 12 m (25,1 g/l) et 12,30 m (21,1 g/l) et le pH a légèrement augmenté (cf. illustration 55).

Dans ces conditions, il a été jugé préférable d'arrêter le forage qui a intercepté de haut en bas :

- 3.8 m de remblais argileux
- 8.5 m de sables contenant des coquilles sur la tranche 4,30 m/5,20 puis des minéraux noirs (cf. annexe 3)

Port	Darse	Profondeur (m)	niveau piézo (m)	Profondeur sommet crépines (m)	Longueur crépinée (m)	T (°C)	pH	Conductivité m(S/cm)	salinité (g/l)	Eh/ENH (mV)	O2 dissous (mg/l)	couleur	odeur
Gujan-Passerelle	Ouest	16	0	13	3	15,1	6,62	43,0	28,1	249	0,53	légèrement jaune	H2S léger
Gujan-Passerelle	Ouest	15	0	nd	nd	11,7	6,86	40,8	26,3	197	0,89	légèrement jaune	H2S plus fort qu'au forage ci-dessus
Gujan-Passerelle	Ouest	10,5	2,93	7	4	14,6	7,21	41,2	26,7	335	1,12	légèrement jaune	H2S au début
Gujan-Passerelle	Ouest	12	nm	6	6	15,0	6,69	43,0	28,1	329	4,66	claire	H2S parfois
Gujan-Passerelle	Ouest	9	2,35	5	4	15,3	7,01	42,5	27,6	202	nm	légèrement jaune	H2S léger
Gujan-Passerelle	Ouest	nd	nm	nd	nd	12,7	7,24	41,1	26,6	173	0,26	légèrement jaune	H2S léger
Gujan-Passerelle	Ouest	12	2,55	nd	nd	15,6	6,60	43,7	28,6	285	nm	claire	pas d'odeur
Gujan-Passerelle	Ouest	25	nm	nd	nd	14,6	6,65	43,0	28,1	314	nm	claire	pas d'odeur
Gujan-Passerelle	Est	12	nm	10	2	15,3	6,67	36,5	23,0	nm	nm	claire	
Gujan-Passerelle	Est	12	nm	8	4	15,6	6,63	45,4	29,5	nm	nm	claire	un peu d'H2S au début
Gujan-Passerelle	Est	10,5	nm	9,5	1	15,3	6,64	41,7	26,8	nm	nm	claire	
Gujan-Passerelle	Est	15	nm	9	6	16,5	6,86	39,0	24,9	nm	nm	rouille	H2S au début
Gujan-Passerelle	Est	13	nm	9	4	16,1	6,91	43,3	27,9	nm	nm	claire	
Gujan-Passerelle	Est	14	nm	8	6	16,1	6,97	44,3	28,7	nm	nm	claire	
Gujan-Passerelle	Est	13	nm	8	5	15,7	6,38	14,5	8,5	nm	nm	rouille, turbide	H2S au début

nd : information non disponible

nm : paramètre non mesuré

Illustration 44 : Caractéristiques des forages nouvellement expertisés à Gujan-Passerelle (darse est) et de ceux déjà expertisés



Illustration 45 : Emplacement du forage, soupape de forage et tube guide mis en place à l'avancement



Illustration 46 : Equipement de l'ouvrage : mise en place des tubes PVC et du massif filtrant

En raison d'un problème de disponibilité des opérateurs de la société ANTEA, les diagraphies de type gamma ray et température/conductivité initialement prévues n'ont pas pu être réalisées sur ce forage.

L'équipement de l'ouvrage a donc été réalisé en fonction des observations menées au cours de la foration (salinités mesurées en particulier) et du matériel dont la société de forage disposait.

Au final, l'ouvrage a été équipé d'un tube PVC de 157 mm de diamètre intérieur, de 11,85 m de hauteur, crépiné sur les 4 derniers mètres et dépassant de 35 cm par rapport au sol (cf. illustration 46).

Il convient de noter qu'avant de retirer le tubage acier qui maintenait les terrains en place, la société de forage a procédé au remplissage de l'espace annulaire (espace compris entre le tubage PVC et le tube acier) par 28 sacs de 16,5 litres de graviers siliceux qui constitueront un massif filtrant autour de l'ouvrage (cf. illustration 46).

4.1.3. Tests de pompage

Les tests de pompage se sont déroulés du 20 au 21 septembre. Ils ont comporté un essai de puits et un pompage de longue durée.

Essai de puits

L'essai de puits a été réalisé le 20 septembre. Il a consisté en 3 phases de pompage de 30 minutes suivies de 3 phases de 30 minutes d'arrêt. Seuls les 2 derniers paliers ont fait l'objet d'un enregistrement (cf. illustration 48).

Afin de déterminer le débit critique (débit à partir duquel l'écoulement devient turbulent et risque d'entraîner des particules de terrain), le rabattement a été calculé à la fin de chaque phase de pompage (cf. illustration 47). Il a ensuite été reporté sur un graphique en fonction du débit de pompage (cf. illustration 49).

Débit de pompage (m ³ /h)	Profondeur /repère à t = 0 (m)	Profondeur /repère à t = 30 minutes (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /h.m)	s/Q (m.h/m ³)
0	-	-	0	-	-
16,5	3,5	5,15	1,65	10	0,1
39	3,22	6,94	3,72	10,48	0,095
52	2,92	8,28	5,36	9,70	0,103

Illustration 47 : Rabattement mesuré après les 3 phases de pompage sur le forage de Gujan-Mestras

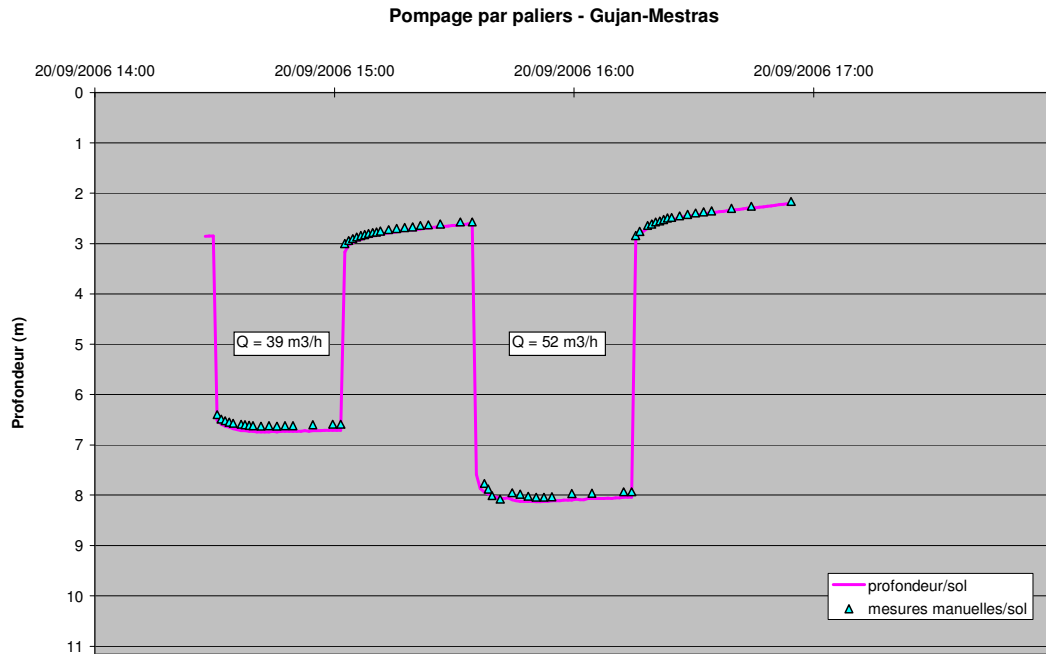


Illustration 48 : Evolution des niveaux du forage de Gujan-Mestras lors de l'essai de puits

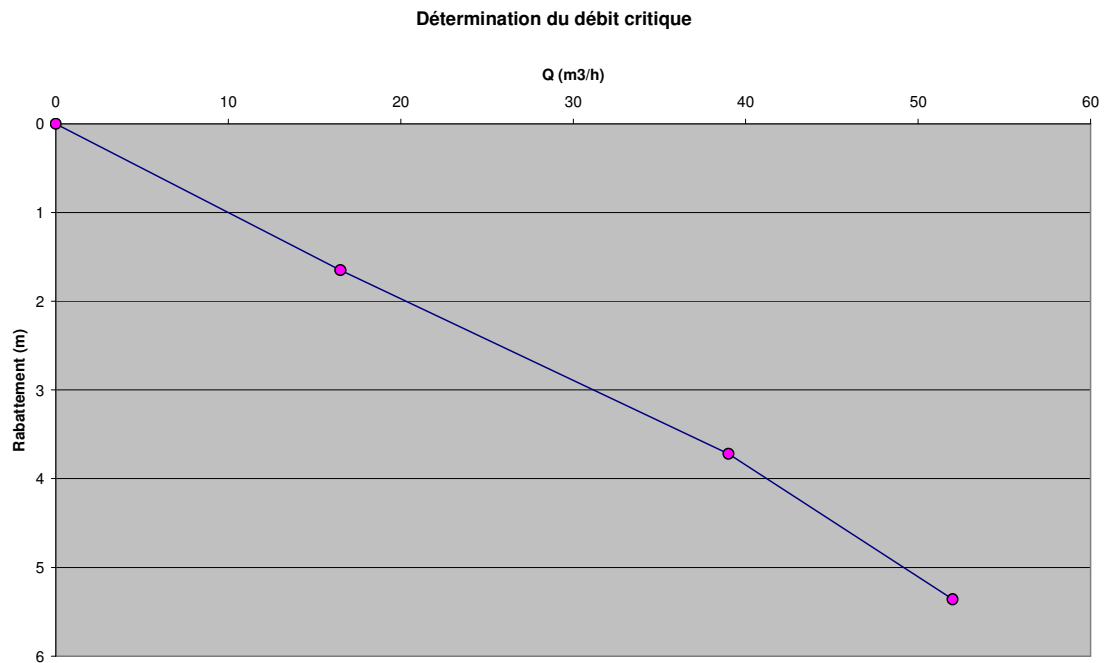


Illustration 49 : Evolution du rabattement en fonction du débit pompé sur le forage de Gujan-Mestras

L'examen de l'illustration 49 montre que la rupture de pente intervient entre 39 et 52 m³/h. Il conviendra donc de ne pas dépasser le débit de 40 à 45 m³/h si l'on souhaite exploiter de façon optimale l'ouvrage.

Ces modalités d'exploitation devraient permettre de maintenir le niveau de l'eau au dessus du sommet des crépines (situé à une profondeur de 7,15 m/sol), ce qui limitera leur éventuel colmatage.

Outre le fait de permettre le calcul du débit critique, les essais par paliers permettent de déterminer le débit spécifique relatif de l'ouvrage et les pertes de charge.

Pour cela, il convient de calculer le débit spécifique Q/s à la fin de chaque palier (cf. illustration 47) et de reporter le rabattement en fonction de cette valeur (cf. illustration 50).

La droite de régression qui passe entre les 3 points expérimentaux intercepte la droite d'ordonnée $s = 1$ m au niveau de l'abscisse $Q/s = 10$ m³/h.m, valeur qui correspond au débit spécifique relatif (débit qu'il faut pomper pour rabattre la nappe de 1 mètre).

Les pertes de charge peuvent, quant à elles, être appréhendées au moyen d'un graphique représentant s/Q en fonction de Q .

Le rabattement correspond en effet à la somme des pertes de charge linéaires (pertes imposées par les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère au voisinage du puits et par l'influence de la partie captante du forage) et des pertes de charges quadratiques (pertes caractéristiques de l'équipement technique de l'ouvrage qui sont constantes à débit constant et négligeables pour les faibles débits).

Il s'exprime selon la formule : $s = BQ + CQ^2$

avec BQ : pertes de charges linéaires et CQ^2 : pertes de charges quadratiques

La représentation de s/Q en fonction de Q permet d'accéder aux valeurs de B et C qui correspondent respectivement à l'ordonnée à l'origine et à la pente de la droite.

L'examen de l'illustration 51 montre que dans le cas du forage de Gujan-Mestras, les pertes de charge quadratiques sont quasiment nulles ($C = 0,00005$) et que l'essentiel du rabattement est lié aux pertes de charges linéaires ($B = 0,0975$).

Le calcul des termes BQ et CQ^2 pour un débit de pompage de 40 m³/h montre que ces dernières représentent 98 % du rabattement total (3,9 m sur 3,98 m), les 2 % restants étant dus aux pertes de charges quadratiques (0,08 m sur 3,98 m).



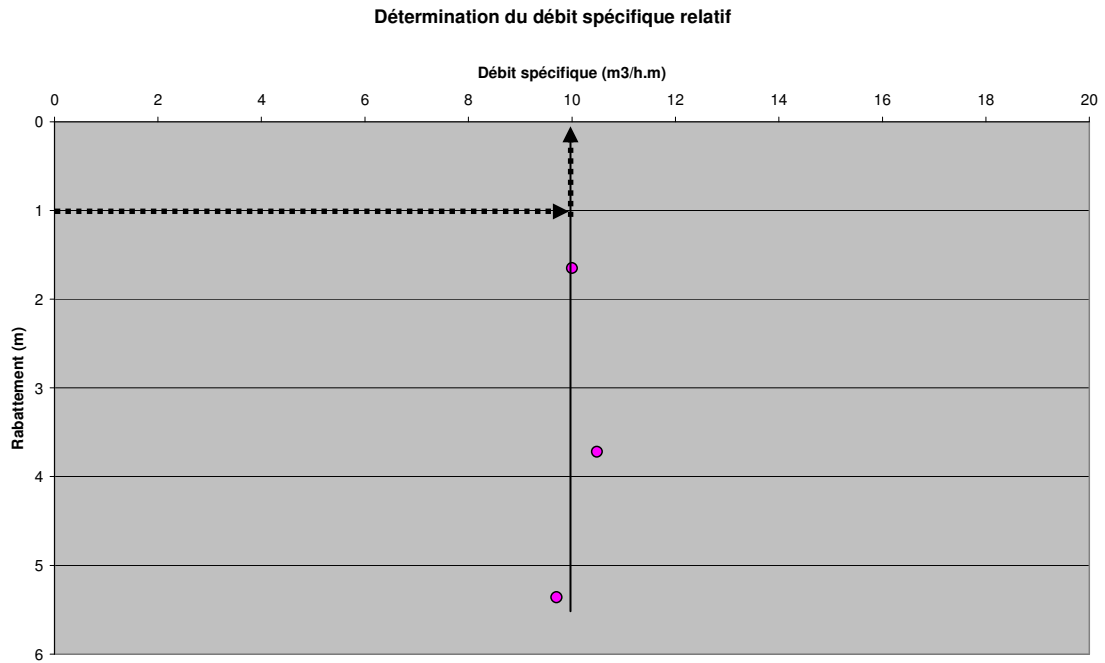


Illustration 50 : Evolution du rabattement en fonction du débit spécifique sur le forage de Gujan-Mestras

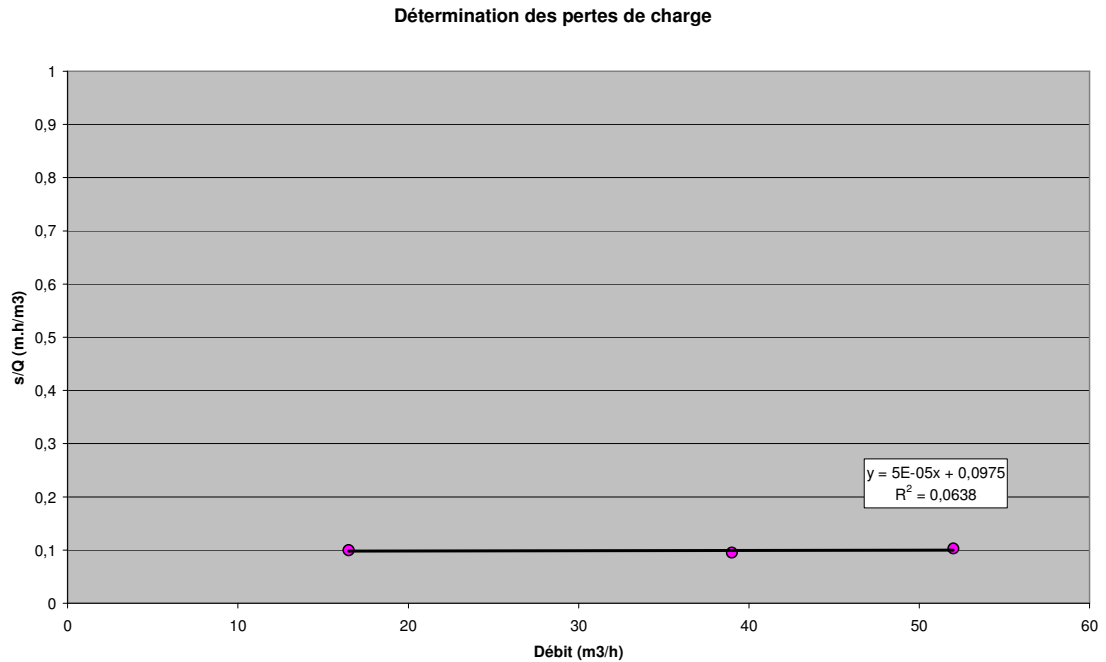


Illustration 51 : Détermination des coefficients B et C pour le calcul des pertes de charge sur le forage de Gujan-Mestras

Pompage de longue durée

Le pompage de longue durée a été effectué le 21 septembre. Il a consisté en un pompage de 9 h au débit de 45 m³/h.

L'illustration 52 représente les niveaux enregistrés dans le forage nouvellement réalisé, dans un piézomètre (PZ1) situé à 17 m du forage et dans le chenal ainsi que les mesures réalisées manuellement.

Bien que les fluctuations du niveau de l'eau dans le chenal n'aient pas pu être entièrement enregistrées en raison d'un problème de dénoyage du capteur, il apparaît que le niveau de la nappe est très influencé par celui de la marée.

On observe en effet une remontée synchrone du niveau de la nappe et de celui de l'eau dans le chenal alors que le débit de pompage reste constant.

Dans ces conditions, il est apparu nécessaire de corriger les niveaux des effets de la marée avant de procéder à une interprétation des données.

Pour ce faire, les fluctuations du niveau de l'eau sur PZ1 ont été étudiées sur une période non influencée et retranchées aux niveaux mesurés en période de pompage (cf. illustration 53).

L'évolution du rabattement en fonction du temps a ensuite été reportée sur du papier semi-logarithmique afin de procéder à une interprétation de type Theis-Jacob (cf. illustration 54).

L'application de l'expression d'approximation logarithmique de Jacob est normalement limitée aux aquifères captifs illimités à épontes imperméables mais elle peut être étendue :

- aux aquifères libres illimités s'ils ne sont pas le siège de phénomènes de drainance
- aux aquifères limités latéralement dans la mesure où l'on peut considérer que la première partie de l'essai se déroule en réservoir illimité jusqu'à l'apparition de l'effet des conditions aux limites

Le rabattement est donné par la formule :
$$s = \frac{0.183 Q}{T} \log \frac{2.25 T t}{x^2 S}$$

avec :

s = rabattement en m

Q = débit en m³/s

T = transmissivité en m²/s

t = temps de pompage en secondes

x = distance piézomètre/axe du puits en m

S = coefficient d'emmagasinement sans unité

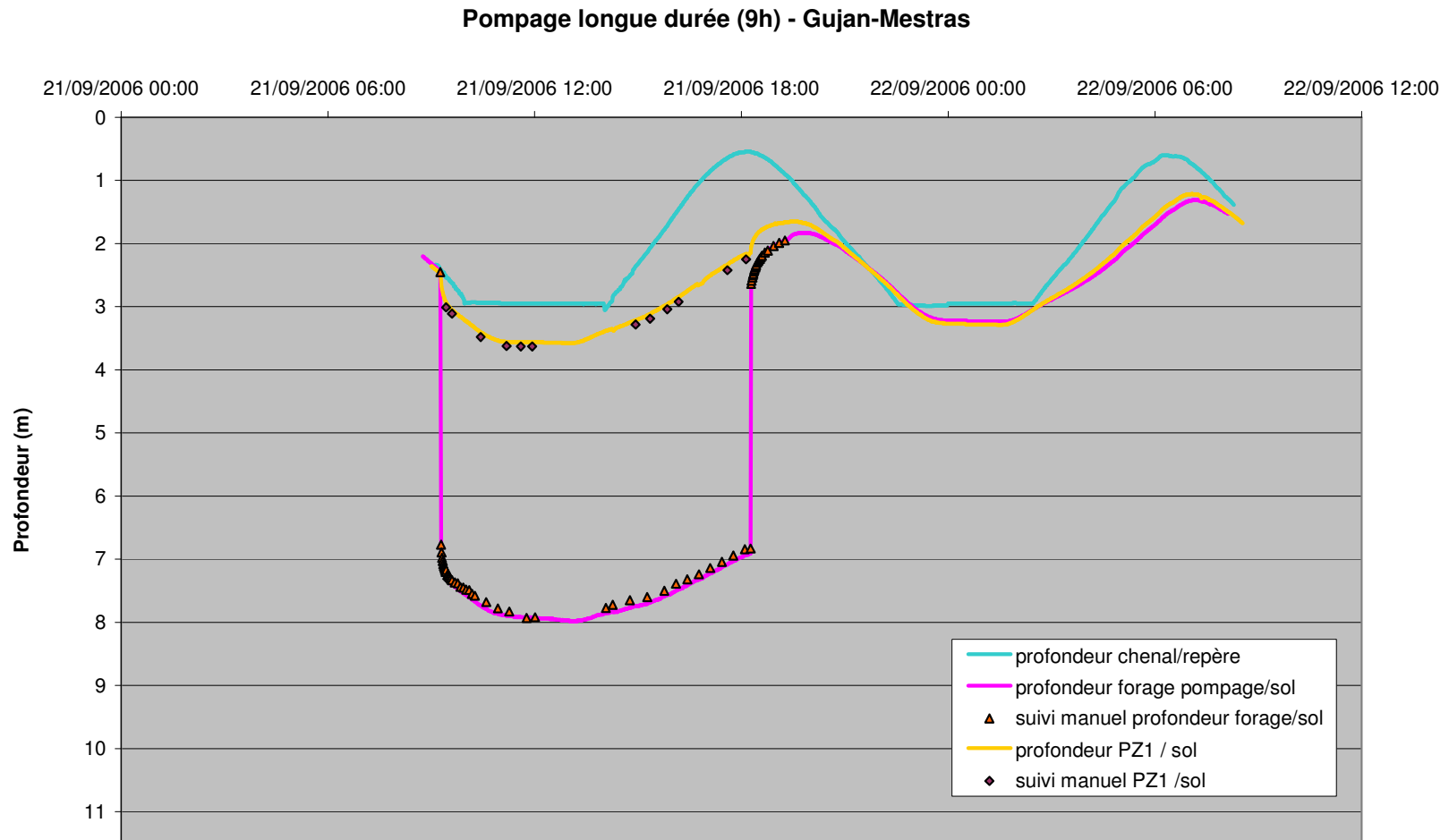


Illustration 52 : Enregistrements effectués lors du pompage d'essai de longue durée sur le forage de Gujan-Mestras

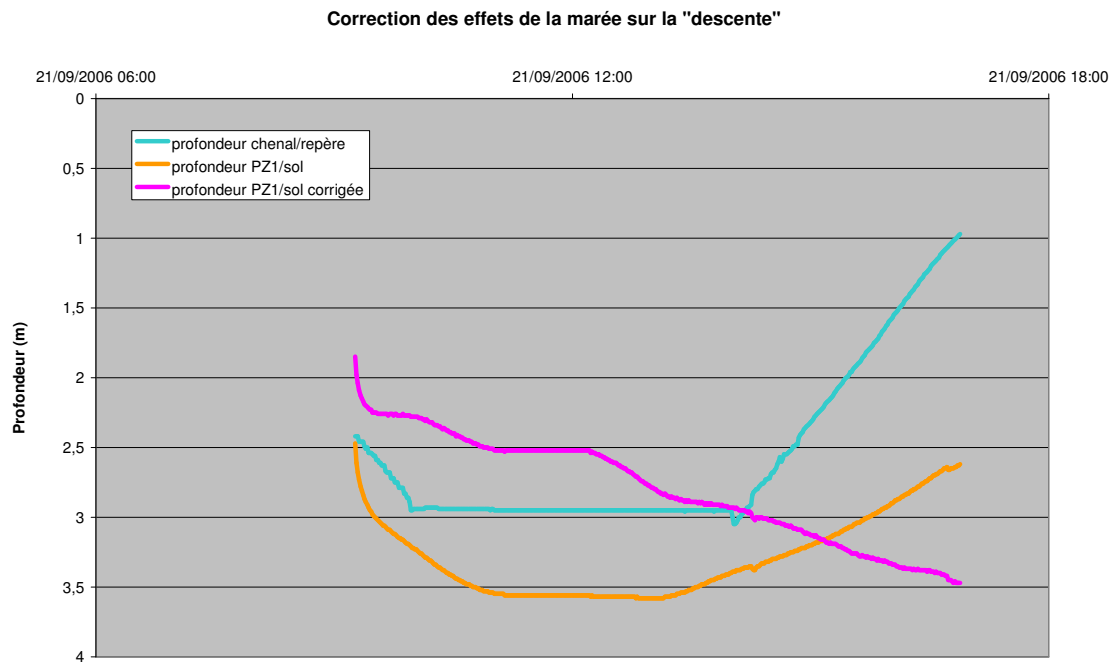


Illustration 53 : Correction des niveaux enregistrés sur PZ1 des effets de la marée

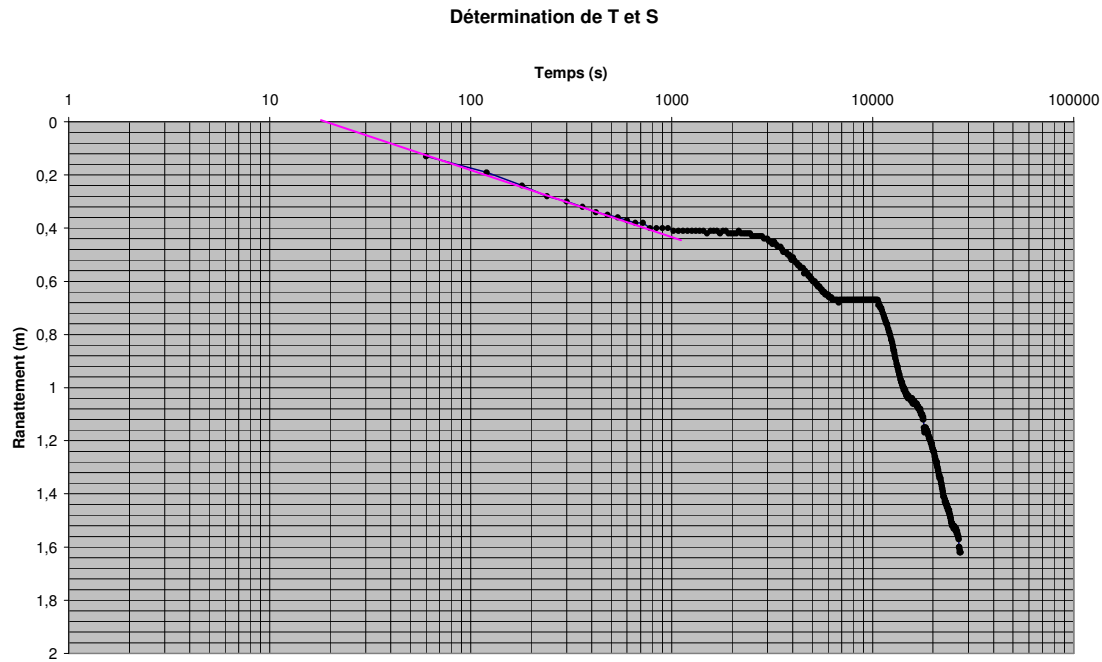


Illustration 54 : Diagramme semi-logarithmique représentant le rabattement en fonction du temps sur le forage de Gujan-Mestras

La transmissivité peut être déterminée en calculant la pente de la première partie de la droite qui relie les valeurs de rabattement enregistrées lors de la descente (cf. illustration 54).

On a : $T = 0.183 Q / C$ avec $C =$ pente de la droite.

Dans la mesure où $C = \Delta y$ sur un module log, la transmissivité peut être évaluée dans le cas présent à :

$$T = (0,183 \times 45) / (3600 \times 0,26) = 0.0088 \text{ m}^2/\text{s}, \text{ soit } \mathbf{8.8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}}$$

Pour déterminer le coefficient d'emmagasinement, il suffit de déterminer t_0 , soit l'intersection de la droite préalablement décrite avec l'axe des abscisses.

A t_0 , le rabattement est nul. Il faut donc résoudre l'équation : $\log \frac{2.25 T t_0}{x^2 S} = 0$

Dans ces conditions : $S = \frac{2.25 T t_0}{x^2}$

La valeur de t_0 qui peut être évaluée à 20 secondes sur l'illustration 54 permet d'arriver à l'expression :

$$S = (2.25 \times 0.0088 \times 20) / 17^2 = \mathbf{1,4.10^{-3}}$$

Le rayon d'influence d'un pompage correspond à la distance à partir de laquelle le pompage n'a plus d'effet sur le niveau piézométrique, c'est-à-dire la distance où le rabattement devient nul. Il est donné par la formule :

$$R = x = 1,5 \sqrt{(Tt/S)}$$

Les valeurs de T et S préalablement déterminées permettent d'évaluer ce rayon à :

- 225 m pour un pompage d'une heure
- 550 m pour un pompage de 6 h
- 780 m pour un pompage de 12 h

4.1.4. Suivi de la qualité

Mesure des paramètres physico-chimiques lors de la foration

Les foreurs ayant injecté de l'eau douce pour améliorer l'avancement de la soupape dans les premiers mètres de terrain, les paramètres physico-chimiques n'ont été mesurés qu'à partir de 8.75 m de profondeur.

Les résultats sont consignés dans l'illustration 55. Il est à préciser que les valeurs de salinité mesurées en g/kg ont été converties en g/l, que le potentiel redox est exprimé par rapport à l'électrode normale à hydrogène (ENH) et que les teneurs en oxygène dissous mesurées sont corrigées de l'effet de la salinité.

Il apparaît que la salinité a progressivement augmenté pour atteindre un maximum de 26.2 g/l à 10,5 m. Elle a ensuite baissé de plus de 5 g/l entre 10.5 et 12.5 m. Dans ces conditions, il a été décidé de stopper les opérations de forage et de procéder à l'équipement de l'ouvrage (tube de 11.85 m dépassant de 35 cm par rapport au sol).

Profondeur (m)	Température (°C)	pH	Conductivité (mS/cm)	Salinité (g/l)
8,75	16,9	6,95	34,5	21,7
9,0	17,0	6,97	38,0	24,3
9,25	17,0	7,01	39,6	25,2
10,5	17,1	7,01	40,7	26,2
12,0	17,0	7,12	39,3	25,1
12,5	17,4	7,13	33,7	21,1

Illustration 55 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de la foration

Mesure des paramètres physico-chimiques lors de l'essai de puits

L'essai de puits a consisté en 3 phases de pompage de 30 minutes. Les résultats qui figurent dans l'illustration 56 correspondent aux mesures effectuées quelques minutes avant l'arrêt de chaque phase.

Il convient de noter que pour la réalisation de cet essai, la pompe a été positionnée au droit des crépines, soit à une profondeur de l'ordre de 10.5 m par rapport au sol.

Débit (m ³ /h)	T (°C)	pH	Conductivité (mS/cm)	Salinité (g/l)	E _h / ENH (mV)	O ₂ diss (%)	O ₂ diss (mg/l)
16,5	15,5	6,71	40,1	25,7	278	26,9	2,67
39,0	16,1	6,71	41,0	26,3	257	22,0	2,10
52,0	16,0	6,71	41,2	26,5	255	33,0	3,15

Illustration 56 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de l'essai de puits

Il apparaît que les valeurs mesurées au cours de l'essai de puits sont :

- proches de celles qui avaient été mesurées à la profondeur de 10.5 m lors de la phase de foration
- relativement stables même si la température et la salinité ont enregistré de petites augmentations entre la première et la troisième phase

Pour ce qui est des teneurs en oxygène dissous et des potentiels redox, la variabilité est probablement liée aux incertitudes de mesure. Le mode de prélèvement fait en effet que l'eau subit une forte oxygénation et que les valeurs ont du mal à se stabiliser au moment de la mesure.

D'un point de vue de l'aspect et de l'odeur, l'eau est restée claire et a dégagé une forte odeur soufrée tout au long de l'essai.

Mesure des paramètres physico-chimiques lors de l'essai de longue durée

Les résultats des mesures réalisées lors du pompage de longue durée (9 h) effectué au débit de 45 m³/h ont été reportés dans le tableau de l'illustration 57.

Temps (h)	T (°C)	pH	Salinité (g/l)	Conductivité (mS/cm)	E _h / ENH (mV)	O ₂ diss (%)	O ₂ diss (mg/l)
3h00	15,9	6,68	25,7	40,1	260	23,1	2,18
5h00	16,1	6,69	25,1	39,4	263	17,5	1,68
7h30	16,1	6,66	25,0	39,2	nm	15,0	1,44

Illustration 57 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors du pompage de longue durée

L'examen des valeurs permet de constater une très légère baisse du pH et de la salinité par rapport aux valeurs mesurées la veille lors de l'essai de puits.

Il est possible que cette variabilité soit liée à l'influence de la marée qui a été mise en évidence dans le paragraphe consacré à l'interprétation du pompage d'essai de longue durée.

Les prélèvements destinés à être analysés par l'IEEB en vue d'une caractérisation complète de l'eau ont, quant à eux, été effectués à l'issue de 8 heures de pompage.

4.2. PORT DE LA TESTE

4.2.1. Implantation de l'ouvrage

La visite de terrain réalisée en compagnie de M. Garrigue a permis d'implanter le forage sur la darse médiane à proximité de la station de pompage qui permet aux ostréiculteurs de s'approvisionner en eau de mer (cf. illustration 58).

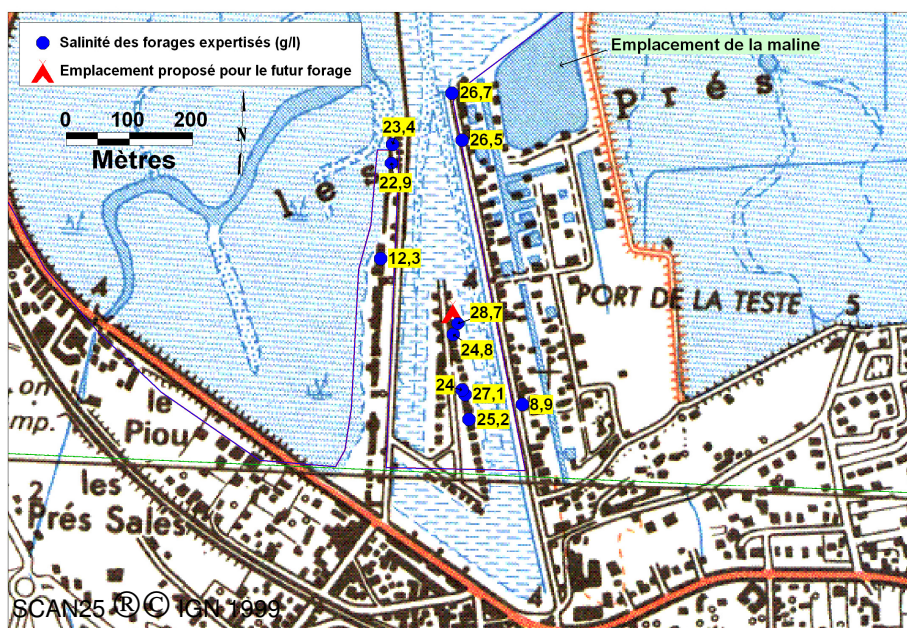


Illustration 58 : Emplacement des forages expertisés sur les trois darses du port de La Teste et emplacement proposé pour le futur forage

Ce choix se justifie par :

- les fortes salinités observées sur cette darse,
- la facilité d'accès au site,
- la possibilité d'utiliser les canalisations déjà en place pour alimenter les bassins des exploitants (25 sur la darse médiane + 15 sur la darse ouest) avec l'eau du futur forage.

A noter qu'un forage situé à 30 mètres environ au sud de cet emplacement, non déclaré lors de l'enquête menée auprès des exploitants, a été repéré et expertisé lors de cette visite. Ses caractéristiques (profondeur des crépines, température, pH et salinité) sont proches de celles mesurées sur les autres forages expertisés (cf. illustration 59).

Ces résultats confortent le choix de l'emplacement du futur forage dont la profondeur prévisionnelle est de 15 m.

La position des crépines sera quant à elle déterminée à l'issue des diagraphies de type gamma ray (détection des niveaux argileux) et température/conductivité.

A titre indicatif, l'eau du chenal au voisinage de ce forage présentait une température de 23°C et une salinité de l'ordre de 33,7 g/l le jour de la visite de terrain (23/08/06).

4.2.2. Réalisation de l'ouvrage

Les opérations de forage ont eu lieu le 25 septembre sur le site préalablement choisi (cf. illustration 60). Les terrains ont été forés, comme à Gujan-Mestras, avec une tarière mécanique puis au battage avec mise en place d'un tube à l'avancement (cf. illustration 60).

A chaque remontée du dispositif de forage, les eaux qui s'échappaient de la soupape ont fait l'objet d'un contrôle de la température, du pH et de la conductivité convertie en salinité.

Sur ce site, la salinité n'a cessé de croître pour atteindre 27,8 g/l à 14,2 m de profondeur.

Compte tenu du matériel disponible, deux options ont été proposées par le foreur : arrêter le forage à 14,5 m ou le poursuivre jusqu'à 16,5 m. Compte tenu de la salinité mesurée et du risque d'intercepter une nappe sous jacente moins salée, c'est la première option qui a été choisie.

Au final, le forage a intercepté :

- 0,7 m de remblais argileux
- 13,8 m de sables contenant des débris de coquilles sur la tranche 1,8 m/3,7 m puis des minéraux noirs (cf. annexe 3)

Port/Village	Darse/Digue	Profondeur (m)	niveau piézo (m)	Profondeur sommet crépines (m)	Longueur crépinée (m)	T (°C)	pH	Conductivité m(S/cm)	salinité (g/l)	Eh/ENH (mV)	O2 dissous (mg/l)	couleur
Port du Centre	Digue centrale	13	nm	7	6	17,3	6,79	44,2	28,7	nm	nm	nm
Port du Centre	Digue centrale	14	3,11	7,5	6	16,0	6,73	32,5	25,2	204	1,34	très légère turbidité
Port du Centre	Digue centrale	18	2,70	11,5	6	17,6	6,93	35,6	27,1	253	1,70	légère turbidité jaune
Port du Centre	Digue centrale	14	nm	7,5	6	17,0	6,89	36,1	24,0	301	1,90	légère turbidité jaune
Port du Centre	Digue centrale	13	3,03	6,5	6	15,1	6,88	31,0	24,8	321	1,30	légère turbidité jaune
Port du Centre	Digue est	18	nm	3	15	11,7	6,90	16,5	8,9	266	7,57	légère turbidité
Port du Centre	Digue ouest	13	nm	nd	nd	17,0	6,83	36,6	23,4	214	2,48	un peu jaunâtre
Port du Centre	Digue ouest	15	nm	7	8	17,0	6,33	20,4	12,3	235	1,57	légèrement jaunâtre
Port du Centre	Digue ouest	11	nm	nd	nd	15,9	6,91	35,8	22,9	151	2,96	claire
Port du Centre	Digue est	10,5	1,97	10	0,5	15,9	7,30	41,2	26,7	77	4,87	claire
Port du Centre	Digue est	12	1,44	nd	nd	16,1	6,94	40,8	26,5	162	0,19	légèrement jaunâtre

nd : information non disponible

nm : paramètre non mesuré

*Illustration 59 : Caractéristiques du forage nouvellement expertisé à La Teste (**en gras**) et de ceux déjà expertisés*



Illustration 60 : Emplacement du forage, tarière mécanique utilisée pour les premiers mètres et tube guide mis en place à l'avancement

4.2.3. Diagraphies

Le 26 septembre, un opérateur de la société ANTEA est intervenu pour effectuer les diagraphies de type gamma ray et température/conductivité.

Ces diagraphies dont les résultats sont présentés sur l'illustration 61 ont mis en évidence des températures anormalement élevées pour la profondeur de l'ouvrage et une augmentation de la conductivité avec la profondeur.

Le caractère superficiel de l'ouvrage peut être à l'origine de l'anomalie de température. La tranche d'eau superficielle peut en effet être influencée par les températures atmosphériques ou par la température de l'eau du bassin.

La deuxième observation est, quant à elle, conforme à ce qui avait été observé la veille, à savoir, une augmentation de la conductivité jusqu'à 14.2 m de profondeur.

Les diagraphies ont aussi confirmé l'absence de couches argileuses. Le nombre de coups par minutes, lié à l'argilosité des formations, est en effet resté inférieur à 12 sur toute la durée de l'enregistrement (cf. illustration 61).

Compte tenu de ces résultats et du matériel dont la société de forage disposait, il a été décidé d'équiper le forage avec un tube PVC de 157 mm de diamètre intérieur, de 14,55 m de hauteur, crépiné sur les 5 derniers mètres et dépassant de 45 cm par rapport au sol.

Comme à Gujan-Mestras, l'espace annulaire a été rempli par des graviers siliceux (35 sacs de 16,5 litres) qui constitueront un massif filtrant autour de l'ouvrage.

4.2.4. Tests de pompage

Les tests de pompage se sont déroulés du 26 au 27 septembre (cf. illustration 62). Ils ont comporté un essai de puits et un pompage de longue durée.

Essai de puits

L'essai de puits a été réalisé le 26 septembre. Il a comporté 4 paliers, chaque palier étant constitué d'une phase de pompage et d'une phase d'arrêt de même durée (cf. illustrations 63 et 64).

Il convient de noter que les valeurs mentionnées dans le tableau de l'illustration 63 et représentées sur l'illustration 64 sont celles qui ont été mesurées dans les 10 minutes suivant le début des pompages et dans les 10 minutes suivant les différents arrêts ; les niveaux étant fortement influencés par la marée montante.

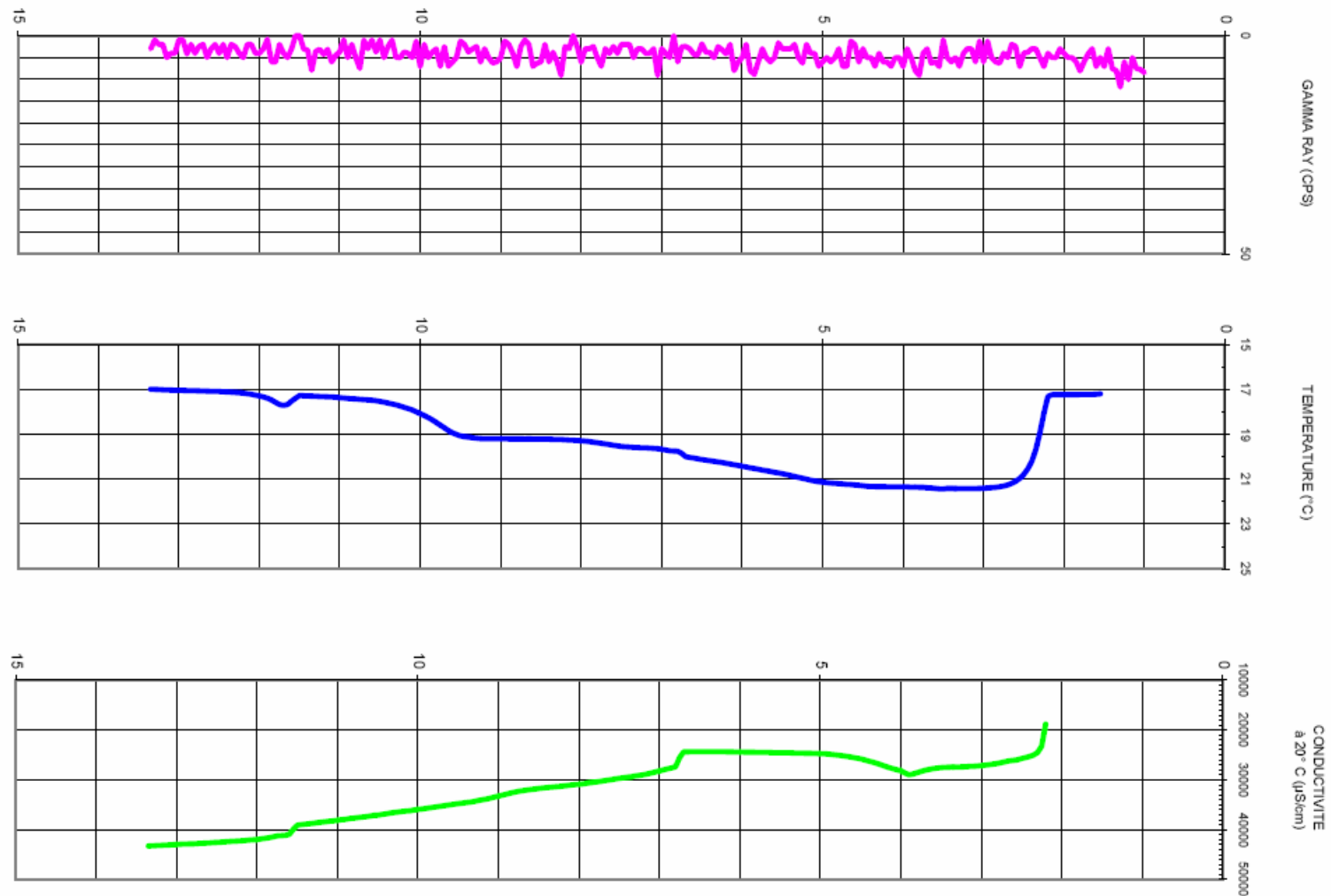


Illustration 61 : Résultats des diagraphies de type Gamma ray et température-conductivité effectuées sur le forage de La Teste



Illustration 62 : Opérations de pompage avec mesure du rabattement par sonde automatique et sonde manuelle et évacuation des eaux exhaurées dans le chenal le plus proche

Débit de pompage (m ³ /h)	Profondeur /repère à t = 0 (m)	Profondeur /repère à t = 10 mn (m)	Rabattement (m)	Débit spécifique (m ³ /h.m)	s/Q (m.h/m ³)
0	-	-	0	-	-
20,8	3,59	5,51	1,92	10,86	0,092
30,5	3,31	6,03	2,72	11,20	0,089
49,5	2,93	7,39	4,46	11,10	0,090
60,9	2,65	7,89	5,24	11,63	0,086

Illustration 63 : Rabattement mesuré après les 4 phases de pompage sur le forage de La Teste

Afin de déterminer le débit critique, le rabattement a été calculé à la fin de chaque phase de pompage. Il a ensuite été reporté sur un graphique en fonction du débit de pompage (cf. illustrations 63 et 65).

La rupture de pente observée entre 50 et 60 m³/h est inverse à ce qu'elle devrait être et traduit l'influence de la marée montante sur le niveau de la nappe. Dans ces conditions, il convient d'étudier le niveau de l'eau par rapport au sommet des crépines pour définir un débit critique.

Pour un débit de 60 m³/h, ce dernier se situe à 7,45 m de profondeur par rapport au sol. Sachant que le sommet des crépines se situe à 9,45 m de profondeur, il apparaît qu'il subsiste une tranche d'eau d'environ 2 m pour un tel débit d'exploitation.

Il est possible que cette tranche d'eau soit plus faible en phase de marée descendante mais la marge est telle que le forage devrait pouvoir fonctionner sans problème de dénoyage des crépines au débit de 60 m³/h et dans ces conditions.

Comme pour le forage de Gujan-Mestras, le débit spécifique relatif a été déterminé en calculant le débit spécifique Q/s à la fin de chaque palier et en reportant le rabattement en fonction de cette valeur (cf. illustration 66).

La droite de régression qui passe entre les 3 points expérimentaux intercepte la droite d'ordonnée s = 1 m au niveau de l'abscisse Q/s = 10,4 m³/h.m, valeur qui correspond au débit spécifique relatif (débit qu'il faut pomper pour rabattre la nappe de 1 mètre).

Les pertes de charge ont, quant à elles, été appréhendées au moyen d'un graphique représentant s/Q en fonction de Q (cf. illustration 67).

La représentation de s/Q en fonction de Q permet en effet d'accéder aux valeurs de B et C qui permettent de calculer les pertes de charges linéaires (B.Q) et les pertes de charges quadratiques (C.Q²) (cf. chapitre 4.1.3).

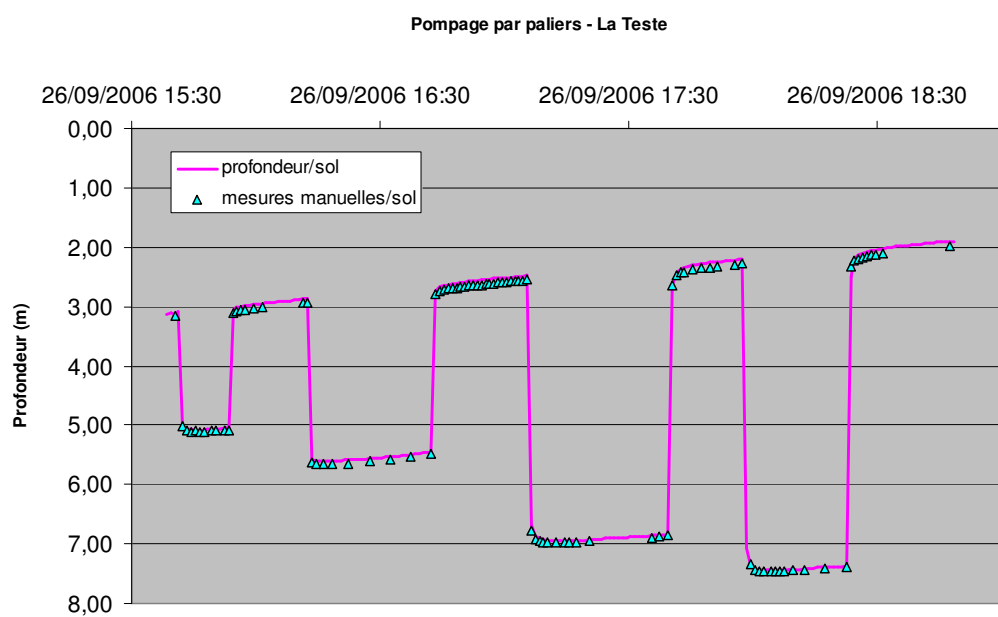


Illustration 64 : Evolution des niveaux du forage de La Teste lors de l'essai de puits

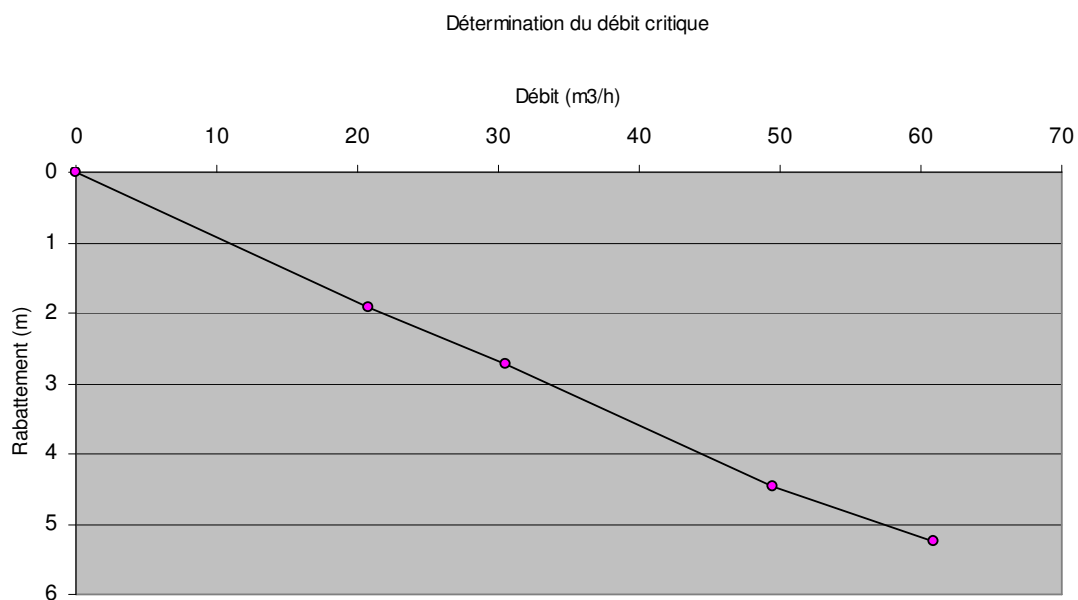


Illustration 65 : Evolution du rabattement en fonction du débit pompé sur le forage de La Teste

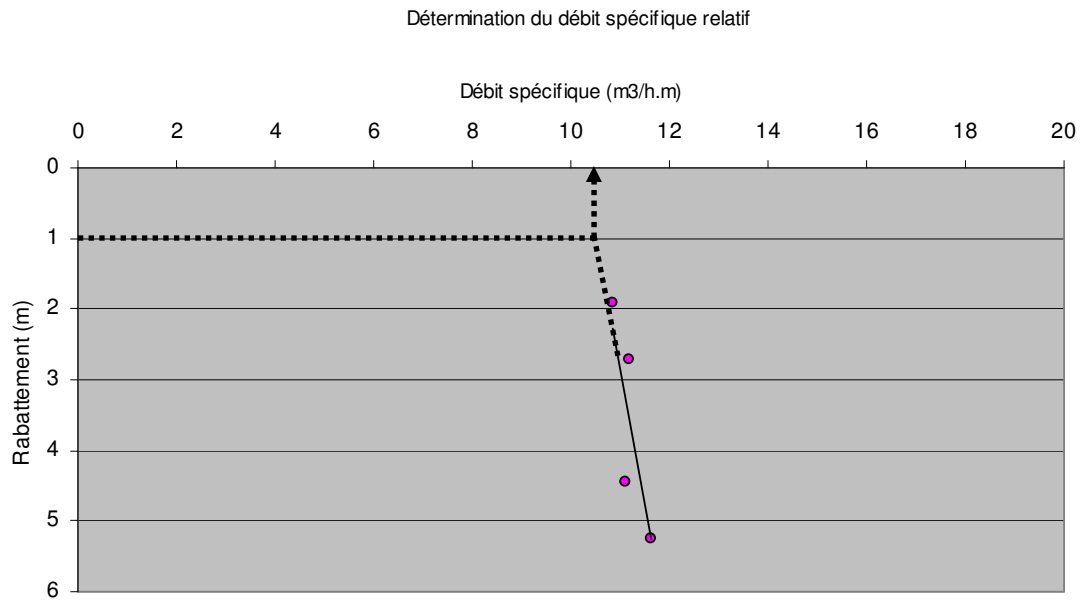


Illustration 66 : Evolution du rabattement en fonction du débit spécifique sur le forage de La Teste

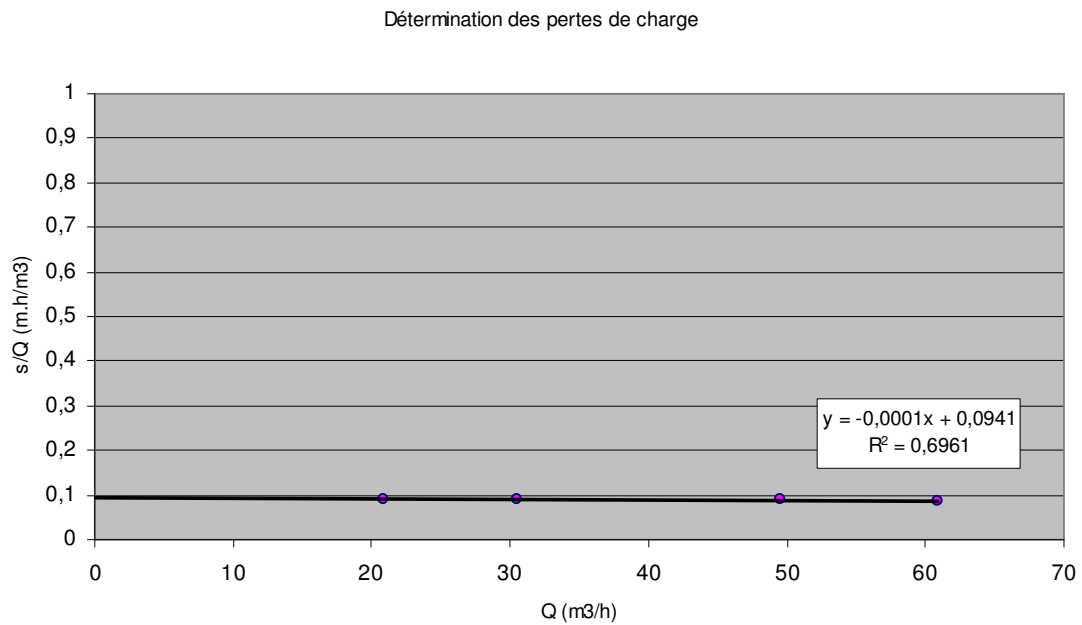


Illustration 67 : Détermination des coefficients B et C pour le calcul des pertes de charge sur le forage de La Teste

L'examen de l'illustration 67 montre qu'aux incertitudes près, les pertes de charge quadratiques sont nulles ($C = -0,0001$) et que la totalité du rabattement est lié aux pertes de charges linéaires ($B = 0,0941$).

Pompage de longue durée

Le pompage de longue durée a été effectué le 27 septembre 2006. Il a consisté en un pompage de 9 h au débit de 45,3 m³/h.

L'illustration 68 représente les niveaux enregistrés dans le forage nouvellement réalisé, dans un piézomètre (PZ1) situé à 30 m du forage et dans le chenal ainsi que les mesures réalisées manuellement.

Comme à Gujan-Mestras, les fluctuations du niveau de l'eau dans le chenal n'ont pas pu être entièrement enregistrées en raison d'un problème de dénoyage du capteur.

Dans ce cas aussi, les effets de la marée ont été importants puisqu'ils ont permis aux niveaux de remonter alors que la phase de pompage n'était pas terminée.

Il apparaît enfin que l'enregistrement effectué sur le piézomètre situé à une trentaine de mètres du forage a été perturbé ; les perturbations étant liées à l'alternance de phases de pompage et d'arrêt sur un ouvrage situé à moins d'1 m du piézomètre (cf. fiche 74 en annexe 2).

Dans ces conditions, il a fallu corriger les niveaux enregistrés sur PZ1 des effets du pompage réalisé à proximité et des effets de la marée avant de procéder à la détermination de T et S (cf. illustration 69).

L'évolution du rabattement en fonction du temps a ensuite été reportée sur du papier semi-logarithmique afin de procéder à une interprétation de type Theis-Jacob (cf. illustration 70).

Le rabattement est donné par la formule :

$$s = \frac{0.183 Q}{T} \log \frac{2.25 T t}{x^2 S}$$

La transmissivité peut être déterminée en calculant la pente de la première partie de la droite qui relie les valeurs de rabattement enregistrées lors de la descente. Cette dernière est égale à :

$$0,183 Q / C \text{ avec } C = \text{pente de la droite.}$$

Dans la mesure où $C = \Delta y$ sur un module log, la transmissivité peut être évaluée dans le cas présent à :

$$T = (0,183 \times 45,3) / (3600 \times 0,11) = 0.0209 \text{ m}^2/\text{s}, \text{ soit } \mathbf{2.1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

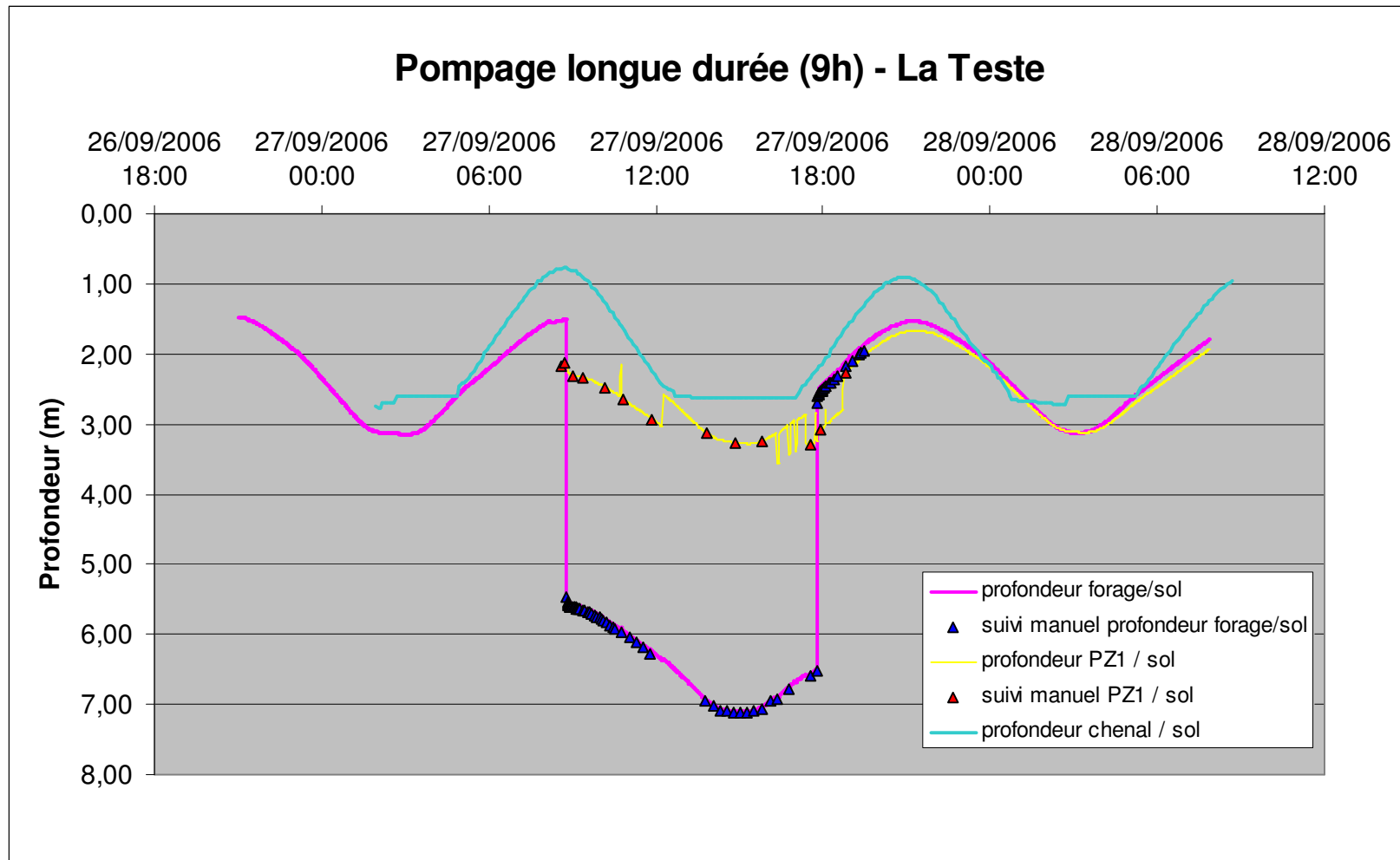


Illustration 68 : Enregistrements effectués lors du pompage d'essai de longue durée sur le forage de La Teste

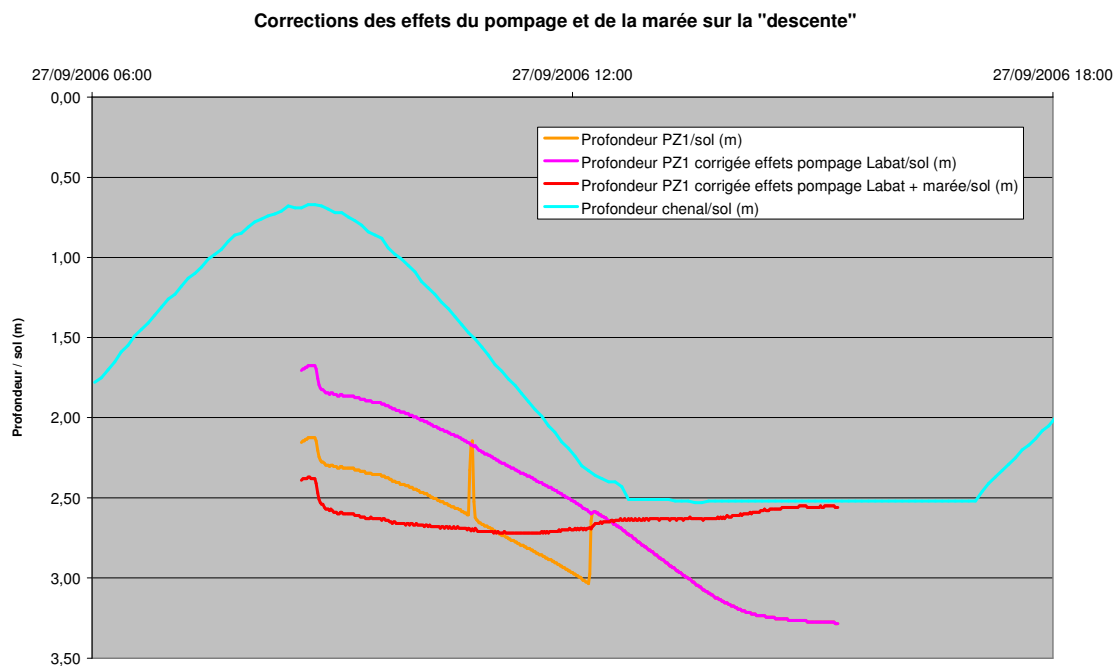


Illustration 69 : Correction des niveaux enregistrés sur PZ1 des effets du pompage et de la marée

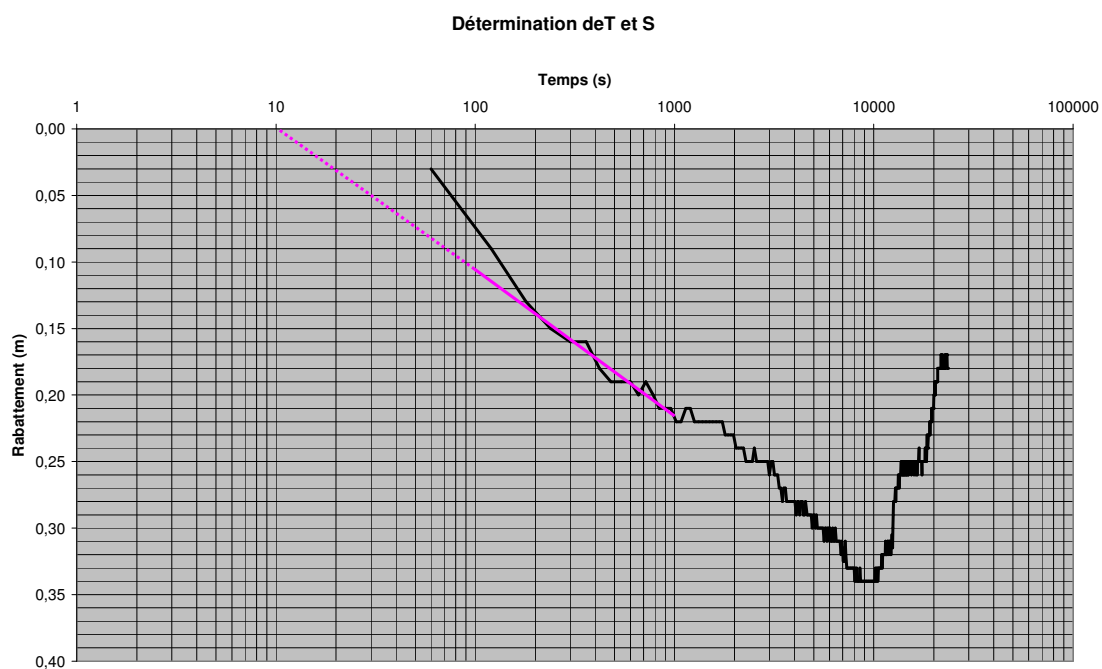


Illustration 70 : Diagramme semi-logarithmique représentant le rabattement en fonction du temps sur PZ1

Afin de valider cette valeur, un calcul de transmissivité a été réalisé sur les mesures effectuées dans le forage de pompage et corrigées des effets de la marée.

La valeur obtenue de **$1.9.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$** confirme qu'à la Teste, la transmissivité est plus de deux fois plus importante qu'à Gujan-Mestras.

Il est alors possible de calculer le coefficient d'emmagasinement avec la formule :

$$S = \frac{2.25 T t_0}{x^2}$$

La valeur de t_0 qui peut être évaluée à 10 secondes sur l'illustration 70 permet d'arriver à l'expression :

$$S = (2,25 \times 0,0209 \times 10) / 30^2 = \mathbf{5,2.10^{-4}}$$

Les valeurs de T et S ainsi déterminées permettent d'évaluer les rayons d'influence à :

- 570 m pour un pompage d'une heure
- 1400 m pour un pompage de 6 h
- 1980 m pour un pompage de 12 h

4.2.5. Suivi de la qualité

Mesures des paramètres physico-chimiques lors de la foration

Les mesures, effectuées dès 3,70 m de profondeur, ont été reportées dans le tableau de l'illustration 71. Il est à noter que les valeurs de salinité mesurées en g/kg ont été converties en g/l, que le potentiel redox est exprimé par rapport à l'électrode normale à hydrogène (ENH) et que les teneurs en oxygène dissous mesurées sont corrigées de l'effet de la salinité.

Il convient aussi de préciser que de l'eau de mer a été injectée dans le forage au début des opérations de façon à faciliter l'avancée de la soupape. Les premières mesures de salinité ne sont donc pas représentatives.

Si l'on ne tient pas compte des premières observations et de la baisse non significative observée entre 10,4 et 12 m, il apparaît que la salinité n'a cessé de croître avec la profondeur pour atteindre un maximum de 27,8 g/l à 14,2 m.

Les pH a quant à lui oscillé autour de 7,25, valeur supérieure à celles qui ont été mesurées dans le port de la Teste lors des investigations préalables (cf. illustration 59).

Profondeur (m)	Température (°C)	pH	Salinité ¹ (g/l)	Conductivité (mS/cm)
3,25	25,7	7,74	32,3	48,5
3,70	22,6	7,60	31,8	47,8
5,10	21,9	7,53	31,7	
6,10	21,6	7,45	31,0	46,7
7,10	20,3	7,28	27,1	41,5
8,10	19,7	7,24	24,6	38,2
9,10	18,6	7,24	24,7	38,2
10,0	18,0	7,23	25,4	39,4
10,4	17,6	7,26	26,0	40,1
10,8	18,4	7,32	25,9	39,9
12,0	18,0	7,26	25,8	39,8
13,0	17,9	7,25	26,2	40,5
13,3	17,6	7,26	26,9	41,30
14,2	17,6	7,28	27,8	42,6
14,5	17,6	7,24	27,7	42,4

Illustration 71 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés au cours de la foration

Mesures des paramètres physico-chimiques lors de l'essai de puits

L'essai de puits a consisté en 4 phases de pompage de 30 minutes. Les résultats qui figurent dans l'illustration 72 correspondent aux mesures effectuées 15 minutes après le début de chaque phase.

Par rapport aux valeurs mesurées en cours de foration, on observe une baisse de la température et du pH ainsi qu'une légère augmentation de la salinité.

¹ Les 5 premiers prélèvements sont influencés par l'eau de mer rajoutée pour faciliter les opérations de battage.

Débit (m ³ /h)	T (°C)	pH	Salinité (g/l)	Conductivité (mS/cm)	E _n / ENH (mV)	O ₂ diss (%)	O ₂ diss (mg/l)
20,8	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
30,5	17,0	7,07	28,7	43,7	195	27	2,5
49,5	16,6	7,04	28,9	44,0	192	23	2,2
60,9	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.

Illustration 72 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de l'essai de puits

n.m. : paramètre non mesuré

La baisse de la température et du pH observée après pompage sont logiques dans la mesure où l'eau de mer qui avait été rajoutée pour faciliter la foration avait certainement dû faire augmenter la température et le pH de l'eau.

L'augmentation de la salinité est, quant à elle, certainement due à l'influence de la marée qui est variable en fonction des jours et des heures.

Les teneurs en oxygène dissous et les potentiels redox sont mentionnés à titre indicatif dans le tableau de l'illustration 72. L'incertitude sur ces valeurs est en effet importante du fait de l'oxygénation qui intervient au moment du prélèvement et de l'instabilité des valeurs qui en découle.

D'un point de vue de l'aspect et de l'odeur, l'eau est restée claire et a dégagé une forte odeur soufrée (traduisant la présence de sulfures) tout au long de l'essai.

Mesures des paramètres physico-chimiques lors de l'essai de longue durée

Les résultats des mesures effectuées lors du pompage de longue durée au débit de 45,3 m³/h ont été reportés dans le tableau de l'illustration 73.

On constate une légère baisse du pH et de la salinité au fil du pompage avec des stabilisations respectives autour de 7,02 et 28,3 g/l.

La comparaison de ces valeurs avec celles mesurées la veille lors de l'essai de puits montre une légère baisse de ces deux paramètres.

Les mêmes remarques peuvent être formulées pour la teneur en oxygène dissous et le potentiel redox de l'eau en dépit des incertitudes précédemment mentionnées.

Les prélèvements destinés à être analysés par l'IEEB en vue d'une caractérisation complète de l'eau ont, quant à eux, été effectués à l'issue de 8 heures de pompage.

Temps (h)	T (°C)	pH	Salinité (g/l)	Conductivité (mS/cm)	E _h / ENH (mV)	O ₂ diss (%)	O ₂ diss (mg/l)
0h45	16,3	7,05	28,8	48,1	201	13	1,3
2h45	16,6	7,03	28,6	43,6	180	10	0,9
5h15	16,6	7,02	28,4	43,3	175	13	1,3
7h25	16,7	7,02	28,3	43,1	145	8	0,8

Illustration 73 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors du pompage de longue durée

4.3. COTE OUEST

4.3.1. Implantation de l'ouvrage

Les investigations menées au printemps 2006 avaient montré que les ports de Pirailan et de l'Herbe étaient ceux qui, de part les salinités observées, étaient les plus favorables pour la réalisation d'un forage.

Parmi ces 2 ports présélectionnés, le port de l'Herbe est celui au niveau duquel les salinités les plus importantes ont été mesurées (27,8 et 30 g/l contre 27,4 g/l et 16 g/l à Pirailan). Dans ces conditions, il a été décidé d'implanter le forage sur ce port.

La visite de terrain effectuée en compagnie de M. Miguez, Mme Lenoir et M. Fauchier a permis de sélectionner un site en particulier (cf. illustration 75). Il s'agit de la parcelle qui faisait partie de la concession de M. Fauchier et qui a récemment été restituée à la commune en vue de la création d'une cale.

Si le port de l'Herbe et en particulier la parcelle située à proximité de la future cale constituent un emplacement favorable pour la réalisation d'un forage, il convient de noter que l'un des 2 forages expertisés sur ce port (celui de M. Briau) ne peut être utilisé qu'à faible débit en raison du risque de dénoyage de la pompe. L'autre forage (celui de M. Bidondo) rencontre le même type de problème mais à un degré moindre. Il se peut donc que des problèmes similaires affectent l'ouvrage qui sera réalisé.

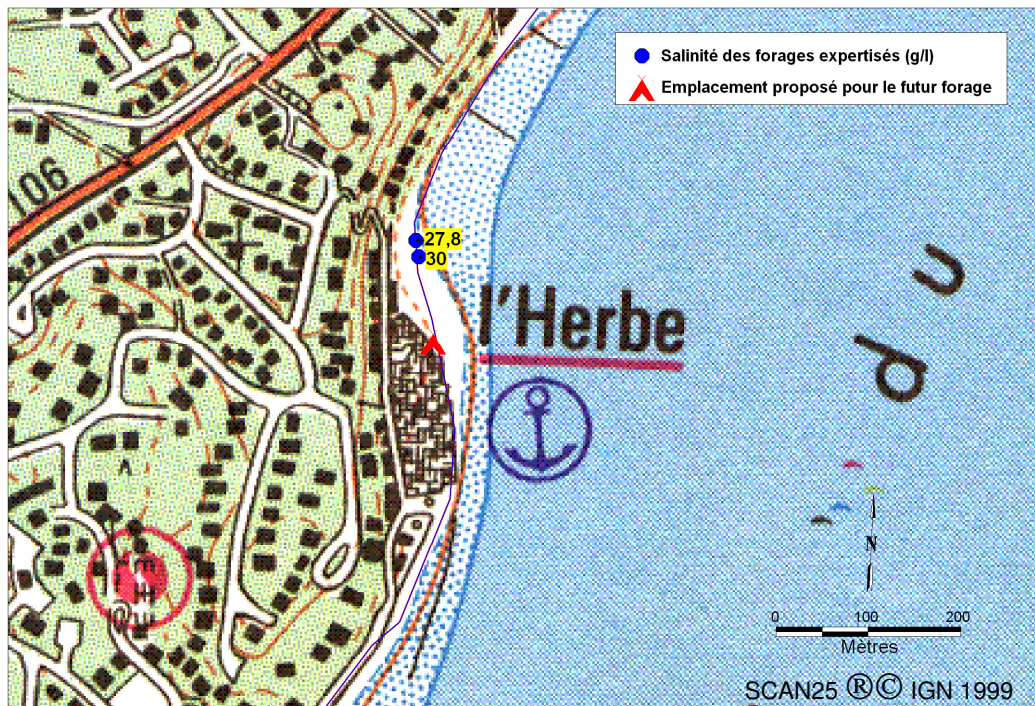


Illustration 74 : Emplacement des forages expertisés sur le port de l'Herbe et emplacement proposé pour le futur forage

4.3.2. Réalisation de l'ouvrage

Les opérations de forage ont débuté le 29 septembre sur le site préalablement choisi (cf. illustration 75). Comme sur la côte sud, les terrains ont d'abord été forés avec une tarière mécanique puis au battage avec mise en place d'un tube à l'avancement.

Il convient de préciser que pour faciliter les opérations de battage, de l'eau douce a été rajoutée jusqu'à 6 m à 10 m de profondeur.

A chaque remontée du dispositif de forage, les eaux qui s'échappaient de la soupape ont fait l'objet d'un contrôle de la température, du pH et de la conductivité convertie en salinité (cf. illustration 76).

Contrairement aux faits observés sur la côte sud et aux résultats escomptés, les valeurs de salinité sont restées faibles. Un maximum de 15,6 g/l a été observé à 7,40 m de profondeur puis la salinité n'a pas dépassé 12,2 g/l.

Parallèlement, l'analyse des cuttings a montré que le forage avait intercepté (cf. annexe 3) :

- 0,5 m de remblais sableux
- 14,35 m de sables contenant de nombreuses coquilles (lumachelles) entre 3,5 et 5,2 m de profondeur et des argiles silteuses noirâtres entre 8,3 et 8,80 m



Illustration 75 : Opérations de forage et forage équipé à l'Herbe (premier site)

Profondeur (m)	Température (°C)	pH	Salinité ² (g/l)	Conductivité (mS/cm)
6,25	20,6	n.m.	3,3	6,17
7,40	20,0	7,85	15,6	25,4
8,60	18,6	7,93	6,0	10,0
8,80	18,1	7,93	12,2	20,1
9,30	17,6	7,88	10,0	16,8
9,85	17,3	7,90	10,2	17,0
10,20	17,3	7,85	9,6	16,1
10,40	17,0	7,84	8,8	14,9
11,40	18,5	n.m.	6,2	11,0
12,50	18,1	7,72	6,0	10,5
13,00	17,6	7,79	6,0	10,5
13,50	17,6	7,74	6,4	11,2
14,10	17,9	7,69	7,6	12,9
14,80	18,0	7,81	10,0	16,8
14,85	17,6	7,83	8,8	14,9

Illustration 76 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de la foration

Le lundi 2 octobre, lorsque les foreurs ont repris le chantier, le sable était remonté jusqu'à 9 m de profondeur en raison de la pression des terrains. Il a donc été procédé à un nettoyage de l'ouvrage de façon à ce que les diagraphies puissent être réalisées de 0 à 15 m de profondeur.

4.3.3. Diagraphies

Les diagraphies de type gamma-ray et température-conductivité ont été réalisées par la société ANTEA le 2 octobre suite au nettoyage de l'ouvrage (cf. illustration 77).

² Les prélèvements effectués entre 6,25 et 11,4 m de profondeur ainsi que celui réalisé à 13 m étaient influencés par l'eau douce rajoutée pour faciliter les opérations de battage.

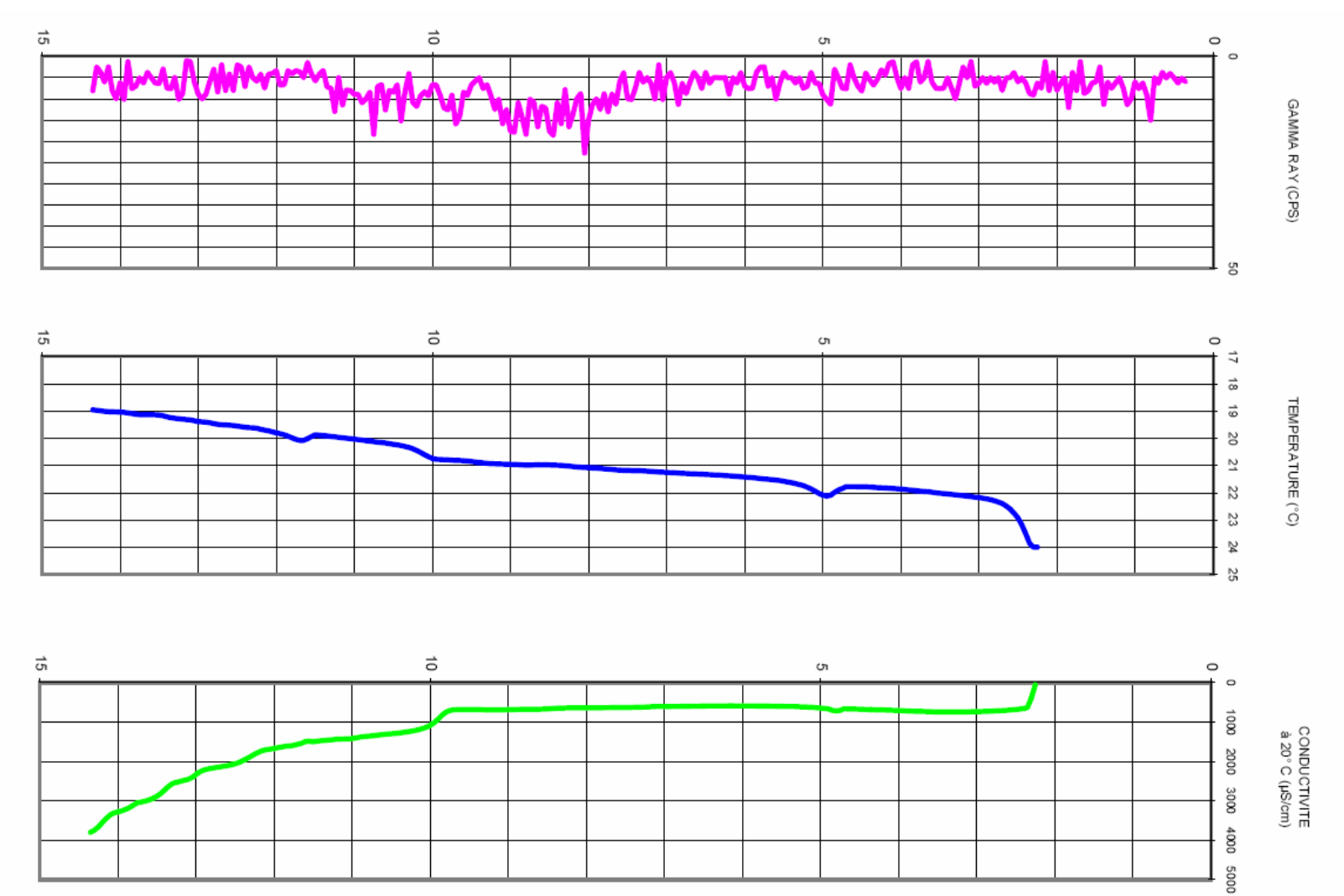


Illustration 77 : Résultats des diagaphies réalisées sur le forage de l'Herbe (premier site)

La diagraphie de type gamma-ray a révélé la présence d'une légère fraction argileuse, entre 7 et 12 m de profondeur. Les autres diagraphies ont, quant à elles, mis en évidence une diminution de la température et une augmentation de la conductivité avec la profondeur.

Compte tenu de cette dernière observation, il a paru intéressant de savoir si l'équipement de l'ouvrage et un pompage à fort débit pouvaient accentuer le phénomène et permettre le captage d'une eau utilisable pour les besoins ostréicoles.

Le forage a donc été équipé d'un tubage en PVC identique aux forages de la côte sud (cf. illustration 75) et ayant les caractéristiques suivantes :

- Hauteur totale : 15,3 m dont 0,3 m dépassant du sol
- Hauteur crépinée : 5 m avec un sommet de la crépine situé à 10 m par rapport au sol

Le forage a ensuite été mis en production au débit de 18 m³/h pendant une durée de 2 h. La salinité a été suivie durant cet essai. Les valeurs mesurées ont été reportées dans le tableau de l'illustration 78 en fonction de la durée de pompage.

Temps (mn)	Profondeur (m)	Salinité (g/l)
0h00	2,22	-
0h15	3,78	6,0
0h30	n.m.	6,5
1h00	3,98	6,9
1h30	4,05	7,3
2h00	4,17	7,5

Illustration 78 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de l'essai au débit de 18 m³/h

Malgré une augmentation régulière des teneurs au cours du pompage, ces dernières sont restées faibles, ce qui a conduit l'équipe de projet à envisager la réalisation d'un nouvel ouvrage.

Si c'est la position centrale par rapport au port qui avait été privilégiée pour le premier ouvrage, c'est la distance aux forages présentant une forte salinité qui l'a été pour la deuxième tentative.

Le deuxième forage a en effet été implanté à l'extrémité de la « raquette » située à la lisière de la plage, à moins de 30 m du rivage et du forage n°55 expertisé dans la troisième partie du rapport (cf. illustrations 79 et 80).

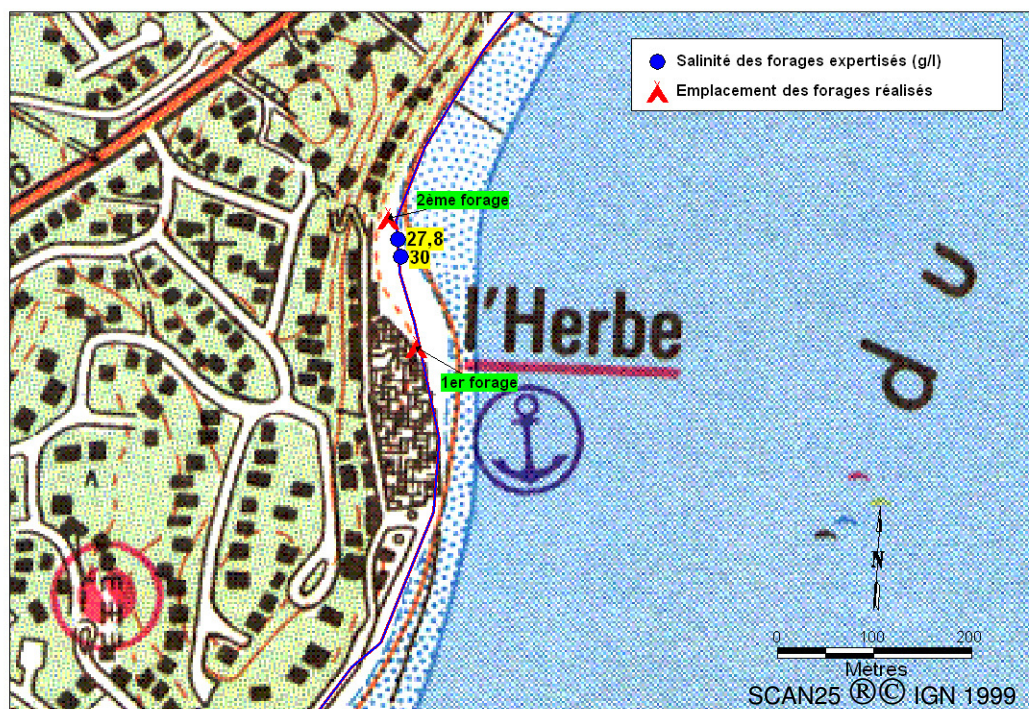


Illustration 79 : Emplacement des forages expertisés sur le port de l'Herbe et emplacement proposé pour le deuxième forage

4.3.4. Réalisation du second ouvrage

Le second forage a été réalisé le mardi 3 octobre.

La coupe géologique est la même que celle réalisée pour le premier forage à la différence près que les niveaux argileux noirâtres et micacés ont été interceptés entre 7,6 et 7,8 mètres de profondeur.

Compte tenu de cette similarité et des faibles salinités mesurées de 0 à 10 m de profondeur (cf. illustration 81), il a été décidé de stopper la foration à 10,50 m et de reboucher l'ouvrage sur le champ.



Illustration 80 : Réalisation du deuxième forage sur le port de l'Herbe

Profondeur (m)	Salinité ³ (g/l)
4,5	0,1
7,0	5,5
8,0	15,7
9,0	15,2
10,0	8,1
10,5	4,4

Illustration 81 : Paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés au cours de la foration du deuxième ouvrage sur le site de l'Herbe

³ Les prélèvements effectués à 4,5 et 7,0 m de profondeur étaient influencés par l'eau douce rajoutée pour faciliter les opérations de battage.

Suite à ces deux tentatives infructueuses, une réflexion a été menée sur l'origine possible des faibles salinités.

Il apparaît que la dune d'une soixantaine de mètres de haut située à l'ouest du port constitue une zone d'infiltration pour les eaux météoriques qui s'écoulent en partie vers le bassin d'Arcachon.

Les ostréiculteurs ont d'ailleurs fait état de venues d'eaux douces qui auraient contribué dans le passé à l'effondrement de certaines cabanes situées au nord du port.

Dans ces conditions, on peut imaginer un flux d'eau douce s'écoulant de la dune vers le bassin qui s'opposerait à la pénétration d'un biseau salé sur une frange importante de terrain.

Ceci pourrait expliquer que les 2 forages réalisés par le BRGM à une trentaine de mètres du rivage interceptent des eaux saumâtres et que les forages de M. Bidondo et de M. Briau, situés à environ 5 m du rivage, captent des eaux très salées.

La présence de niveaux argileux dans le sous-sol peut aussi être à l'origine d'une pénétration différentielle d'eau salée. Les 2 forages réalisés par le BRGM les ont interceptés, ce qui n'est pas forcément le cas des ouvrages de M. Bidondo et de M. Briau, réalisés dans une zone remblayée.

4.3.5. Recherche d'une solution pour l'approvisionnement en eau salée

A l'occasion des opérations de forage, de nouvelles mesures des paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur les forages de M. Bidondo et de M. Briau.

La salinité est apparue encore plus élevée que lors de la campagne d'expertise du printemps avec des valeurs de 32-33 g/l. Il en va de même pour les valeurs de pH qui ont atteint 7,75 – 7,85 contre 7,48 et 7,65 au printemps.

A titre comparatif, le jour des mesures, l'eau du bassin était à une température de 20,7°C, sa salinité était de 34,7 g/l et son pH, de 8,04.

Compte tenu de ces valeurs, il a été proposé à M. Bidondo, propriétaire du forage le plus productif, de réaliser les analyses initialement prévues sur le forage du BRGM sur l'eau de son forage ; l'objectif étant de caractériser les ressources en eaux salées souterraines de l'Herbe et de confirmer (ou non) leur compatibilité avec un usage agro-alimentaire.

Le prélèvement a été effectué 20 minutes après la mise en production de l'ouvrage. Au moment des prélèvements, la température de l'eau était de 19,8°C, le pH, stabilisé à 7,43 (valeur très proche de la valeur de 7,48 relevée au printemps) et la salinité à 32,8 g/l (contre 34,3 g/l après 5 minutes de pompage).

En cas de compatibilité, il conviendra au Conseil Général de la Gironde, au syndicat ostréicole et au propriétaire de trouver un accord en ce qui concerne l'usage de cette ressource. Il pourra même être envisagé d'aléser le forage de façon à pouvoir exploiter un débit plus important.

Il convient enfin de noter qu'un prélèvement d'eau de mer à marée montante a été effectué le 6 octobre au sud du Grand Banc dans l'objectif de comparer la composition chimique de l'eau de mer en zone de production à celle des eaux souterraines qui ont été prélevées à Gujan-Mestras, à la Teste et à l'Herbe.

4.4. BILAN DES OPERATIONS DE FORAGE, DE POMPAGE ET DE PRELEVEMENT

Les illustrations 82 et 83 récapitulent les informations relatives aux 4 forages réalisés dans le cadre de l'étude.

Il apparaît que le forage de la Teste présente une transmissivité conforme à celles généralement mesurées dans les sables et un débit critique qui est une fois et demi supérieur à celui du forage de Gujan-Mestras.

Ce dernier forage se caractérise, quant à lui, par une transmissivité plus faible mais par un coefficient d'emménagement plus grand qui traduit une plus forte capacité à emmagasiner l'eau souterraine.

D'un point de vue des paramètres physico-chimiques, il apparaît que la variabilité des paramètres mesurés au cours des essais de puits ou des essais de longue durée est relativement faible pour les forages de Gujan-Mestras et de la Teste.

Ces valeurs constituent des repères. Elles seront complétées par les résultats des analyses complètes confiées à l'IEEB.

Forage	Profondeur (m)	Débit critique (m ³ /h)	T (m ² /s)	S	Rayon influence 6h (m)
Gujan-Mestras	11.50	40 à 45	$8.8.10^{-3}$	$1.4.10^{-3}$	550
La Teste	14.10	60	$2.1.10^{-2}$	$5.2.10^{-4}$	1400
L'Herbe (site n°1)	15	forage non testé			
L'Herbe (site n°2)	10.50	forage non testé			

Illustration 82 : Tableau de synthèse concernant les paramètres hydrodynamiques des forages réalisés dans le cadre de l'étude

Forage	Temp. mini (°C)	Temp. maxi (°C)	pH mini.	pH maxi.	Salinité mini. (g/l)	Salinité maxi. (g/l)
Gujan-Mestras	15.5	16.1	6.66	6.69	25	26.5
La Teste	16.3	17	7.02	7.07	28.3	28.9
L'Herbe (site 1)	-	-	-	-	6	7.5
L'Herbe (site 2)	forage non équipé					

Illustration 83 : Tableau de synthèse concernant les paramètres physico-chimiques des forages réalisés dans le cadre de l'étude

5. Résultats des analyses chimiques, modalités d'exploitation et de suivi et conséquences

5.1. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES COMPLETES

5.1.1. Mode de présentation des résultats

Les prélèvements d'eau effectués sur les forages BRGM de Gujan-Mestras et de La Teste, sur le forage de M. Bidondo à l'Herbe et au sud du Grand Banc (prélèvement d'eau de mer) ont fait l'objet d'analyses de type R + C.

Ce type d'analyses est réalisé sur toute eau destinée à un usage agro-alimentaire. En plus des paramètres physico-chimiques et des éléments majeurs, l'analyse inclut le dosage des éléments traces (dont les métaux lourds), des polluants organiques (hydrocarbures, benzène...), des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), des produits phytosanitaires (organo-chlorés, triazines, urées substituées) ainsi que les bactéries.

Les résultats de ces analyses sont reportés en annexe 4.

En l'absence de texte réglementaire sur la bonne qualité des eaux marines utilisées pour l'élevage ou le stockage des coquillages et dans la mesure où l'ostréiculture peut s'apparenter à une activité agro-alimentaire, les résultats ont été comparés aux :

- limites de qualité des eaux souterraines brutes,
- limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine,
- références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine,

du décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux de distribution.

5.1.2. Analyse des résultats

Il apparaît que pour les 3 forages, la salinité calculée d'après les teneurs analysées est légèrement supérieure à celle estimée d'après la conductivité.

C'est la salinité du forage de l'Herbe (33,5 g/l) qui se rapproche le plus de celle de l'eau de mer (34,5 g/l). Viennent ensuite les forages de La Teste avec 30,3 g/l et celui de Gujan-Mestras avec 25,6 g/l.

Les valeurs de pH mesurées au laboratoire sont, elles aussi, légèrement supérieures à celles mesurées sur le terrain. Dans la mesure où ce paramètre est considéré comme non conservatif, ce sont les valeurs mesurées sur site qui devront être retenues.

Le forage de l'Herbe se caractérise par un pH proche de celui de l'eau de mer (7.43) alors que celui du forage de Gujan-Mestras est le plus faible (6.66).

Il apparaît dans un premier temps que les teneurs en **sodium**, **chlorures** et **sulfates** sont largement supérieures aux limites de qualités des eaux souterraines brutes ainsi que des références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (eaux ayant pu subir un traitement). Cette observation n'est pas problématique dans la mesure où ces paramètres sont caractéristiques de l'eau de mer qui présente des concentrations aussi importantes.

Les teneurs en **ammonium** des eaux de forage sont, de leur côté, légèrement supérieures à celle de l'eau de mer et à la référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine mais restent faibles.

Bien que certaines teneurs en **hydrogène sulfuré** puissent être importantes (cas du forage de la Teste) et gênantes d'un point de vue organoleptique, elles ne posent pas de problème par rapport aux limites et références de qualité du décret du 20 décembre 2001. Les teneurs en oxygène dissous varient quant à elles de façon inverse à celles en H₂S.

En ce qui concerne les teneurs en **fer**, deux forages présentent des teneurs supérieures aux références de qualité des EDCH (200 µg/l). Le fer se classe toutefois parmi les espèces indésirables mais non toxiques. La réduction des teneurs s'effectue de plus sans difficulté par aération et précipitation.

Pour ce qui est des **éléments traces**, des **polluants organiques**, des **HAP**, des **organo-chlorés**, des **triazines** et des **pesticides organo-chlorés étendus**, seules les concentrations en **bore** dépassent les limites de qualité des EDCH. Dans la mesure où les concentrations mesurées dans les eaux de forage sont du même ordre de grandeur que celles de l'eau de mer, cet élément ne devra pas être considéré comme déclassant.

Bien que certaines teneurs en **micro-organismes revivifiables** dépassent les limites de qualité définies pour les EDCH (cas des forages de La Teste et de Gujan-Mestras), elles restent peu élevées.

Pour les bactéries **coliformes**, les **Escherichia coli** et les **Entérocoques**, les seules teneurs supérieures à zéro sont celles de l'eau de mer en dehors de la valeur de 1/100 ml relevée pour les Entérocoques dans l'eau du forage de Gujan-Mestras.

Il convient enfin de noter la présence de *Pseudomonas aeruginosa* dans les 2 forages réalisés par le BRGM (contamination du circuit d'exhaure ?) et d'un faible nombre de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices dans l'eau de mer et dans le forage de Gujan-Mestras.

5.1.3. Conclusion

A l'exception du sodium, des chlorures, des sulfates, du bore (éléments caractéristiques de l'eau de mer) et de quelques paramètres bactériologiques (organismes revivifiables à 36°C et *Pseudomonas aeruginosa*), il apparaît que les eaux des forages respectent les limites de qualité mentionnées dans le décret du 20 décembre 2001.

Il convient de préciser qu'à défaut de réglementation spécifique sur la qualité des eaux de mer, ces limites ont été retenues comme références dans l'arrêté préfectoral autorisant l'utilisation de forages dans la zone conchylicole du grau de Port-Leucate dans l'Aude (arrêté 2002-2864).

5.2. MODALITES D'EXPLOITATION ET DE SUIVI DES FORAGES

Les tests de pompage réalisés sur les forages de Gujan-Mestras et de la Teste ont permis de définir des modalités d'exploitation optimum de ces ouvrages (cf. chapitre 4.4).

Si un accord est trouvé avec le propriétaire du forage de l'Herbe pour un usage collectif de l'ouvrage, un test similaire à celui qui a été mené sur les 2 premiers forages pourra être envisagé. Il permettra en particulier de définir le débit critique à ne pas dépasser.

Les analyses chimiques de type R + C menées sur les 3 forages ont de leur côté montré que la qualité de l'eau serait compatible avec un usage « eau potable » à l'exception de quelques paramètres caractéristiques de l'eau de mer (sodium, chlorures, sulfates, bore) et bactériologiques (bactéries revivifiables à 36°C, *Pseudomonas aeruginosa*).

Dans la mesure où les forages réalisés et analysés sont destinés à alimenter des réseaux collectifs, un dossier de demande d'autorisation comportant la présente étude ainsi qu'une étude environnementale de chaque ouvrage devra être transmis à l'Administration.

Le dossier sera alors étudié par un hydrogéologue agréé qui rendra un avis favorable ou défavorable à la vue des éléments transmis et des résultats des investigations complémentaires qu'il pourra exiger.

Si un avis favorable est rendu, les modalités d'exploitation et de suivi des ouvrages seront précisées par l'hydrogéologue agréé.

Ses recommandations pourront porter sur un contrôle sanitaire régulier (ex : 2 campagnes annuelles en situations climatiques contrastées) ou plus ponctuel, (analyses en période de pré-alerte par exemple).

Compte tenu des délais d'analyse et de l'urgence à mettre les coquillages en sécurité en période de crise, il semble néanmoins qu'un suivi régulier des ouvrages soit plus opportun.

Dans tous les cas, les modalités d'exploitation et de suivi seront assorties de propositions pour la protection des ressources.

5.3. CONSEQUENCES LIEES A L'EXPLOITATION DES FORAGES

5.3.1. Tours d'eau

Les forages réalisés par le BRGM à Gujan-Mestras et à la Teste ainsi que le forage de M. Bidondo à l'Herbe sont destinés à être utilisés en cas de problème qualitatif sur le Bassin d'Arcachon, c'est à dire périodiquement.

Si les malines qui sont actuellement utilisées pour stocker l'eau de mer et approvisionner les différents ostréiculteurs permettent de distribuer de gros volumes en peu de temps, il n'en ira pas de même avec les forages dont les équipements ne permettent pas d'exhauser plus de 60 m³/h.

L'utilisation des forages aura donc pour conséquence immédiate de modifier les habitudes des ostréiculteurs et d'imposer une gestion plus précise de la ressource.

Dans ces conditions, il paraît essentiel que des conventions d'utilisation puissent être discutées au sein de chaque association gestionnaire pour être ensuite validées (c'est-à-dire signées par chaque titulaire souhaitant disposer de la ressource) puis appliquées.

Sur le port de la Teste par exemple, les besoins en eau ont été évalués à 900 m³ par jour avec des temps de pompage de l'ordre de 1h30 (remplissage des bassins avant le départ pour « la marée »).

En période de crise, il faudra pomper pendant un nombre d'heures beaucoup plus important (15 h au minimum) si l'on souhaite exhauser les mêmes volumes à partir des forages.

Dans la mesure où la ressource ne sera pas immédiatement disponible pour tous, il conviendra par conséquent d'instaurer des tours d'eau pour le remplissage des claires.

5.3.2. Futurs aménagements

Si l'hydrogéologue agréé émet un avis favorable sur l'utilisation des ouvrages, la déclaration d'utilité publique des forages s'assortira d'une liste de mesures à respecter ou à mettre en œuvre pour protéger les ressources.

Ces mesures peuvent être simples à respecter ou à mettre en œuvre lorsqu'il s'agit de réglementer la circulation ou le stationnement des véhicules à proximité des forages, de collecter et de gérer les déchets ou d'interdire la manipulation de produits dangereux.

Ces mesures peuvent aussi porter sur les futurs aménagements portuaires avec des recommandations pour que l'environnement immédiat des ouvrages ne soit pas modifié.

Si tel est le cas, il conviendra de trouver une autre solution pour l'approvisionnement en eau salée de secours car des projets de réaménagement des quais existent sur les ports de la Teste et de Gujan-Mestras.

Ces projets s'inscrivent dans le cadre du Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) approuvé en 2003 et prévoient d'une part, la pose de palplanches d'une dizaine de mètres de hauteur le long des quais et d'autre part, des aménagements visant à drainer les eaux pluviales.

En l'état des connaissances, l'impact de telles modifications sur la disponibilité et la qualité de la ressource est difficile à apprécier. Il pourrait par conséquent être opportun de ne pas interdire la modification de l'environnement des forages et de ne prendre des dispositions que si une dégradation est observée.

Si tel est le cas, la création de nouveaux forages 1) dans des secteurs où les quais ne seront pas équipés de palplanches ou 2) à proximité des malines pourra alors être envisagée.

Si la profondeur des ouvrages (15 m environ), les techniques de réalisation (soupape), de test (essai par palier + pompage longue durée de 12 h) et d'équipement (tube PVC de 157 mm de diamètre permettant d'exhauser un débit maximum de 60 m³/h) sont similaires à celles retenues pour les ouvrages de Gujan-Mestras, la Teste et l'Herbe, il en coûtera environ 6000 € TTC par forage.

6. Conclusion

Les investigations menées dans le cadre de cette étude ont permis de préciser le contexte géologique et hydrogéologique du Bassin d'Arcachon.

Après cette phase, l'expertise de près de 70 forages ostréicoles a permis de localiser les secteurs les plus favorables pour la réalisation des forages de production. Ces derniers ont été implantés sur la darse médiane du port de la Teste, sur la darse est du port de Gujan-Passerelle et au niveau du quartier ostréicole de l'Herbe.

Les résultats ont été variables d'un site à l'autre :

- à Gujan-Mestras et à la Teste, les forages réalisés ont intercepté des eaux dont la salinité est compatible avec l'activité ostréicole
- à l'Herbe, il n'a pas été possible de trouver une telle qualité d'eau malgré 2 tentatives

Les débits critiques d'exploitation ont pu être respectivement évalués à 45 et 60 m³/h pour les 2 premiers forages qui ont aussi fait l'objet de prélèvements en vue d'analyses. A l'Herbe, c'est un forage appartenant à un particulier qui a été échantillonné.

Les analyses chimiques réalisées par l'IEEB ont montré qu'à l'exception des éléments caractéristiques de l'eau de mer (sodium, chlorures, sulfates, bore...) et de quelques paramètres bactériologiques (organismes revivifiables à 36°C et *Pseudomonas aeruginosa*), les eaux des forages respectaient les limites de qualité du décret du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine.

Dans la mesure où les forages réalisés et analysés sont destinés à alimenter des réseaux collectifs, une demande d'autorisation comportant la présente étude ainsi qu'une étude environnementale de chaque ouvrage devra être transmise à l'Administration*.

Dans le cas où une autorisation d'exploiter serait donnée, une gestion précise de la ressource s'imposera dans la mesure où la disponibilité des eaux souterraines salées n'est pas aussi importante que celle de l'eau de mer.

Des « tours d'eau » pourront par exemple être mis en place de façon à ce que chaque ostréiculteur puisse remplir ses claires à partir des forages dont le débit maximum sera de 60 m³/h.

Enfin, si les aménagements de quais prévus par le Schéma de Mise en Valeur de la Mer venaient à avoir un impact sur la quantité et/ou la qualité de la ressource, il conviendrait d'étudier d'autres solutions pour un approvisionnement en eau salée de bonne qualité. La réalisation de forages à proximité des malines pourrait en représenter une.

(*) : L'Administration transmet alors l'ensemble du dossier à un hydrogéologue agréé qui émet un avis. Si ce dernier est favorable, le dossier est étudié par les différentes administrations puis soumis à enquête publique et enfin validé par le CDH et le CSHPF. La phase de mise en conformité (prescriptions à mettre en œuvre, régularisations foncières...) peut alors débiter.

Bibliographie

Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles - Journal Officiel de la République Française du 22 décembre 2001, pp. 20381-20399.

Capdeville J.P. (1992) - Notice de la carte géologique à 1/50000 d'Audenge (n° 826)

Dubreuilh J., Karnay G., Bouchet J.M. et Le Nindre Y. (1992) - Notice de la carte géologique à 1/50000 d'Arcachon (n°825)

Ducasse G. (2005) - Géologie et Hydrogéologie des réservoirs plio-quaternaires dans le secteur du Bassin d'Arcachon. Rapport de stage Master Sciences et Technologies, Université Bordeaux I – BRGM, 53 p.

Karnay G., Dubreuilh J. et Bouchet J.M. (1992) - Notice de la carte géologique à 1/50000 de la Teste (n° 849)

Mauroux B., Ducasse G., Capdeville J.P., Racary, J., Rodriguez G., Pedron N., Abou Akar A. et Grabenstaetter L. (2007) - Bassin d'Arcachon : Etude des nappes du Plio-Quaternaire et mise en place d'un réseau de surveillance de la quantité et de la qualité. Phase 1. BRGM/RP-54666-FR (Rapport en cours).

Platel J.P (1992) - Notice de la carte géologique à 1/50000 de Belin (n° 850)

Annexe 1

Fiche récapitulative utilisée pour l'expertise des forages ostréicoles

Problèmes rencontrés sur le forage :



- déjaugageage : oui non
- ensablage : oui non

Prélèvements :

- périodes :
- débit :
- nombre d'heures :
- utilisation de l'eau :

Qualité :


- analyses disponibles (chimie, bactériologie) : oui non
- température eau :
- pH terrain :
- conductivité terrain :
- potentiel oxydo-réduction terrain :
- oxygène dissous terrain :
- couleur :
- odeur :

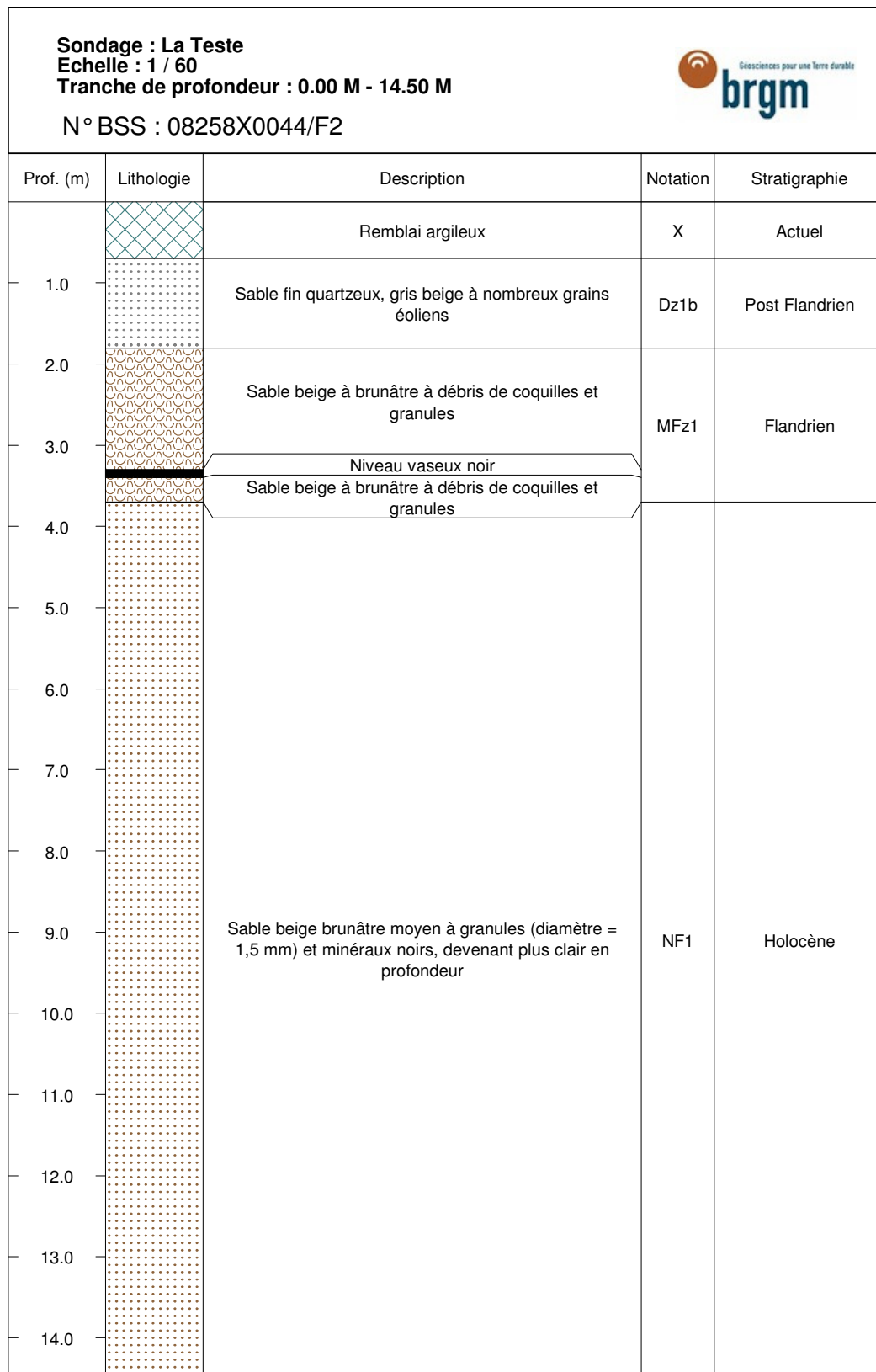
Annexe 2

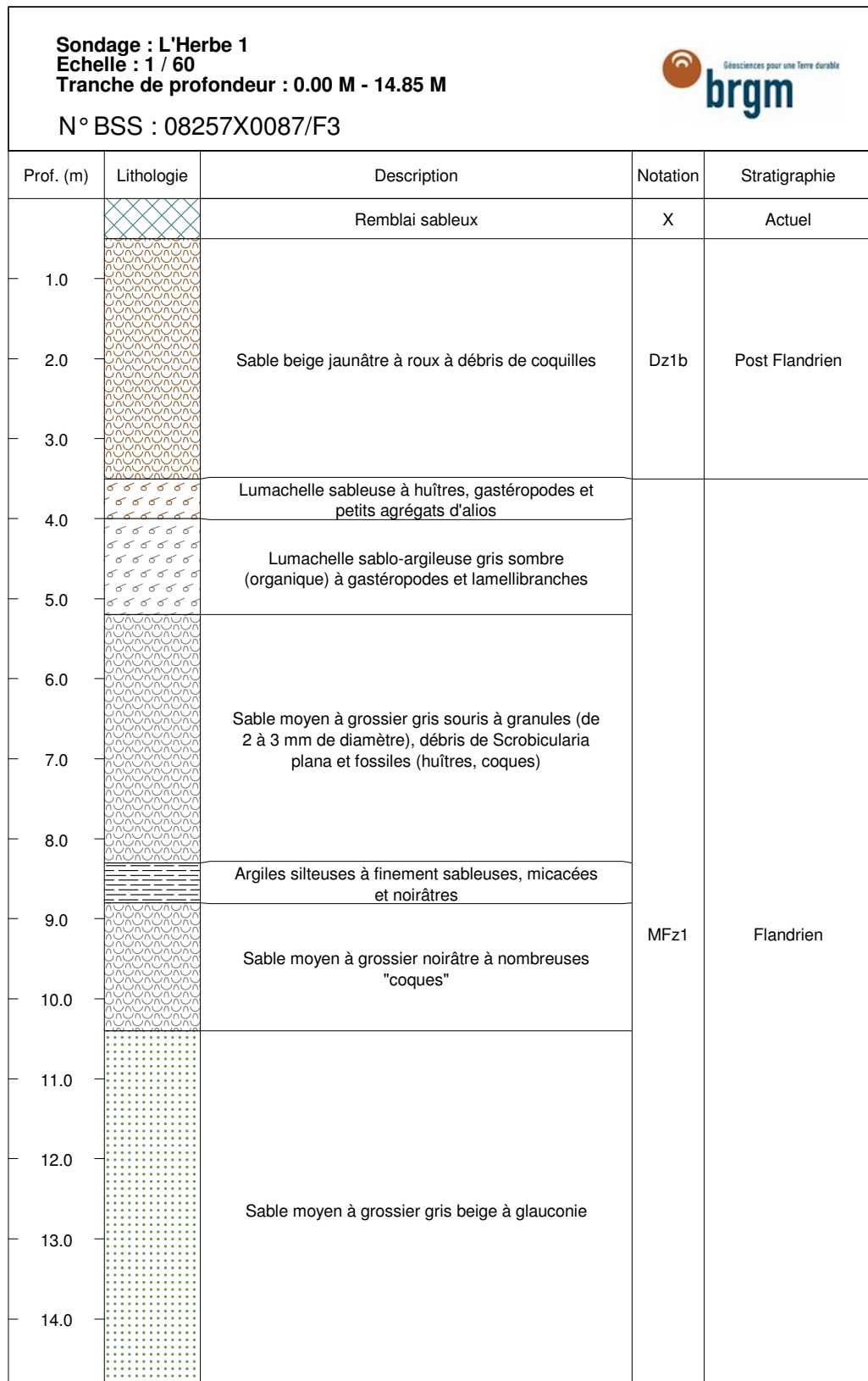
Fiches synthétiques

Annexe 3

Logs de forage

Sondage : Gujan-Mestras Echelle : 1 / 60 Tranche de profondeur : 0.00 M - 12.30 M N° BSS : 08265X0089/F1 				
Prof. (m)	Lithologie	Description	Notation	Stratigraphie
1.0 2.0 3.0		Remblai argileux gris vert à débris de plantes (roseaux) et éléments anthropiques (coquilles d'huîtres,,,))	X	Actuel
4.0		Sable moyen grisâtre à brunâtre à nombreux quartz éolisés (ronds, mats) et granules (diamètre = 2 mm)	MFz1	Flandrien
5.0		Sable moyen grisâtre à brunâtre à débris de coquilles		
6.0		Sable moyen gris beige s'enrichissant en quartz subanguleux luisants, quelques minéraux noirs et granules (diamètre = 2 à 3 mm)	NF1	Pléistocène supérieur à Holocène
7.0				
8.0				
9.0				
10.0				
11.0				
12.0				





Annexe 4

Résultats des analyses chimiques complètes



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional Aquitaine

Parc Technologique Europarc
24, Avenue Léonard de Vinci
33600 – Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70